Inrichtingsplan Punthuizen-Stroothuizen-Beuninger Achterveld

17 oktober 2017

staatsbosbeheer

Tauw

staatsbosbeheer

Inrichtingsplan
Punthuizen-Stroothuizen-Beuninger Achterveld

Uitwerking natuurherstelmaatregelen

Verantwoording

Titel	Punthuizen-Stroothuizen-Beuninger Achterveld
Opdrachtgever	Staatsbosbeheer Regio Oost
Projectleider	Niels Bronsgeest
Auteur(s)	Evelyn van der Ent, Frank Druijff, Emy Visser, Johnny Boers, Renze Haitsma
Projectnummer	1237344
Aantal pagina's	98 (exclusief bijlagen)
Datum	17 oktober 2017
Handtekening	

Colofon

Tauw bv
BU Water & Ruimtelijke Kwaliteit
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom.
De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

staatsbosbeheer

staatsbosbeheer

Inhoudsopgave

Verantwoording en colofon 05

Voorwoord 10

Samenvatting 11

1 Inleiding 13
1.1 Kenschets 13
1.2 Natura 2000 Dinkelland 13
1.3 Programma Aanpak Stikstof en PAS-gebiedsanalyse 15
1.4 Begrenzing 15
1.5 'Samen werkt beter' en het gebiedsproces 17
1.6 Leeswijzer 17

2 Gebiedsbeschrijving 18
2.1 Ontstaans- en ontginningsgeschiedenis 18
2.2 De fysische ondergrond 22
2.2.1 Geomorfologie 22
2.2.2 Bodemopbouw 24
2.3 Watersysteem 26
2.3.1 Grondwater 26
2.3.2 Oppervlaktewater 28
2.3.3 Eco-hydrologische systeembeschrijving per deelgebied 29
2.4 Ecologische waarden 32
2.4.1 Ecologische kenschets per gebied 32
2.4.2 Habitattypen 33
2.5 Archeologie, Cultuurhistorie en Ruimtelijke Kwaliteit 38
2.6 Huidig gebruik 41
2.6.1 Landbouw 41
2.6.2 Recreatie 41

3 Knelpuntenanalyse 43
3.1 Hydrologie 43
3.1.1 Waterhuishouding 43
3.1.2 Eutrofiëring via grondwater 44
3.1.3 Knelpunten per deelgebied 44
3.2 Habitattypen: knelpunten en herstel 46
3.3 Conclusie 47

staatsbosbeheer

4 Inrichtingsmaatregelen 48

4.1 Inrichtingsmaatregelen uitwerkingsgebied Natura 2000 48
4.1.1 Herstel slenkenstructuur (systeemherstel) 48
4.1.2 Dempen of verondiepen lokale ontwatering 50
4.1.3 Terugdringen bemesting 54
4.2 Inrichtings- en beheermaatregelen in de bestaande natuurgebieden 56
4.2.1 Inrichtingsmaatregelen 56
4.2.2 Beheermaatregelen 58
4.3 Overgangsbeheer op voormalige landbouwpercelen 60
4.4 Meekoppelkansen 62
4.4.1 Recreatie 62
4.4.2 Landbouw 62
4.5 Ontwerp maatregelpakket 62
4.5.1 Validering van de maatregelen 64
4.5.2 Uitbreidingsdoelstellingen 64
4.5.3 Omvormen landbouwpercelen naar natuur 67
4.6 Eindbeeld 77

5 Effecten 69

5.1 Effecten op grondwaterstand 69
5.2 Effecten op natuur 69
5.2.1 Stroothuizen 69
5.2.2 Beuninger Achterveld 71
5.2.3 Punthuizen 72
5.3 Effecten op de waterafvoer 73
5.4 Effecten op landbouwkundig perspectief 75
5.5 Effecten op erven en gebouwen 78
5.6 Effecten op ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie & archeologie 79
5.6.1 Ruimtelijke kwaliteit 79
5.6.2 Cultuurhistorie 79
5.6.3 Archeologie 80
5.7 Effect op infrastructuur en kabels en leidingen 80
5.8 Schade door ganzen 81
5.9 Hinder door stekende insecten 81

6 Beheermaatregelen nieuwe natuurpercelen 82

6.1 Beheermogelijkheden 82
6.1.1 Kruidenrijk grasland 82
6.1.2 Nat schraalland 83
6.1.3 Droge heide 83
6.1.4 Vochtige heide 83
6.2 Subsidiemogelijkheden 84

7 Richting realisatiefase 85
7.1 Aanvullende onderzoeken 85
7.1.1 Onderzoeksopgave lange termijn (M31 Puntbeek en Duitsland) 85
7.1.2 Overige onderzoeken 86
7.2 Monitoring 86
7.3 Ruimtelijke procedure en vergunningen 86
7.4 Schadeafhandeling 87

Bijlage(n)

1 Bronnen
2 Begrippenlijst
3 Maatregeltabel Inrichtingsplan
4 Kaartenbijlage Inrichtingsplan
5 Ecologische onderbouwing planuitwerking Punthuizen-Stroothuizen (Van Dongen et al, 2017)
6 Hydrologisch onderzoek Punthuizen-Stroothuizen (Tauw, 2017)
7 Analyse van actuele en vereiste kwelfluxen voor basenminnende habitattypen in Stroothuizen en Punthuizen (KWR, 2017b)
8 Analyse actuele toestand en trends grondwaterkwaliteit Stroothuizen (KWR, 2017a)
9 Bodem, Grondwater en bodemgeschiktheid Punthuizen-Stroothuizen (Aequator 2017)
10 NBW-toetsing planuitwerking Punthuizen-Stroothuizen (Tauw, 2017b)
11 Voorstel uit te voeren Interne PAS maatregelen Dinkelland (Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld

Voorwoord

In Overijssel wordt in 24 Natura 2000-gebieden hard gewerkt aan het verbeteren van de natuurkwaliteit. Het gaat om Europese topnatuur waar Nederland een belangrijke verantwoordelijkheid voor heeft. Staatsbosbeheer mag veel van deze topnatuur in Overijssel beheren en ook helpen deze te ontwikkelen. Zo ook de natuurparels Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen, alle drie onderdeel van het Natura 2000-gebied Dinkelland.

Voor Staatsbosbeheer is het bestuurlijk trekken van het gebiedsproces, met dit inrichtingsplan als eindresultaat, een grote uitdaging gebleken. Niet alleen vanwege de tijdsdruk, de benodigde natuurherstelmaatregelen moeten voor 1 juli 2021 uitgevoerd zijn, maar ook vanwege de grote verantwoordelijkheid om rekening te houden met uiteenlopende belangen van grondeigenaren, veelal agrarische ondernemers.

De effecten van vernatting voor grondeigenaren, als gevolg van de anti-verdrogingsmaatregelen zoals het dempen van sloten en het uitnemen van drainage, blijken fors. Verschillende percelen kunnen hierdoor niet meer gebruikt worden voor de reguliere bedrijfsvoering. Dat inzicht kwam niet zelden hard binnen bij de mensen, en begrijpelijk. Door samen zorgvuldig stil te staan bij de mogelijke oplossingen, ontstond er gelukkig vaak weer nieuw perspectief. Dat is waar we met alle betrokkenen in dit gebiedsproces heel alert op zijn geweest: niet alleen werken aan natuurherstel, maar tegelijkertijd streven naar behoud van landbouwperspectief. En dat is ook waar we als betrokken bestuurders richting realisatie, maar zeker ook na uitvoering, alert op willen blijven: dat we in gesprek met de omgeving de balans tussen natuur en landbouw bewaren.

In het Inrichtingsplan, waarin u nu aan het lezen bent, staat goed onderbouwd aangeven waar welke maatregelen nodig zijn. In het bijbehorende Provinciaal Inpassingsplan is dat eindbeeld planologisch verankerd.

Als betrokken bestuurders bij dit project, hebben wij het vertrouwen dat we met dit eindbeeld een duurzame balans bewerkstelligen tussen agrarisch ondernemen en natuur.

02 oktober 2017, Deventer

Herman Brink,
provinciaal hoofd Staatsbosbeheer

Nettie Aarnink,
algemeen bestuurslid Waterschap Vechtstromen

Joop Hassink,
wethouder gemeente Losser

Miranda Nolten-Westerhof,
LTO Afdeling Noordoost Twente

Samenvatting

Aanleiding

Het Programma Aanpak Stikstof (PAS) is opgesteld om de achteruitgang van de natuur in Nederland tegen te gaan en economische ontwikkelruimte mogelijk te maken. In dit landelijke programma zijn alle Natura 2000-gebieden opgenomen waarbinnen stikstofgevoelige habitattypen voorkomen die te maken hebben met overbelasting door stikstof. Voor elk Natura 2000-gebied wordt een beheerplan en een PAS-gebiedsanalyse opgesteld waarin de habitattypen en bijbehorende herstelmaatregelen worden benoemd. Deze worden vervolgens uitgewerkt in inrichtingsplannen. Het doel van dit inrichtingsplan is om de maatregelen uit de PAS-gebiedsanalyse voor Punthuizen-Beuninger Achterveld en Stroothuizen (als onderdeel van Natura 2000-gebied Dinkelland) uit te werken voor realisatie. Staatsbosbeheer is als eigenaar van de natuurgebieden en in het kader van 'Samen Werkt Beter' bestuurlijk trekker en initiatiefnemer voor het opstellen van het inrichtingsplan voor deze planuitwerking. Het inrichtingsplan is in nauwe afstemming met de betrokken eigenaren en belanghebbenden opgesteld met als doel een balans te vinden tussen het realiseren van de natuurdoelen en het landbouwkundig perspectief.

Probleemstelling

Punthuizen-Beuninger Achterveld en Stroothuizen liggen op de overgang van een hogere dekzandrug langs de Duitse grens naar het lager gelegen Dinkeldal aan de westkant. In de huidige situatie is er sprake van oppervlakkige instroom van met meststoffen verrijkt geïnfiltreerd regenwater. Ook is er gemiddeld een te lage grondwaterstand. Dit leidt tot verdroging, verzuring en vermesting van de natuurgebieden Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld. Deze drie processen leiden tot achteruitgang van de aanwezige habitattypen: Zwak gebufferde vennen (H3130), Vochtige heide (H4010A), Droge heide (H4030), Blauwgrasland (H6410) en Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150).

Maatregelen en effect

Ten behoeve van de instandhouding van deze habitattypen zijn de maatregelen vanuit de PAS-gebiedsanalyse verdere uitgewerkt in dit inrichtingsplan. De maatregelen zijn erop gericht verdroging, verzuring en vermesting tegen te gaan door in te grijpen in de (grond)waterhuishouding. Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld hebben van oorsprong ieder een overstromingslaagte met een natuurlijk verloop (slenken). Voor een duurzaam hydrologisch herstel worden deze slenken hersteld. In de winter en het voorjaar inunderen deze laagten met regenwater en basenrijk grondwater en treedt, door de oppervlakkige afstroming, vernatting op in de natuurgebieden.

Door het verwijderen van drainage in landbouwpercelen en het dempen en verondiepen van watergangen ontstaat er meer opbolling van grondwater en meer toestroom van lokaal grondwater naar de lager gelegen delen in het landschap. Dit gaat de verdroging in de kwetsbare natuurgebieden tegen. Ook wordt op verschillende agrarische percelen de bemesting gestopt. Hierdoor wordt de inspoeling van meststoffen in de natuurgebieden beperkt en verbetert de grondwaterkwaliteit.

Deze maatregelen hebben echter negatieve effecten op de kwaliteit van enkele landbouwpercelen in en rond het gebied. Percelen zonder (regulier) landbouwkundig perspectief worden in de toekomstige situatie daarom omgevormd naar natuur. Samen met de eigenaren wordt door de provincie Overijssel gezocht naar passende compensatie voor een duurzaam landbouwperspectief

Beheer

Het behalen van de natuurdoelen is in hoge mate afhankelijk van hoe het gebied wordt beheerd. Daarom worden naast inrichtingsmaatregelen ook aanvullende beheermaatregelen genomen in de natuurgebieden. Er wordt opslag verwijderd en plagwerkzaamheden uitgevoerd.
Op de percelen die worden omgevormd naar natuur wordt gekozen voor een zorgvuldig overgangsbeheer, begrazing, maaien en afvoeren.

Onderzoek en monitoring

Om tijdens en na realisatie de effecten van de maatregelen in de praktijk te toetsen, zowel voor wat betreft het doelbereik voor de natuur als het vernattingseffect op de landbouw, worden monitoringsplannen opgesteld. Als uit monitoring blijkt dat het doelbereik voor natuur onvoldoende is, kunnen aanvullende maatregelen in de waterhuishouding nodig zijn. Daarom is in de PAS-gebiedsanalyse een onderzoeksopgave (M31) geformuleerd voor potentiële maatregelen op lange termijn.Uit onderzoek blijkt dat in Punthuizen de grondwatersituatie na uitvoering van de inrichtingsmaatregelen nog onvoldoende is hersteld om het herstel van de natuurwaarden te garanderen. Mogelijke aanvullende maatregelen voor herstel betreffen een peilverhoging in de Puntbeek en het dempen van sloten in Duitsland. Deze maatregelen worden in de volgende beheerplanperiode (tot 2027) nader uitgewerkt. Gedeputeerde Staten van Provincie Overijssel besluit, na het uitwerken van de onderzoeksopgave, of deze maatregelen (in samenhang) uitgevoerd moeten worden. Deze maatregelen maken geen onderdeel uit van dit inrichtingsplan en het Voorontwerp Provinciaal Inpassingsplan.

Vervolg

Op basis van dit inrichtingsplan wordt een Provinciaal Inpassingsplan (PIP) opgesteld. Het Provinciaal Inpassingplan vormt de juridisch-planologische basis voor de realisatie van de maatregelen. Dit inrichtingsplan is als bijlage, integraal onderdeel van het PIP, waarvoor ook een m.e.r.-procedure wordt doorlopen. Na vaststellen van het Voorontwerp PIP, wordt dit inrichtingsplan nader uitgewerkt ten behoeve van de realisatie, die afgerond dient te zijn op 1 juli 2021.

staatsbosbeheer

1. Inleiding

Voor u ligt het Inrichtingsplan voor drie natuurgebieden Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld en het uitwerkingsgebied daaromheen (verder Punthuizen-Stroothuizen). Het zijn drie natuurgebieden die onderdeel zijn van het Natura 2000-gebied Dinkelland[1]. Voor het uitwerkingsgebied en de natuurgebieden geldt een ontwikkelopgave die voortkomt uit het Programma Aanpak Stikstof (verder PAS). Die ontwikkelopgave betreft het uitwerken en het vervolgens nemen van de juiste natuurherstelmaatregelen om in de eerste PAS periode (voor 1 juli 2021) achteruitgang van alle aangewezen stikstofgevoelige habitattypen tegen te gaan[2]. Voor het overgrote deel gaat het om antiverdrogingsmaatregelen. In dit Inrichtingsplan staan alle benodigde natuurherstelmaatregelen beschreven en verbeeld.

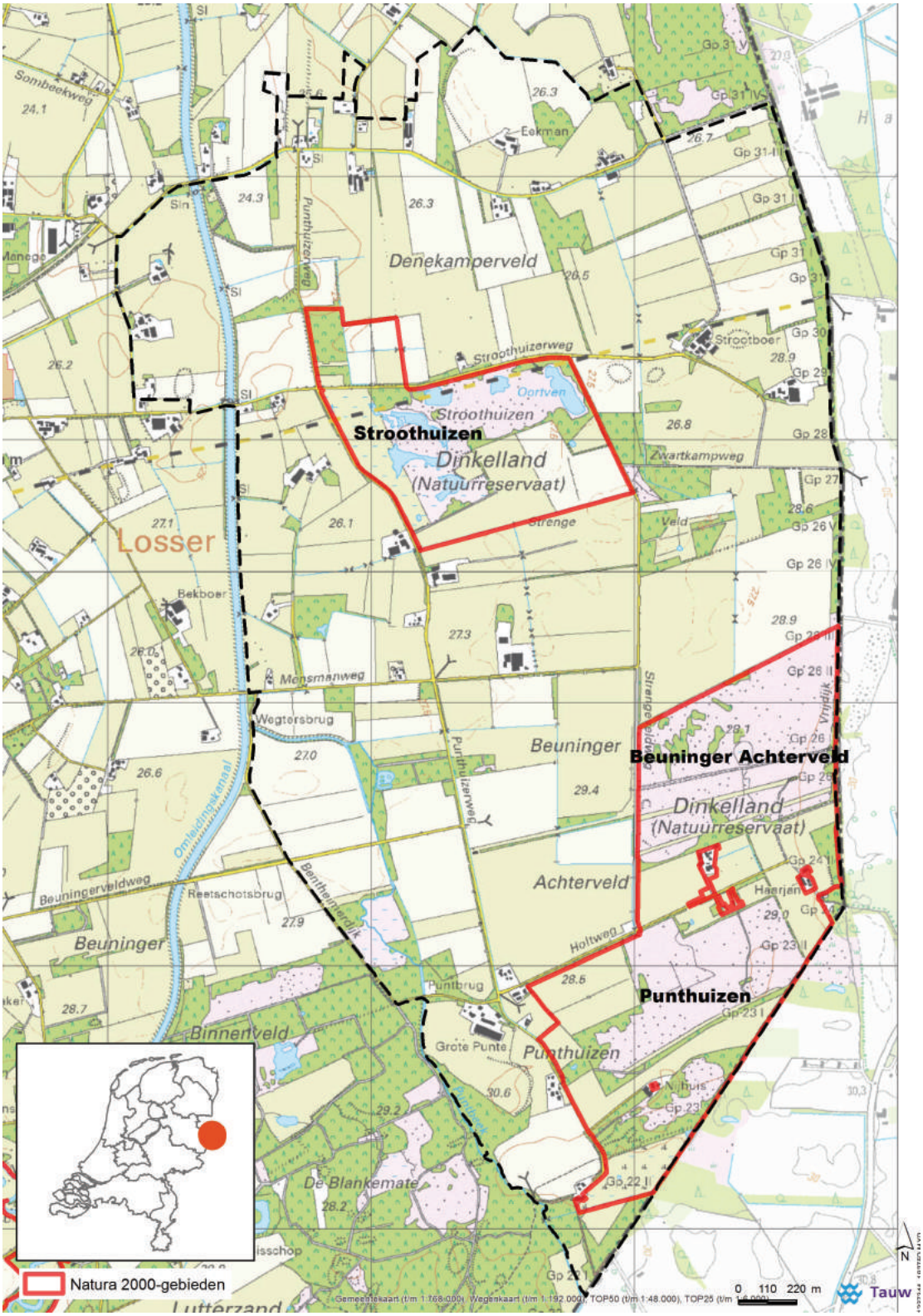
1.1 Kenschets

De natuurgebieden Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld (zie figuur 1.1) zijn onderdeel van het Natura 2000-gebied Dinkelland en zijn restanten van het Denekamperveld wat vroeger een omvangrijk heidelandschap was in Oost-Twente. Punthuizen bestaat voor een belangrijk deel uit heide en laagtes met goed ontwikkelde schraalland- en venvegetaties Het gebied is circa 30 hectare groot en delen zijn in het verleden kort ontgonnen geweest. Het Beuninger Achterveld (45 hectare) is een herkenbaar restant van het vroegere heidelandschap, met daarin nog zichtbaar de restanten van de oer-loop van de Dinkel. Door ontwatering is het gebied sterk verdroogd.
Stroothuizen is ruim 25 hectare groot en bestaat uit droge en natte heide en een aantal natte slenken met vennen en schraalland. Sinds de ruilverkaveling zijn de waterpeilen in de omgeving en ook in het gebied gedaald en zijn de natuurwaarden achteruit gegaan. Al vanaf 1988 worden hier antiverdrogingsmaatregelen uitgevoerd.

1.2 Natura 2000 Dinkelland

Naast het Natura 2000-gebied Dinkelland vallen in Nederland nog 117 Natura 2000-gebieden onder de werking van het PAS. In Overijssel zijn dat er in totaal 24. Wetgeving voor bescherming van deze gebieden is in Nederland sinds 1 januari 2017 geregeld in de Wet natuurbescherming. Binnen de Natura 2000-gebieden wordt gewerkt aan het bereiken van de gunstige staat van instandhouding voor alle daarbinnen beschermde habitattypen (en in voorkomende gevallen habitatsoorten). In 2016 is het Natura 2000-beheerplan (Provincie Overijssel, 2016) voor het gebied Dinkelland vastgesteld. Hierin zijn maatregelen vastgelegd om de aangewezen natuurwaarden te behouden en op termijn te verbeteren. Vanwege het wettelijke kader hebben deze maatregelen een verplichtend karakter. Het Natura 2000-gebied Dinkelland is onderverdeeld in het deelgebied Dinkeldal en het deelgebied Punthuizen-Stroothuizen. Dit inrichtingsplan heeft alleen betrekking op het deelgebied Punthuizen-Stroothuizen.

[1] Het gebied Dinkelland is bij besluit van de staatssecretaris van Economische Zaken op 4 juli 2013 aangewezen als Natura 2000-gebied. Binnen deze Natura 2000-begrenzing bevindt zich zowel bestaande natuur als landbouwgebied.
[2] Het gaat om zogeheten 'externe maatregelen', dus maatregelen die genomen moeten worden buiten bestaande natuur in het Natura 2000-gebied, ten behoeve van de gewenste natuurcondities binnen de natuurclusters.



Figuur 1.1 Ligging van de deelgebieden Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

1.3 Programma Aanpak Stikstof en PAS-gebiedsanalyse

Stikstofdepositie is één van de belangrijkste knelpunten voor de ontwikkeling van natuur. In Nederland is een programma opgesteld, het Programma Aanpak Stikstof (PAS), om enerzijds de stikstofdepositie terug te dringen en om de negatieve effecten van de stikstofdepositie in de natuurgebieden tegen te gaan. Anderzijds wordt door het PAS economische ontwikkelruimte geboden. Het PAS is op 1 juli 2015 in werking getreden en bestaat uit drie periodes van 6 jaar. De eerste PAS periode duurt van 2015 tot 2021, de tweede van 2021 tot 2027 en de derde PAS periode duurt van 2027 tot 2033. In dit programma zijn per gebied maatregelen benoemd die specifiek gericht zijn op het verbeteren van de natuur die als gevolg van de stikstofdepositie is verslechterd. Deze maatregelen zijn benoemd en uitgewerkt in de zogenaamde 'PAS-gebiedsanalyses'. In de geactualiseerde PAS-gebiedsanalyse van het Natura 2000-gebied Dinkelland (Provincie Overijssel 2017a) zijn herstelmaatregelen uitgewerkt die nodig zijn voor de instandhouding van de in het aanwijzingsbesluit aangewezen habitattypen en soorten in dit gebied (zie tabel 1.1). In de PAS-gebiedsanalyse is gefocust op deze habitattypen omdat Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld geschikte leefgebieden voor deze habitattypen vormen. Een uitgebreide beschrijving van de habitattypen die voorkomen in het projectgebied is opgenomen in paragraaf 4.2.2.

Tabel 1.1 Instandhoudingsdoelstellingen habitattypen binnen projectgebied

Habitat-type	Omschrijving	Doel kwaliteit	Doel oppervlakte	Punthuizen en Beuninger Achterveld	Stroothuizen
H3130	Zwakgebufferde vennen	>	=		✓
H4010A	Vochtige heide, hogere zandgronden	>	=	✓	✓
H4030	Droge heide	=	>	✓	✓
H6410	Blauwgraslanden	>	>	✓	✓
H7150	Pioniervegetaties met snavelbiezen	>	=	✓	✓

Symbool	Betekenis
>	Toename
=	Blijft gelijk
✓	Is aanwezig

1.4 Begrenzing

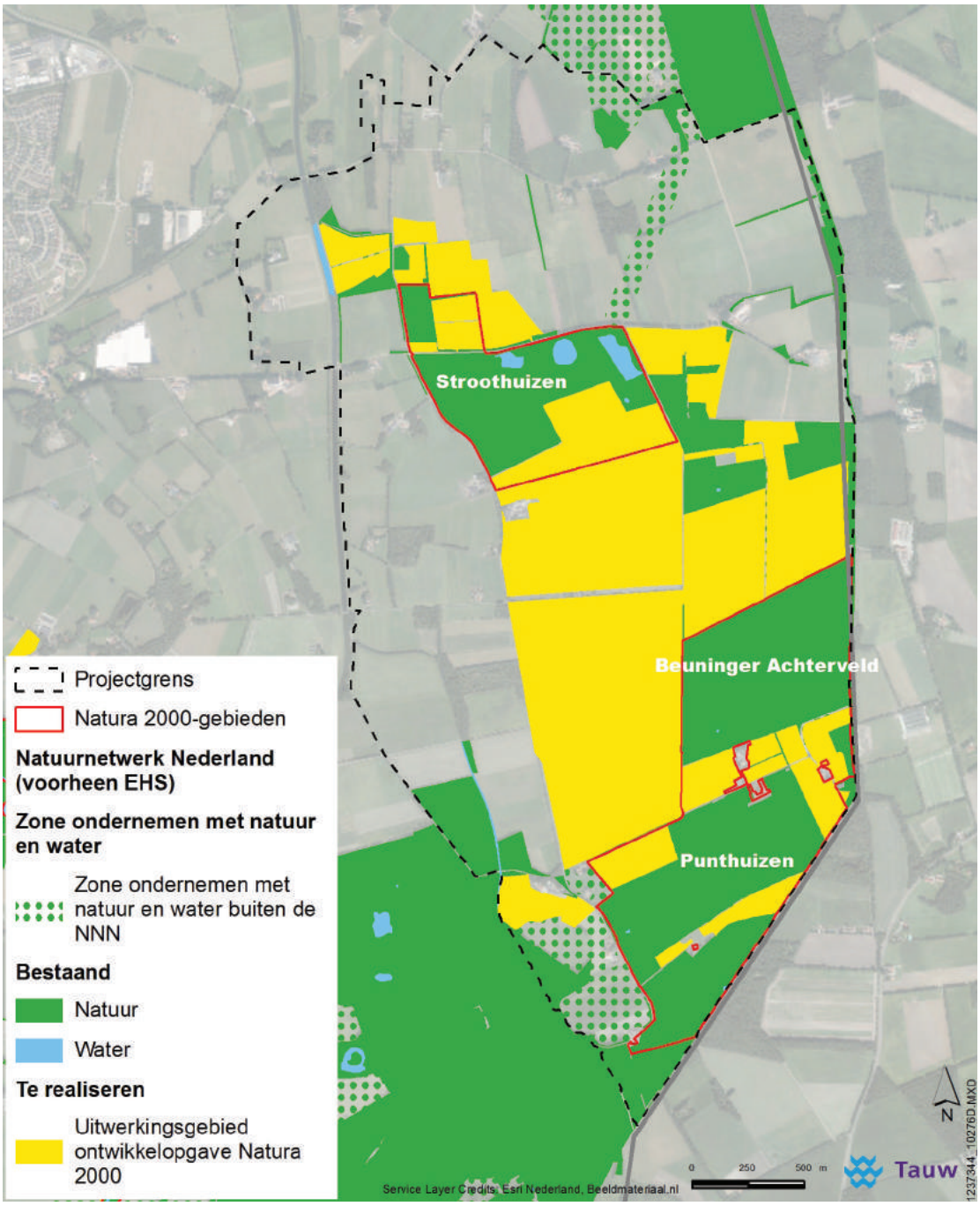
De uitkomsten van de PAS-gebiedsanalyse zijn vertaald naar de Omgevingsvisie en - verordening van de Provincie Overijssel (Provincie Overijssel, 2017). Het deel van de PAS-maatregelen dat buiten de bestaande natuurterreinen moet plaatsvinden, is in de Omgevingsvisie en -verordening geel gemarkeerd en aangeduid als "Uitwerkingsgebied Ontwikkelopgave Natura 2000", zie figuur 1.2. Deze gronden zijn nu veelal in agrarisch gebruik.

In de gebiedsgerichte uitwerking van de PAS-opgaven, waar dit inrichtingsplan het resultaat van is, is bepaald welke maatregelen op welke locatie genomen worden met als doel een balans te vinden tussen de natuurdoelen en het agrarisch gebruik. Gedurende de uitwerking van de maatregelen en het opstellen van het inrichtingsplan werd duidelijk dat het gebied waar maatregelen nodig zijn, enigszins afwijkt van de PAS-gebiedsanalyse en Omgevingsvisie en –verordening (Uitwerkingsgebied Ontwikkelopgave Natura 2000). De wijzigingen ten opzichte van de huidige PAS-gebiedsanalyse worden in de eerstvolgende actualisatieronde doorgevoerd in de PAS-gebiedsanalyse en de Omgevingsvisie en –verordening.

Naast het uitwerkingsgebied Ontwikkelopgave Natura 2000 is er sprake van een effectgebied. Deze zone is toegevoegd aan de oorspronkelijke grens van het uitwerkingsgebied. Het project-gebied voor dit inrichtingsplan bestaat daarmee uit:

- het uitwerkingsgebied;
- de bestaande natuurgebieden;
- en het effectgebied.

Het totale projectgebied is met de zwarte lijn aangegeven in figuur 1.2. Op basis van grondwater en bodemonderzoek is voor dit gebied in gezamenlijkheid met de eigenaar bepaald of er schade ontstaat als gevolg van de maatregelen.



Figuur 1.2 Ligging van het NNN ten opzichte van het uitwerkingsgebied Ontwikkelopgave Natura 2000

De drie natuurgebieden zelf zijn ook onderdeel van het projectgebied. Voor de maatregelen in de natuurgebieden is Staatsbosbeheer als terrein beherende organisatie verantwoordelijk. Staatsbosbeheer heeft parallel aan het gebiedsproces de interne maatregelen die nodig zijn binnen de natuurclusters uitgewerkt. Die worden in hoofdstuk 4 van dit inrichtingsplan nader toegelicht.

1.5 'Samen werkt beter' en het gebiedsproces

Het opstellen en uitvoeren van de beheerplannen en PAS-gebiedsanalyses voor de Natura 2000-gebieden is een provinciale verantwoordelijkheid. In sommige gevallen worden deze documenten echter ook door het Rijk opgesteld. Op 29 mei 2013 ondertekende de provincie Overijssel samen met veertien Overijsselse organisaties het akkoord 'Samen werkt beter'[3]. In overleg met deze partners is afgesproken wie voor welke ontwikkelopgave bestuurlijk verantwoordelijkheid neemt. Vanaf 2015 zijn deze gebiedsprocessen in de verschillende Natura 2000-gebieden gestart. Voor de ontwikkelopgave Punthuizen-Stroothuizen heeft Staatsbosbeheer het voortouw genomen. Gestart is met een verkenningsfase. Deze verkenning heeft geresulteerd in een plan van aanpak en beslisdocument (Staatsbosbeheer, 2015) voor het uitwerken van de definitieve set natuurherstelmaatregelen.

Het akkoord 'Samen werkt beter' is mede opgesteld vanwege het groot aantal gebiedsfuncties en bijbehorende stakeholders. In het geval van Punthuizen-Stroothuizen worden ook maatregelen getroffen in de waterhuishouding buiten het Natura 2000-gebied, om het watersysteem binnen het gebied te verbeteren. Bij het treffen van maatregelen binnen en buiten het Natura 2000-gebied moet rekening gehouden worden met de belangen van eigenaren van de percelen waarop de maatregelen plaatsvinden. Daarnaast moet ook de bestaande bebouwing en infrastructuur in acht worden genomen. Naast de PAS-doelstellingen worden dus meerdere gebiedsfuncties in ogenschouw genomen in het inrichtingsplan. De detaillering van de PAS-maatregelen heeft om die reden vanuit een breed ingestoken gebiedsproces plaatsgevonden.

Voorliggend Inrichtingsplan is het resultaat van zowel ontwikkelopgave zoals opgepakt binnen het uitwerkingsgebied Ontwikkelopgave Natura 2000 als de uitwerking van de interne maatregelen binnen de bestaande natuurgebieden (Punthuizen, Beuninger Achterveld en Stroothuizen).

1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van het Natura 2000-gebied Dinkelland, deelgebied Punthuizen-Stroothuizen. Naast een korte beschrijving van de ontstaansgeschiedenis wordt meer uitgebreid ingegaan op het watersysteem en bijzondere natuurwaarden. In hoofdstuk 3 worden de knelpunten beschreven die de uiteindelijke aanleiding vormen voor de maatregelen. Op basis van de bevindingen in hoofdstuk 3 worden in hoofdstuk 4 de benodigde maatregelen uitgewerkt. Dit zijn de maatregelen die tot de gewenste oplossing en situatie van instandhouding moeten leiden. De effecten van de maatregelen op de natuurgebieden en habitattypen worden in hoofdstuk 5 beschreven, inclusief hoe wordt omgegaan met effecten op de omgeving van de natuurgebieden. Hoofdstuk 6 gaat in op de beheermaatregelen op de nieuwe natuurpercelen, nadat de inrichtingsmaatregelen zijn uitgevoerd. In hoofdstuk 7 wordt een doorkijk gegeven richting de uitvoeringsfase.

[3] Specifiek voor Punthuizen-Stroothuizen zijn de volgende partijen betrokken: Provincie Overijssel, Staatsbosbeheer, Gemeente Losser, Gemeente Dinkelland, LTO en Waterschap Vechtstromen

2. Gebiedsbeschrijving

In dit hoofdstuk wordt de huidige verschijningsvorm en het functioneren van het projectgebied beschreven. Eerst wordt de ontstaansgeschiedenis van het gebied behandeld. Daarna wordt ingegaan op achtereenvolgens de geomorfologie, bodemopbouw, waterhuishouding, landschappelijke, cultuurhistorische en archeologische waarden en het huidige gebruik.

2.1 Ontstaans- en ontginningsgeschiedenis

Het projectgebied ligt op de overgang van een hogere dekzandrug langs de Duitse grens naar het lager gelegen Dinkeldal aan de westkant. Na de ijstijd heeft smeltwater enkele laagtes uitgesleten. Daarnaast heeft de meanderende werking van de Dinkel ook sporen achtergelaten in het gebied. Beide processen hebben er voor gezorgd dat er in het projectgebied meerdere slenken liggen. De slenken in het gebied worden van elkaar gescheiden door dekzandruggen. De hoogteverschillen tussen de laagtes en de omliggende dekzandruggen zijn over het algemeen niet groter dan twee meter, maar de wisselwerking tussen beide heeft een grote invloed op de aanwezige vegetatie en daarmee de aangewezen habitattypen.

In de oude laagtes en slenken ontstonden hoogvenen en later natte heidegebieden, de zogenaamde woeste gronden, waarvan de restanten nog zichtbaar zijn in Punthuizen en Stroothuizen. In de vroege middeleeuwen werden grote delen van het noordoostelijk Twentse heidelandschap ontgonnen en de heideplaggen werden gebruikt voor bemesting van de akkers. In de periode van de middeleeuwen tot eind 1900 werden de woeste gronden verder ontgonnen en de zandverstuivingen ingeplant met bossen van grove den en fijnspar. Vanaf 1800 werden de laatste woeste gronden ontgonnen. Dat dit niet gold voor Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld en omgeving zegt iets over de overwegend natte omstandigheden in deze gebieden.

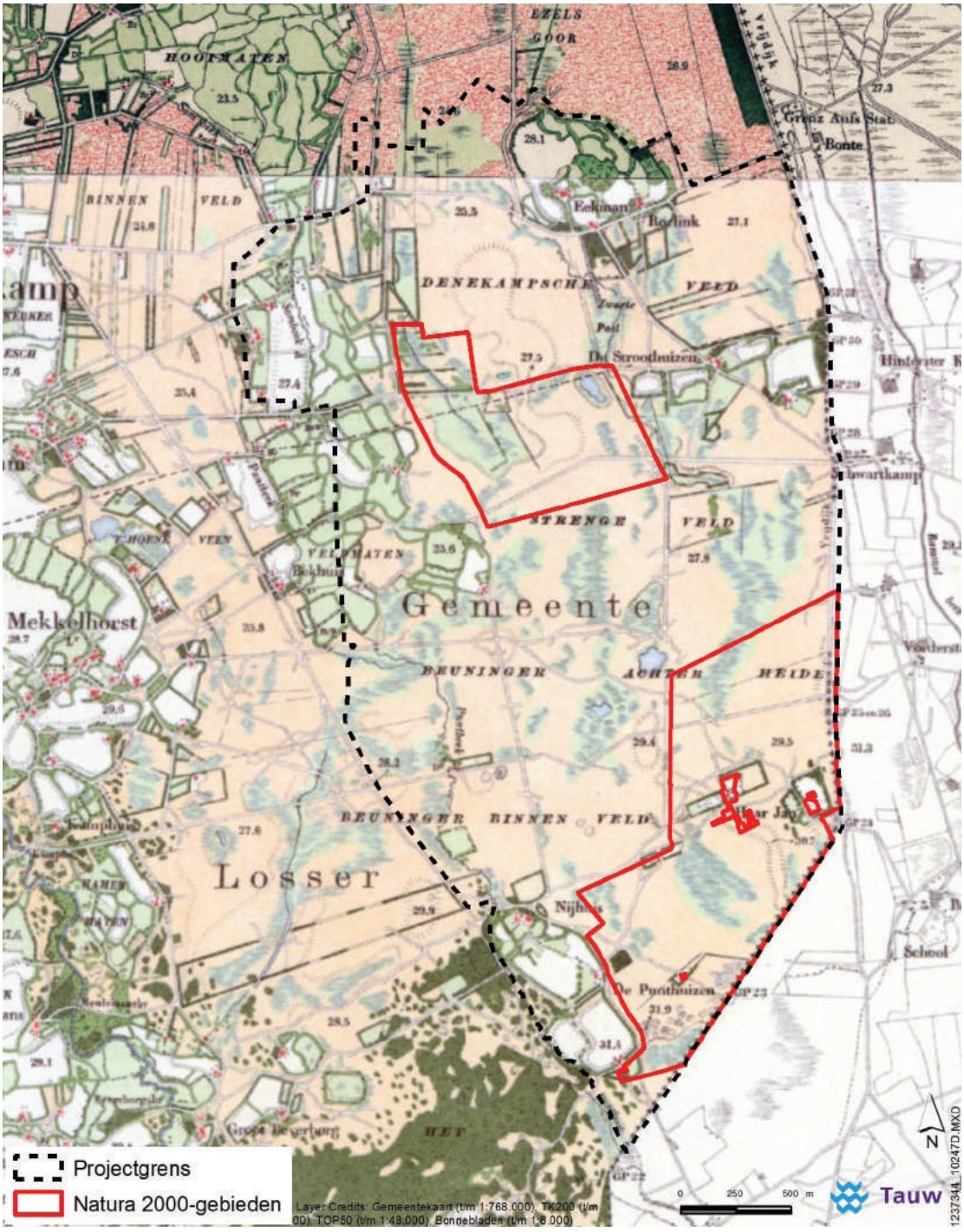
Begin 20e eeuw bestond het projectgebied nog hoofdzakelijk uit woeste gronden (zie figuur 2.1). Rondom de Puntbeek en nabij Stroothuizen waren enkele percelen gecultiveerd en in agrarisch gebruik. In de periode tot de Tweede Wereldoorlog werden enkele kleine boerderijen gebouwd. De agrariërs hebben de omliggende woeste gronden eigenhandig en op kleinschalige wijze ontgonnen. Daarnaast verschenen de eerste sloten in het gebied. De sloten zorgden voor een betere afwatering van het gebied, waardoor landbouw mogelijk werd. De schaal van de ontwatering bleef in dit stadium echter klein. Het grootste gedeelte van het projectgebied bestond nog steeds uit natte heide, droge heide en schraalgraslanden.

In de jaren na de oorlog ging de individuele ontginning van het gebied langzaam door. Vanaf 1960 raakt de ontginning van het gebied in een stroomversnelling door de ruilverkaveling Denekamperveld. In de 2e fase van dit project werd vrijwel het gehele projectgebied ontgonnen en in agrarisch gebruik genomen en werd het Omleidingskanaal van de Dinkel gegraven. Tijdens de 1e fase, waarbij het gebied ten noorden van het kanaal Almelo-Nordhorn werd ontgonnen, werden lessen geleerd over het in stand houden van waardevolle natuurgebieden.

Het directe resultaat hiervan was het behoud van Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld als overblijfselen van de oorspronkelijke woeste gronden. De omliggende gebieden werden ontgonnen en optimaal ingericht voor agrarisch gebruik. In het projectgebied werden in deze periode veel sloten en drainagesystemen aangelegd om de grondwaterstanden te verlagen en de afvoer van oppervlaktewater van regenbuien te bevorderen. Door deze ontwikkelingen werden de oorspronkelijk hydrologische processen in het gebied verstoord, zowel op regionaal als lokaal niveau.

Tegelijkertijd met de schaalvergroting in de landbouw nam naast de aanleg van sloten en drainage ook het gebruik van (kunst)mest toe. Daarnaast werd de noodzaak voor lagere grondwaterstanden steeds groter om de draagkracht van de bodem en de groei van gewassen te bevorderen.

Na 1980 nam de schaalvergroting in de landbouw toe (zie figuur 2.2). In de landbouwgebieden rondom Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld werden de agrarische bedrijven groter, kavels werden samengevoegd, sloten verdiept en percelen extra gedraineerd. De optimalisatie van de afwatering in het gebied rondom de natuurgebieden had ook invloed op waterstanden en grondwaterstromingen in de natuurgebieden. Bovendien leidde de intensivering van bemesting tot vermestings-problematiek in de gevoelige natuurgebieden.



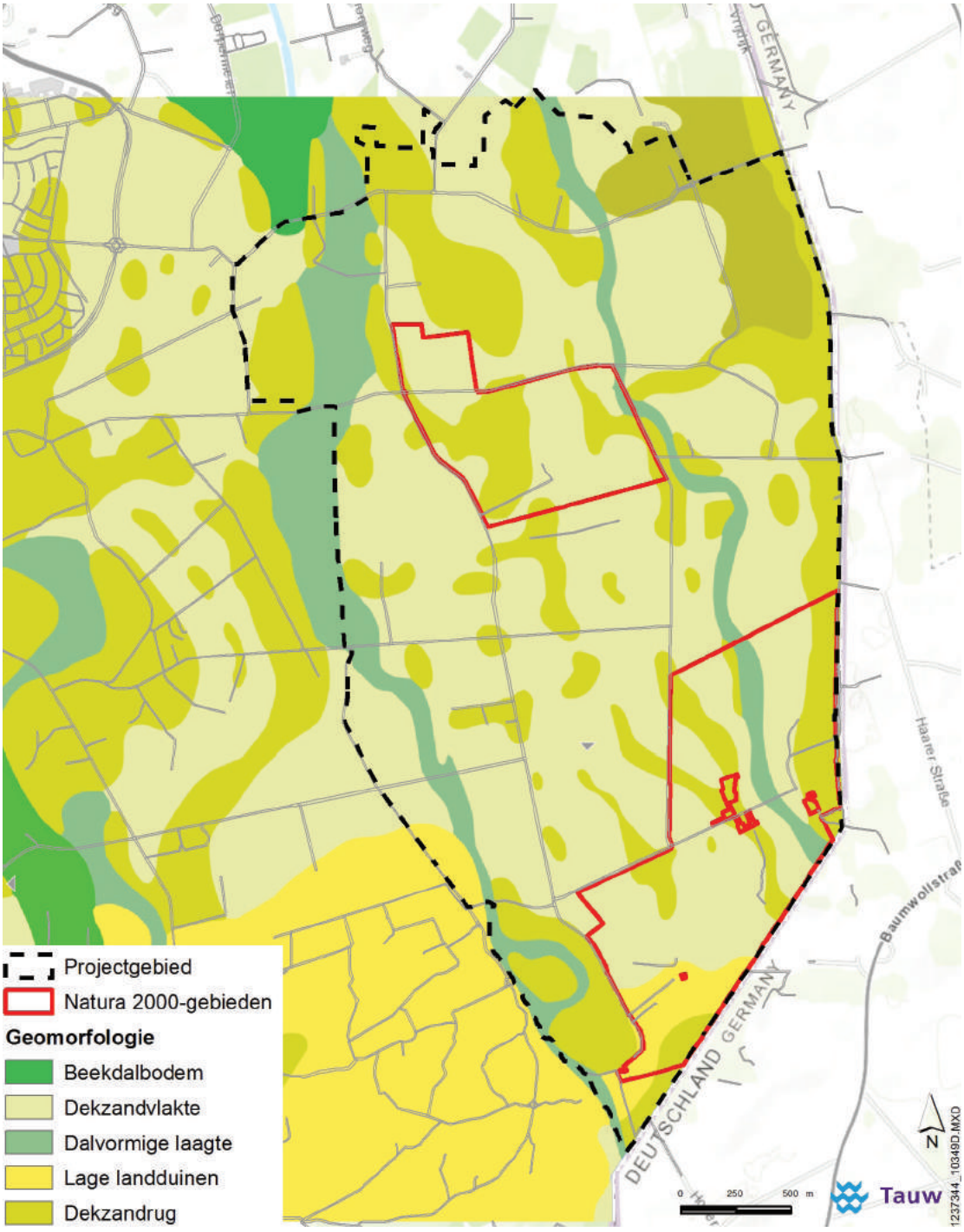
Figuur 2.1 Topografische kaart van 1920

Figuur 2.2 Topografische kaart van 1980

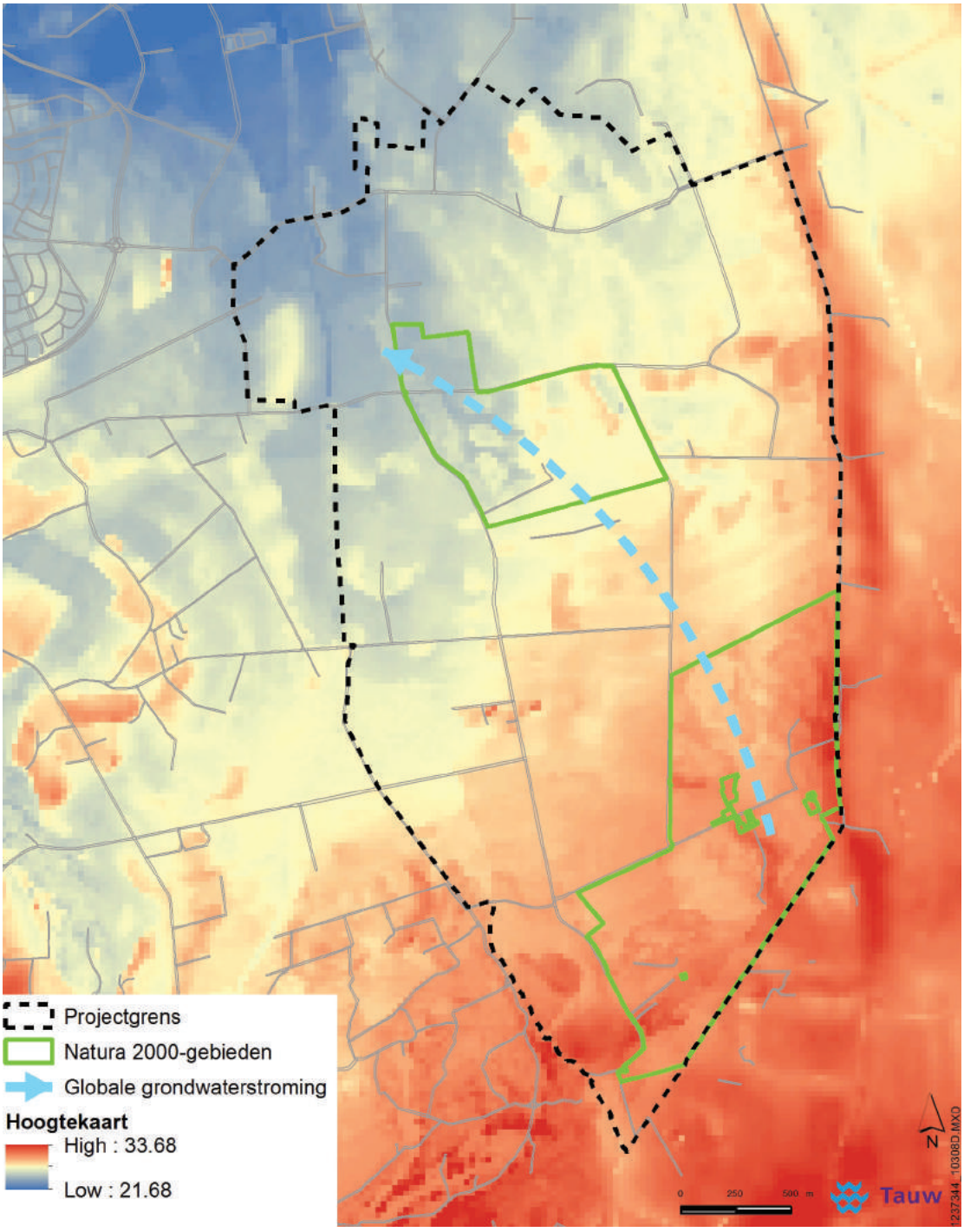
2.2 De fysische ondergrond

2.2.1 Geomorfologie

Op de geomorfologische kaart (figuur 2.3) is de ontstaansgeschiedenis van de abiotische ondergrond af te lezen. Tijdens de ijstijd heeft smeltwater verschillende laagtes (slenken) uitgesleten en zijn er door verstuivingen meerdere dekzandruggen ontstaan. De slenken, ontstaan door uitspoeling en vroegere beeklopen, zijn duidelijk zichtbaar op de kaart. Ook de huidige loop van de Puntbeek en de meer oostelijk gelegen oer-loop van de Dinkel zijn duidelijk herkenbaar. Op deze kaart is ook te zien dat de slenken zelfstandige systemen vormen, van elkaar gescheiden door hogere dekzand-ruggen. In het huidige landschap zijn nog enkele slenken zichtbaar in het landschap. Ze hebben deels ook nog een watervoerende functie en zijn bepalend in de hydrologische processen die ten grondslag liggen aan de ecologische waarden in het projectgebied. De slenken zijn echter niet meer volledig zichtbaar en/of functionerend. Delen van deze laagtes zijn in het verleden geëgaliseerd, waarbij met grond vanuit de dekzandrug de laagte is opgevuld. Op de hoogtekaart (figuur 2.4) worden de hoogteverschillen en het huidige reliëf weergegeven.



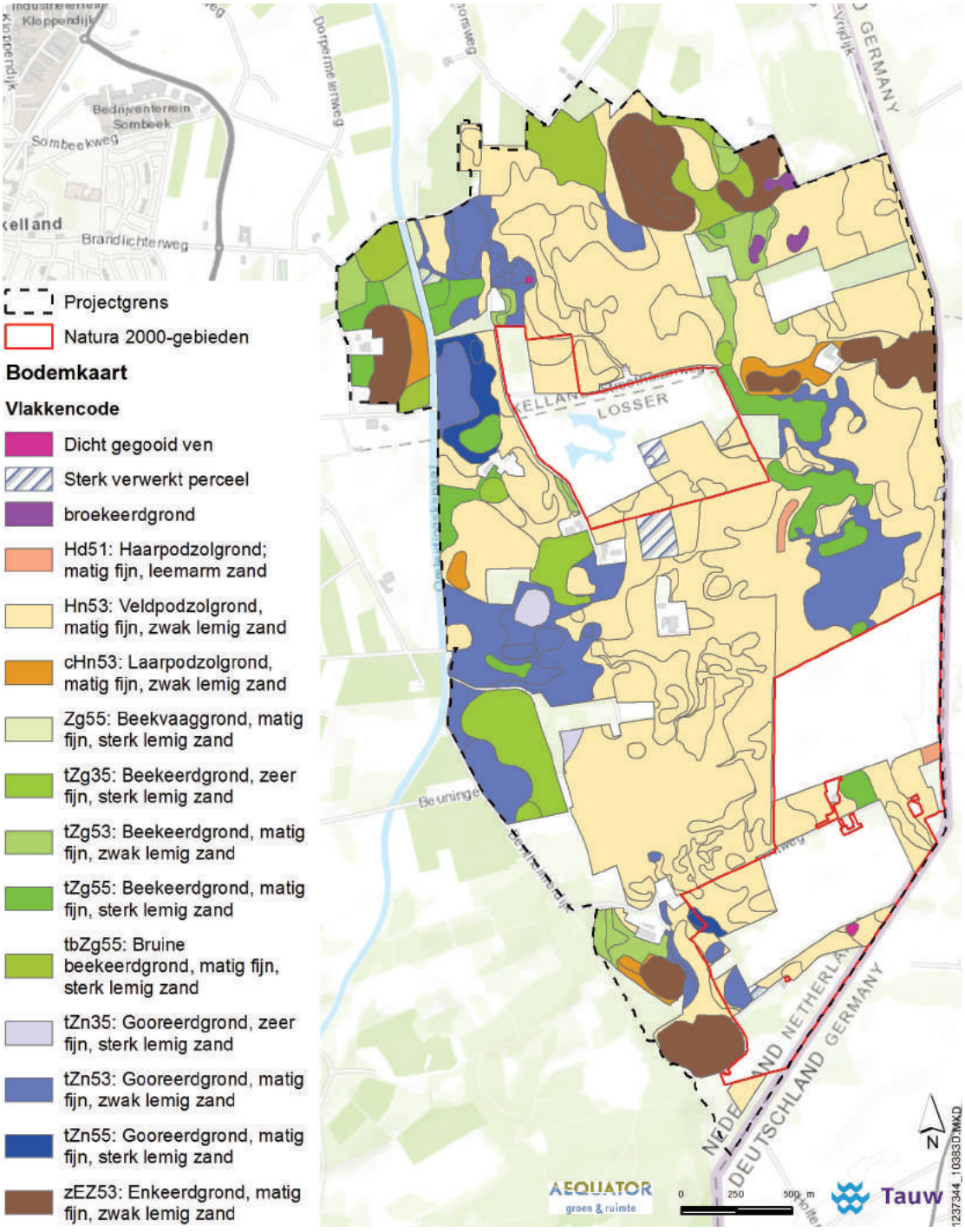
Figuur 2.3 Geomorfologische kaart (atlas van province Overijssel, 2017)



Figuur 2.4 De hoogtekaart van het projectgebied met globale richting grondwaterstroming (AHN, 2017)

2.2.2 Bodemopbouw

Door de verschillen in hoogte en waterhuishouding zijn in het gebied meerdere bodemsoorten ontstaan. In het kader van de gebiedsuitwerking is de bodem van de agrarische percelen gedetailleerd in kaart gebracht (Aequator, 2017, bijlage 9). Een totaaloverzicht van de bodemopbouw in het projectgebied is opgenomen in figuur 2.5.



Figuur 2.5 Bodemkaart (Aequator, 2017)

In het gebied komen vooral veldpodzolgronden voor. Dit zijn zandgronden waarin een humusinspoelingslaag (inspoeling door regenwater van uit de voedselrijke bovenlaag) is ontwikkeld. Deze gronden worden veel aangetroffen in jonge heideontginningen. De humusinspoelingslaag ontstaat onder natuurlijke zure omstandigheden wanneer regenwater in de grond infiltreert en dan humus en ijzer oplost in het water. Als het water is verzadigd, slaat de humus neer in het zand. Dit is te herkennen aan een koffiebruine laag net onder de bovengrond. De gooreerdgronden zijn fijnzandig, hebben vaak een dun cultuurdek en komen vooral onder vochtige omstandigheden voor. Deze gronden zijn te vinden in het noordwestelijk deel van het projectgebied, tussen de Punthuizerweg en het Omleidingskanaal. Verder liggen ze her en der verspreid in de lagere delen van het landschap, vaak vlak naast de laagste delen, waar beekeerdgronden voorkomen. Door roestvorming tot vlak onder maaiveld wordt deze beekeerdgronden gekenmerkt door een bruine bovengrond (Aequator, 2017, bijlage 9).

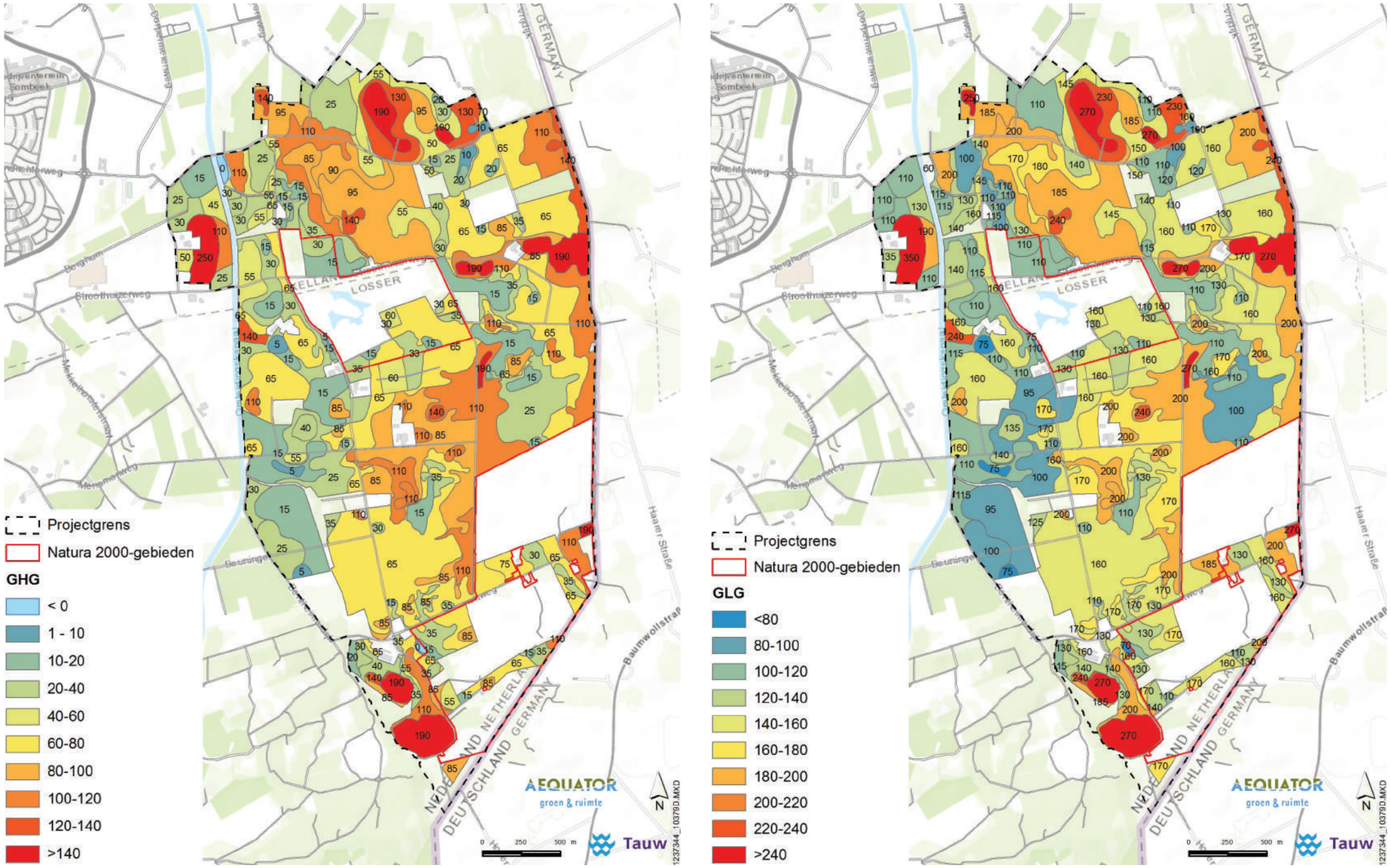
Samen met de grondwatersituatie bepaalt de bodemopbouw de bodemgeschiktheid voor grasland en akkerbouw. Op basis van deze gegevens kan ook de huidige nat- en droogteschade voor de landbouwpercelen worden bepaald. Deze kaarten laten de productiederving ten opzichte van optimale omstandigheden zien . De bodemgeschiktheid en de huidige landbouwschade zijn uitgebreid beschreven in het onderzoeksrapport van Aequator (Aequator, 2017, bijlage 9). Hieruit blijkt dat vooral de gooreerd- en beekeerdgronden voor mais, en in mindere mate voor gras, gevoelig zijn voor natte omstandigheden. In de huidige situatie zijn de meeste gronden, namelijk hoger gelegen veldpodzolgronden, in het projectgebied vooral gevoelig voor droge omstandigheden. schade. Door de mogelijkheid van beregening worden deze gronden in de praktijk echter als minder schadegevoelig ervaren.

2.3 Watersysteem

2.3.1 Grondwater

Het projectgebied wordt beïnvloed door zowel de regionale grondwaterstroming als door het lokale grondwatersysteem. De regionale grondwaterstroming in het projectgebied is zuidoost-noordwest gericht. Deze grondwaterstroming is, zeker in de zomerperiode, dominant. Naast deze regionale invloed van grondwater speelt ook de lokale hydrologie een belangrijke rol in het projectgebied. Het gaat dan om de opbolling en afstroming van grondwater van dekzandruggen naar lagere gebiedsdelen. In de eco-hydrologische beschrijving van de deelgebieden (paragraaf 2.3.3) wordt hier nader op ingegaan.

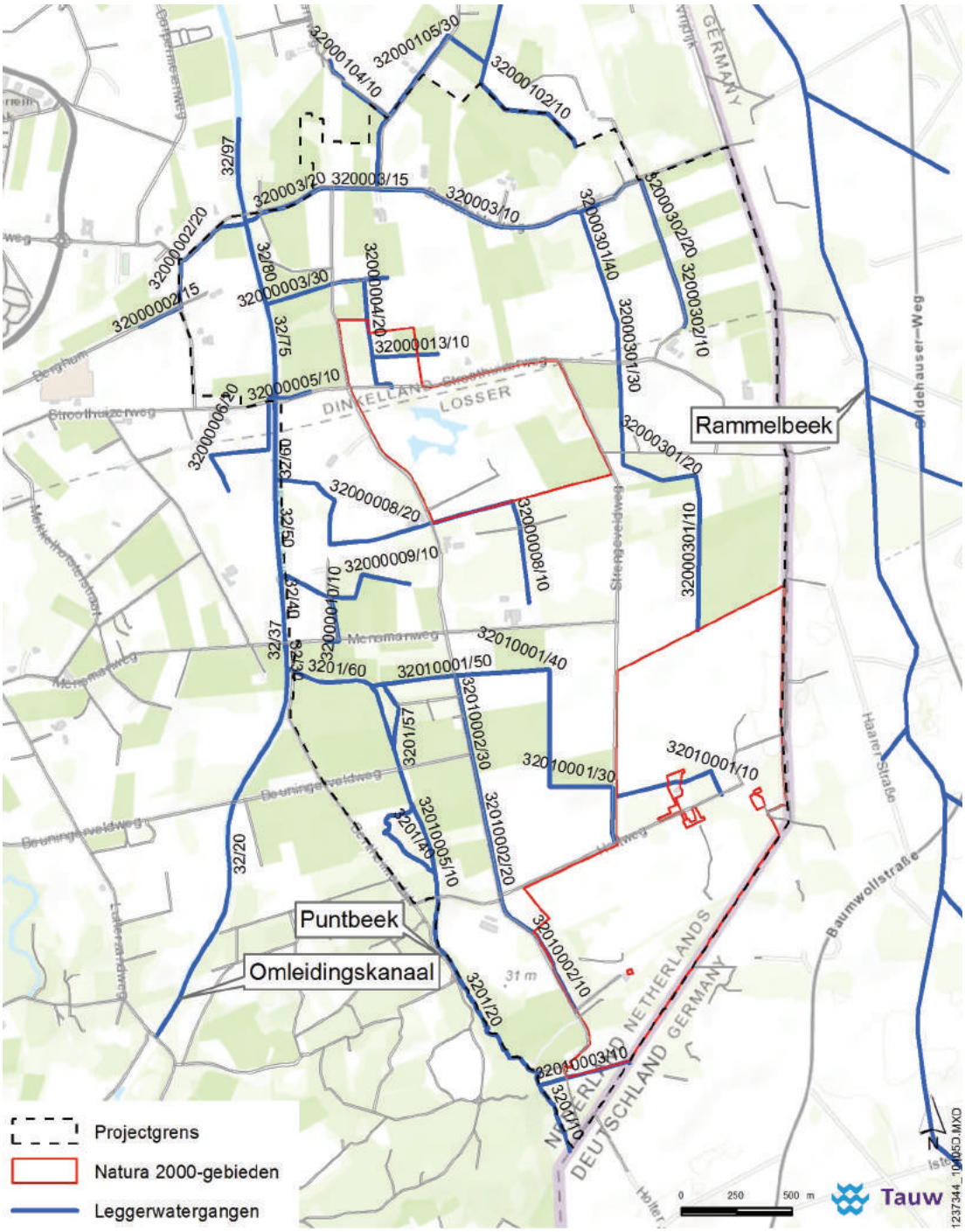
Er zijn grote verschillen in grondwaterstand in het gebied. Zoals weergegeven in figuur 2.6 zijn de percelen ten westen van de Punthuizerweg, ten noordwesten van Stroothuizen en ten noorden van Beuninger Achterveld relatief nat. De grondwaterstanden liggen zowel in de zomer als winter dicht bij het maaiveld (< 40 cm – mv). Op de percelen ten westen en noordwesten van het Beuninger Achterveld is de grondwaterstand dieper onder maaiveld (> 60 cm – mv), met enkele nattere plekken.



Figuur 2.6 De gemiddelde hoogste grondwaterstand (links) en gemiddelde laagste grondwaterstand (rechts) in de huidige situatie (Aequator 2017)

2.3.2 Oppervlaktewater

Het regionale oppervlaktewatersysteem bestaat onder andere uit de Puntbeek, de Rammelbeek en het Omleidingskanaal van de Dinkel. Deze systemen beïnvloeden vooral de drainagebasis in het projectgebied en daarmee het snel en diep wegzakken van de grondwaterstanden in de zomerperiode. Lokale slotenstelsels (zie figuur 2.7) beïnvloeden voornamelijk de winter- en voorjaarsgrondwaterstanden in en rondom de natuurgebieden. De lokale sloten hebben in de zomer weinig invloed omdat ze vaak droogvallen. Uitzondering hierop vormen enkele diepe sloten in Duitsland die tezamen een bovenloopsysteem van de Rammelbeek vormen.



Figuur 2.7 Het hoofdwatersysteem in de omgeving van Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

2.3.3 Eco-hydrologische systeembeschrijving per deelgebied

Landschappelijke typering en hydrologie

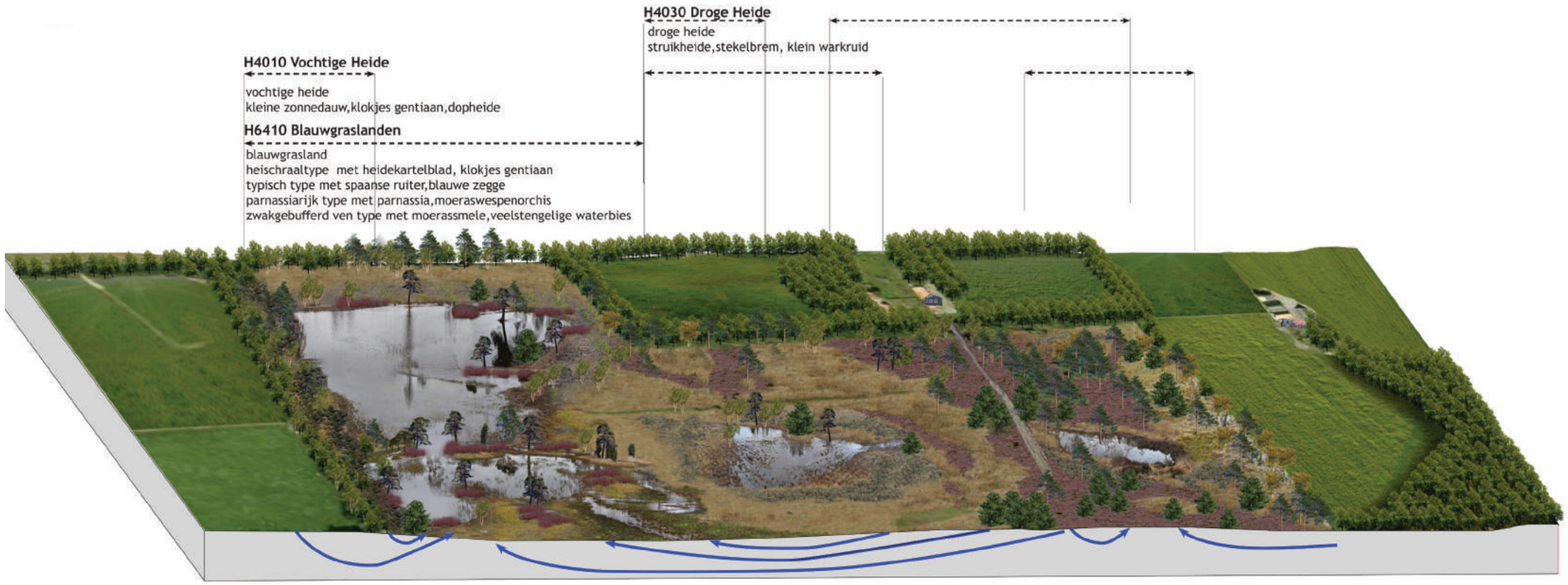
Binnen de natuurgebieden zijn twee landschapstypen aanwezig, namelijk het natte zandlandschap en het beekdallandschap. Binnen deze landschappen zijn gradiënten te onderscheiden, van zuur naar gebufferd, van droog naar nat en van voedselarm naar voedselrijk. Punthuizen en Beuninger Achterveld worden getypeerd als nat zandlandschap met het gradiënttype 'basenrijke afvoerloze laagte' en Stroothuizen wordt getypeerd als beekdallandschap met het gradiënttype 'beekdal met lokale kwel in de bovenloop'. Hieronder wordt het systeem van de deelgebieden kort beschreven, een uitgebreide systeembeschrijving is opgenomen in de ecologische onderbouwing (Van Dongen et al. 2017, bijlage 5). Vanwege de systeemverschillen wordt Stroothuizen separaat beschreven van Punthuizen en Beuninger Achterveld.

Systeembeschrijving Punthuizen en Beuninger Achterveld

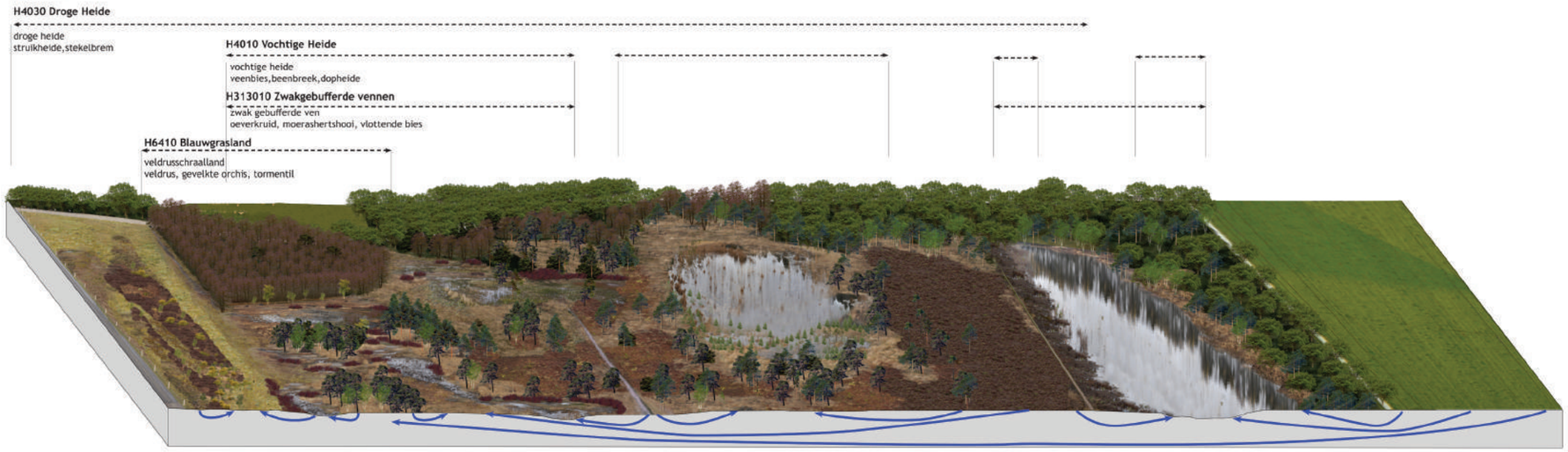
Het natte zandlandschap gradiënttype basenrijke afvoerloze laagten bestaat uit een kenmerkend golvend dekzandlandschap met veel hoogteverschillen op betrekkelijke korte afstand. De term afvoerloos heeft betrekking op het niet over maaiveld of via een waterloop afvoeren van water. In Punthuizen en Beuninger Achterveld voldoet deze typering niet helemaal omdat in natte perioden wel degelijk een beperkte hoeveelheid water uit de laagte, over maaiveld, wordt afgevoerd (Van Dongen et al. 2017, bijlage 5).

In Punthuizen bepaalt de overstromingsdrempel aan de noordzijde het afvoerniveau van de slenk. In natte perioden inunderen de slenken, als gevolg van een neerslagoverschot, en pas bij een hoge waterstand wordt water afgevoerd. De slenken worden voornamelijk gevoed door regenwater en deels door het basenrijke lokale grondwater. In dit type landschap zijn overwegend lokale grondwatersystemen actief.
Op de overgangen van de dekzandruggen naar de slenken ontstaan basenrijke omstandigheden door kwel van basenrijk grondwater gedurende winter en voorjaar, wanneer de slenken zijn geïnundeerd. De kwel is het gevolg van het lokale grondwatersysteem, waarbij in natte perioden opbolling van basenrijk grondwater plaatsvindt in de lokale dekzandruggen. Dit basenrijke water treedt uit op de flanken van de laagten. In droge perioden fungeert het gebied weer als inzijggebied.

In de huidige situatie is er sprake van oppervlakkige instroom van met meststoffen verrijkt geïnfiltreerd regenwater, afkomstig van een landbouwenclave in Punthuizen. Ook is er gemiddeld een te lage grondwaterstand. Het lokale grondwatersysteem is afhankelijk van het neerslagoverschot in het systeem. Als het grondwater in de zomer relatief diep wegzakt, is er meer neerslag nodig om het (basenrijk) grondwater aan maaiveld te krijgen (Provincie Overijssel, 2017a; Van Dongen et al. 2017, bijlage 5). In Beuninger Achterveld bevinden zich dekzandruggen en een laagte met droge tot vochtige, zure omstandigheden. In de slenk heersten vroeger zwak gebufferde omstandigheden. Er is sprake van een zeer lage grondwaterstand in zowel zomer als winter door intensieve ontwatering binnen en buiten het gebied. Hierdoor kan toestroom van basenrijk grondwater belemmerd worden (Provincie Overijssel, 2017a). Figuur 2.8 illustreert het watersysteem in Punthuizen en Beuninger Achterveld.



Figuur 2.8 Dwarsdoorsnedes van Punthuizen (boven) en Beuninger Achterveld (onder) met daarin de lokale en regionale kwelstromen en de gradienten.



Figuur 2.9 illustreert het watersysteem in Stroothuizen.

Systeembeschrijving Stroothuizen

Het gebied Stroothuizen behoort tot het landschapstype beekdallandschap gradiënttype 'beekdalen met lokale kwel in de bovenloop' (Grootjans et al. 2012). Dit gradiënttype kent veel uiterlijke overeenkomsten met het type dat in Punthuizen en Beuninger Achterveld voorkomt. De processen in Stroothuizen zijn vergelijkbaar met die in Punthuizen. Ook hier treedt op de flanken van dekzandruggen in de winterperiode grondwater uit als gevolg van de helling van het maaiveld (Jansen, 1991). In Stroothuizen is een grote en een kleine slenk aanwezig, verder zijn er nog enkele vennen, waaronder het Oortven en het Ronde Ven. Beide vennen worden gevoed uit lokale systemen. Echter, er is ook een belangrijk verschil met Punthuizen. In Stroothuizen wordt de grote slenk aan de westzijde ook gevoed door een bovenlokaal systeem. Het basenrijke grondwater dat uittreedt in de laagte is dus niet afkomstig vanuit de aangrenzende dekzandruggen, maar uit een groter gebied aan de zuid/zuidoostzijde van het natuurgebied (Van Dongen et al. 2017, bijlage 5). Verder is de toevoer van basenrijk grondwater in Stroothuizen minder groot dan in Punthuizen (KWR, 2017a, bijlage 8). Uit chemisch onderzoek eind 2016 is gebleken dat het grondwater dat de kwelzones in Stroothuizen voedt verontreinigd is door bemesting vanuit de landbouwpercelen in de omgeving (KWR, 2017b).

2.4 Ecologische waarden

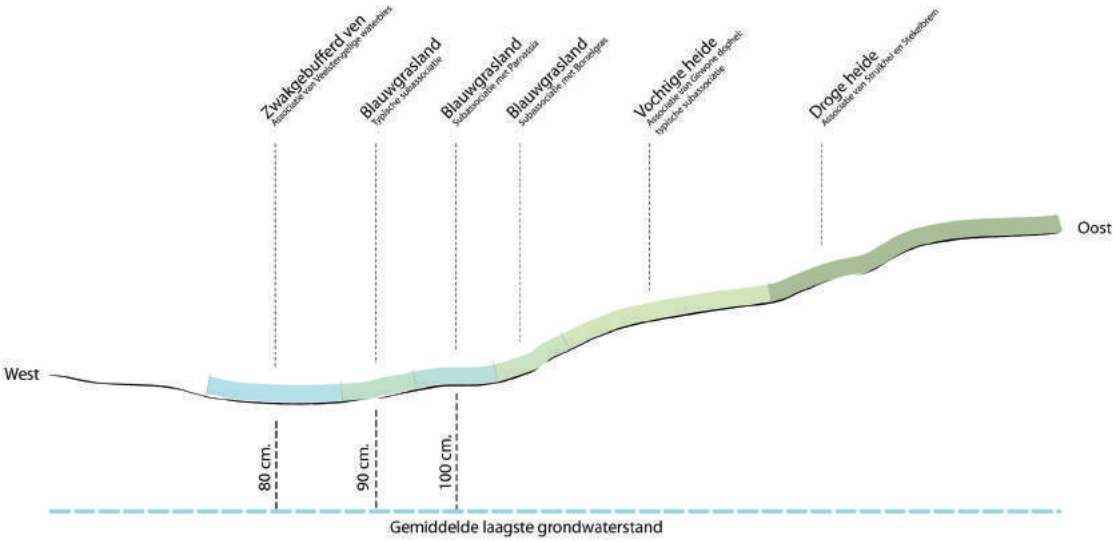
Deze paragraaf geeft een kenschets van de ecologische waarden per natuurgebied. Daarna wordt de ontwikkeling van de beschermde habitattypen beschreven.

2.4.1 Ecologische kenschets per gebied

Punthuizen en Beuninger Achterveld

Punthuizen en het Beuninger Achterveld worden van elkaar gescheiden door een smalle strook met percelen in agrarisch gebruik. Deze percelen maken onderdeel uit van het Natura 2000-gebied. De vegetatie in het gebied is een afspiegeling van het lokale hydrologische systeem, zoals beschreven in paragraaf 2.3.3. In Punthuizen is op de dekzandruggen het habitattype Droge heiden (H4030) aanwezig, kenmerkend voor vrij droge, zure en voedselarme omstandigheden. Op de flanken komen Vochtige heiden (H4010A) en Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150) voor. De Pioniervegetaties met snavelbiezen komen voor op geplagde delen in de grote slenk. Op de overgang naar de slenk is Blauwgrasland (H6410) aanwezig. In Punthuizen zijn diverse vegetatietypen blauwgrasland aanwezig, die allemaal vallen onder het habitattype Blauwgrasland. De hoogst gelegen blauwgraslanden (subassociatie met Borstelgras) zijn vrij basenarm. Vlak daaronder, op de basenrijke standplaatsen, komt de subassociatie met Parnassia voor. Lager op de gradiënt wordt deze subassociatie opgevolgd door de typische subassociatie waarin de Spaanse ruiter optimaal voorkomt. Nog lager op de gradiënt treedt veelal inundatie op en komen venvegetaties voor. Een schematische dwarsdoornede van deze gradiënt is weergegeven in figuur 2.10.

Het Beuninger Achterveld bestaat uit een hogere dekzandrug in het oosten en er loopt een slenk van zuid naar noord door het gebied. De huidige vegetatie bestaat vooral uit Droge heiden (H4030) en Vochtige heiden (4010A). Daarnaast is er een klein oppervlak Pioniersvegetatie met snavelbiezen (H7150) op lage plekken die zijn geplagd. Deze vegetatiesamenstelling geeft aan dat er in de huidige situatie geen invloed is van basenrijk grondwater.



Figuur 2.10 Doorsnede van de vegetatiegradiënt in Punthuizen

Stroothuizen

Stroothuizen is een heidegebied met een kleine en een grotere slenk en enkele vennen. De percelen rondom het gebied zijn in agrarisch gebruik. Op de hogere delen zijn Droge heiden (H4030) ontstaan. Dit wijst op vrij droge, zure en voedselarme omstandigheden. Op de iets lager gelegen flanken waar geen (basenrijk) grondwater toestroomt, komen Vochtige heiden (H4010A) voor. In de slenken en vennen is wel invloed van licht gebufferd grondwater. Alleen in de grote slenk is toevoer van basenrijk grondwater, dit is afkomstig van een bovenlokaal systeem (zie paragraaf 2.2.1). Hier komen naast Vochtige heiden, ook Blauwgrasland (H6410) voor. In Stroothuizen komen alleen de minder basenrijke vegetatietypen van Blauwgrasland voor. Verder zijn er in Stroothuizen een aantal zure vennen gelegen, zoals het Ronde ven, en enkele Zwakgebufferde vennen (H3130), zoals het Oortven. In de huidige situatie treedt onvoldoende opbolling op in de lokale systemen rondom het Oortven, waardoor er hier geen toevoer is van licht gebufferd grondwater. Het Oortven is daarom verzuurd.

2.4.2 Habitattypen

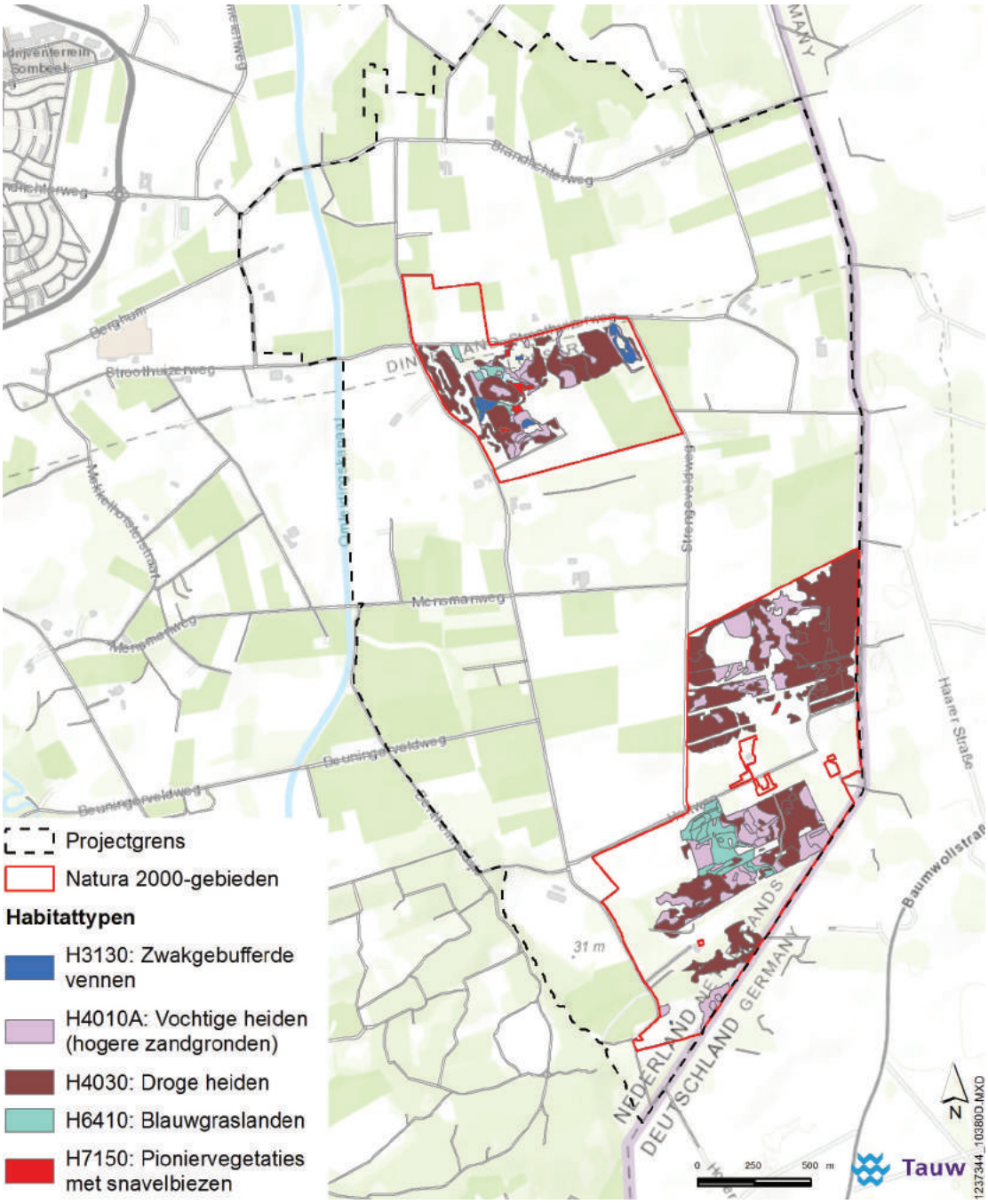
Deze paragraaf beschrijft de in de natuurgebieden voorkomende habitattypen. Deze zijn ook in de PAS-gebiedsanalyse en het aanwijzingsbesluit Natura 2000-gebied Dinkelland beschreven. De natuurwaarden die in Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld voorkomen zijn gevoelig voor stikstof. In tabel 2.1 zijn per habitattype ook de instandhoudingsdoelstellingen voor het betreffende type aangegeven.

In de kolommen ‘Doel kwaliteit’ en ‘Doel oppervlakte’ staat of de kwaliteit en de oppervlakte van het habitattype doelmatig wordt behouden (=) of uitgebreid (>) moet worden. In de twee rechter kolommen staat per habitattype aangeven in welke deelgebieden het voorkomt.

Tabel 2.1 Instandhoudingsdoelstellingen habitattypen in de natuurgebieden Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

Habitat-type	Omschrijving	Doel kwaliteit	Doel oppervlakte	Punthuizen en Beuninger Achterveld	Stroothuizen
H3130	Zwakgebufferde vennen	>	=		✓
H4010A	Vochtige heide, hogere zandgronden	>	=	✓	✓
H4030	Droge heide	=	>	✓	✓
H6410	Blauwgraslanden	>	>	✓	✓
H7150	Pioniervegetaties met snavelbiezen	=	=	✓	✓

In figuur 2.11 staat het voorkomen van de habitattypen in de gebieden Punthuizen-Stroothuizen en Beuninger Achterveld op de kaart aangegeven.



Figuur 2.11 Habitattypekaart Punthuizen-Stroothuizen (rivm, 2015)

Hieronder zijn alle in het Natura 2000-gebied voorkomende habitattypen kort beschreven. In de ecologische onderbouwing is een trendanalyse van deze habitattypen opgenomen, die meer in detail de ontwikkeling van indicatorsoorten beschrijft (Van Dongen et al. 2017, bijlage 5).

H3130, zwak gebufferde vennen

Dit habitattype betreft de water- en oeverbegroeiing die voorkomt in oligotrofe (voedselarm, dus weinig voedingsstoffen zoals stikstof en fosfaat) tot mesotrofe (matige voedselrijk, dus matige beschikbaarheid van voedingsstoffen zoals stikstof en fosfaat) kalkarme wateren (zie figuur 2.12). De vegetatie bestaat uit de Associatie van Veelstengelige waterbies, de Associatie van Vlottende bies, de Pilvaren-associatie en de Rompgemeenschap met Knolrus en Veenmos van de Oeverkruid-klasse/de Klasse der hoogveenslenken (Provincie Overijssel, 2017a). Begin jaren '90 is het habitat-type in Stroothuizen uitgebreid door plaggen van de slenk en het afgraven van dichtgeschoven laagten. Momenteel komt het habitattype in Punthuizen en Stroothuizen voor met een totale oppervlakte van 1,1 hectare met een overwegend matige kwaliteit.

Figuur 2.12 Zwakgebufferd ven in het projectgebied

H4010A, vochtige heide

Dit habitattype bestaat uit een vochtige heidegemeenschap op voedselarme, zure zand- en veenbodems. Kenmerkend is hierbij de hoge bedekking met gewone dophei (heidesoort die onder natte omstandigheden groeit). Dit habitattype komt in alle drie de deelgebieden voor (totaal 18,5 ha.) met overwegend een matige kwaliteit en deels een goede kwaliteit. In het gebied Punthuizen komt dit habitattype voor op de gradiënt van de dekzandruggen naar de laagtes. Het habitat-type is begin jaren '90 uitgebreid door het nemen van herstelmaatregelen in Stroothuizen en Punthuizen (plaggen, ondiep afgraven, hervatten hooilandbeheer en kappen elzenbroekbos). Plaatselijk is het goed ontwikkeld in Punthuizen, maar er treedt wel snel vergrassing op. In Beuninger Achterveld is het habitattype sterk vergrast met Pijpestrootje, als gevolg van verdroging (Provincie Overijssel 2017a).

Figuur 2.13 Vochtige heide in het projectgebied

H4030, Droge heide

Droge heide wordt gedomineerd door struikheide in combinatie met dwergstruiken, grassen en mossen. In Nederland komen droge heiden voor op matig droge tot droge, kalkarme en zure bodems. Momenteel komt dit habitattype in Punthuizen-Stroothuizen voor met een oppervlak van 47,7 hectare en is matig van kwaliteit; zowel in Punthuizen, Stroothuizen als het Beuninger Achterveld. De heidevegetatie is hier soortenarm en er treedt vergrassing op (Provincie Overijssel, 2017a).

H6410, Blauwgraslanden

Dit habitattype betreft soortenrijke graslanden op neutrale tot zwak zure, voedselarme bodems met veel wisselende grondwaterstanden die extensief beheerd (gehooid) worden. Kenmerkende soorten zijn Spaanse ruiter (zie figuur 2.14), Blonde zegge, Vlogzegge, Melkviooltje, Blauwe knoop en Moerassmele. Moerassmele is een bijzondere soort in dit type en in Punthuizen vormt die mogelijk de grootste populatie van ons land. Uit de gebiedsanalyse blijkt dat blauwgraslanden in Punthuizen zowel in goede staat als matige kwaliteit voorkomt (Provincie Oversijssel, 2017). Sinds de jaren '90 is het habitattype lokaal uitgebreid als gevolg van lokale herstelmaatregelen in Punthuizen (plaggen en hervatten hooilandbeheer). In Stroothuizen is het habitattype door verzuring enkel nog in matig ontwikkelde vorm (rompgemeenschap) te vinden. De oppervlakte van dit habitattype in Punthuizen en Stroothuizen is 5,2 ha. Hoewel blauwgrasland in Nederland erg zeldzaam is, komt het in Punthuizen op grote schaal voor.

Gezien de aanwezigheid van Blauwgrasland is Punthuizen daarmee een uniek natuurgebied voor Nederland en zelfs voor Europa.

Figuur 2.14 Blauwgrasland in het projectgebied, met spaanse ruiter

H7150, Pioniervegetaties met snavelbiezen

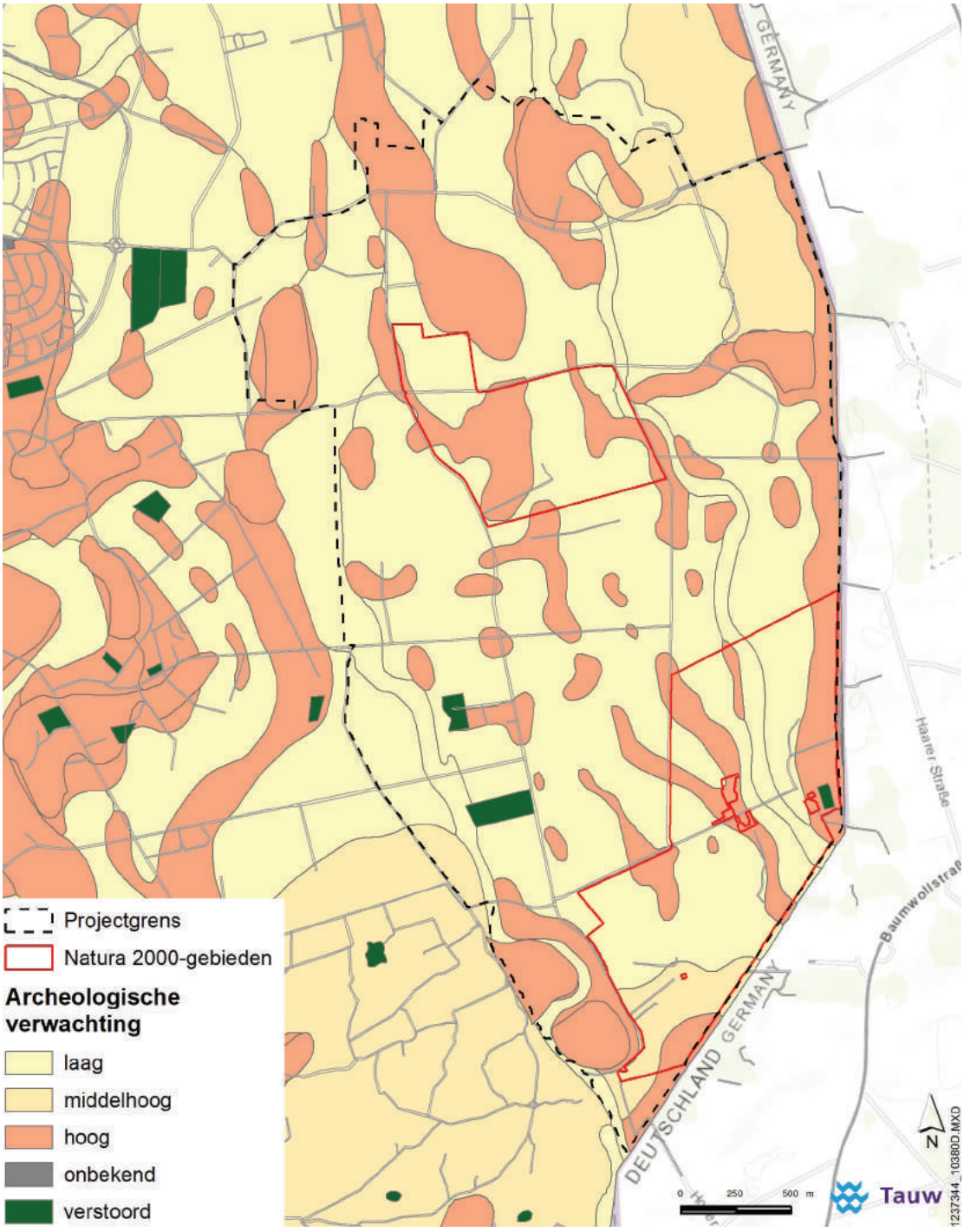
Dit habitattype betreft pioniergemeenschappen op kale zandgrond in natte heiden. De kale plekken, waar de pioniervegetaties met snavelbiezen kunnen ontwikkelen, ontstaan in
natte heide op natuurlijke wijze door langdurige stagnatie van water in de laagten. Sinds de jaren '80/'90 komt dit habitattype voor op plagplekken in Punthuizen en Stroothuizen (zie figuur 2.15). Ook in het Beuninger Achterveld is het habitattype lokaal verschenen na het plaggen van lage delen. Zoals vermeldt in de gebiedsanalyse heeft dit habitattype een oppervlakte van 1,8 ha (Provincie Overijssel, 2017a). Voor een groot deel zal deze vegetatie door successie zich ontwikkelen naar natte heide.

Figuur 2.15 Pioniervegetatie met snavelbiezen en veenpluis.

2.5 Archeologie, Cultuurhistorie en Ruimtelijke Kwaliteit

De ontstaans- en ontginningsgeschiedenis zoals in paragraaf 2.1 beschreven is deels nog terug te zien in het landschap of terug te vinden in de ondergrond. Deze paragraaf gaat in op de aanwezige archeologische en cultuurhistorische waarden die bijdragen aan de ruimtelijke kwaliteit van het projectgebied. Hiervoor is gebruik gemaakt van de cultuurhistorische en archeologische waardenkaart van de Provincie Overijssel (Provincie Overijssel, 2013) en het archeologisch onderzoek uitgevoerd voor de herinrichting van Losser Noord (Raap, 1997). De gemeente Losser heeft geen eigen archeologische verwachtingskaart. De gemeente Dinkelland heeft in 2008 haar archeologiebeleid vastgesteld.

In figuur 2.16 is de archeologische verwachting voor het projectgebied weergegeven. De hoger gelegen dekzandruggen, waarop in de huidige situatie ook de bebouwing is gelegen, kennen een hoge archeologische verwachtingswaarde. Dit vanwege de verhoogde kans op vroege bewoningsporen. De tussengelegen lagere en daardoor nattere gebieden hebben een lage archeologische verwachtingswaarde. In het projectgebied ligt één terrein waarvan zeker is dat deze reeds is verstoord en de kans op archeologische vondsten daardoor erg klein is. Uit het onderzoek van Raap voor de herinrichting van Losser Noord blijkt echter ook dat voor de gronden op dit moment in agrarisch gebruik ten westen van Beuninger Achterveld de archeologische resten als gevolg van verstoring waarschijnlijk zijn verdwenen.



Figuur 2.16 Archeologische verwachtingskaart (Provincie Overijssel, 2013)

De cultuurhistorische waarden binnen het projectgebied zijn opgenomen in de cultuurhistorische waardenkaart van de provincie Overijssel. Bouwhistorisch zijn vooral de grenspalen op de grens met Duitsland van grote waarde. Grenspaal 23 (Punthuizerweg) en grenspaal 24 (Vrijdijk) hebben bovendien een rijksmonumentale status. Ook de markestenen die onder andere nog in Stroothuizen zijn terug te vinden zijn historisch van betekenis. Zij markeren de markegrenzen als voorlopers van de huidige gemeentegrenzen (zie figuur 2.17).
Vanuit historisch-geografisch oogpunt zijn de escomplexen van waarde. Gezien de ontstaansgeschiedenis en historisch gebruik hebben deze met heideplaggen opgehoogde essen ook archeologisch een hoge verwachtingswaarde. Het kleinschalige landbouwcomplex ten noorden van de Stroothuizerweg (ter hoogte van nummer 41) wordt vanouds gekenmerkt door enkele verspreid liggende hoeven, kleinschalig reliëf en houtwallen. Dit geldt ook, zij het in mindere mate, voor de complexen ten westen van de Punthuizerweg, grenzend aan de oude loop van de Puntbeek en het bosgebied van Lutterveld. De drie natuurclusters Punthuizen, Beuninger Achterveld en Stroothuizen zijn als restanten van het voormalige heidelandschap historisch geografisch van grote waarde.

De ruimtelijke kwaliteit van een gebied wordt onder andere bepaald door de belevingswaarde en gebruikswaarde van het gebied. Het voorkomen van cultuurhistorische en archeologische waarden in de vorm van escomplexen, grenspalen en markestenen draagt bij aan de belevingswaarde van het gebied omdat deze landschapselementen verwijzen naar het historisch gebruik van het gebied. Het reliëf en de beplanting maken dat, ondanks de rationele verkavelingsstructuur het projectgebied afwisselend is, wat de ruimtelijke kwaliteit ten goede komt. De beperkte toegankelijkheid van de natuurgebieden doet afbreuk aan de recreatieve gebruikswaarde van het gebied.

Figuur 2.17 Markesteen in Stroothuizen (bron: www.markegrenzen.nl)

2.6 Huidig gebruik

2.6.1 Landbouw

De landbouw in het projectgebied heeft zich sinds begin vorige eeuw ontwikkeld van een aantal agrarische enclaves te midden van heidevelden naar de in oppervlakte belangrijkste gebruiksfunctie. Ruim 70% van het projectgebied is in agrarisch gebruik als grasland danwel als akkerland. In het gebied bevinden zich voornamelijk melkveehouderijen. Zij hanteren in landgebruik een combinatie van grasland voor beweiding/grasproductie en akkerland voor maisteelt.

De landbouwstructuur van het gebied is goed. De meeste grond is in eigendom van agrariërs, maar er worden ook percelen gepacht of tijdelijk gebruikt. Ongeveer 16 bedrijven hebben hun bedrijfslocatie en huiskavel in het gebied. Het gaat dan om melkveebedrijven, bedrijven met opfok jongvee, zoogkoeien, vleesvee en/of schapen en één biologisch leghennenbedrijf.

De omvang van de melkveebedrijven varieert tussen de 25 en 150 hectare. Gemiddeld 70% van de gronden van een bedrijf is een huiskavel. Een dermate hoog huiskavelpercentage is positief voor de bedrijfsvoering. De bedrijfsvoering is gericht op zoveel mogelijk weidegang. Meerdere bedrijven van buiten het projectgebied hebben gronden in het uitwerkingsgebied Ontwikkel-opgave Natura 2000 in gebruik. Ook dit zijn voornamelijk melkveebedrijven die deze veldkavels benutten voor maisteelt en/of grasland voor maaien.
De laatste jaren is er in het gebied veel in de landbouw geïnvesteerd. Bijna de helft van de bedrijven heeft zijn bedrijfsgebouwen uitgebreid en/of vernieuwd. Tevens wordt, als zich kansen voordoen, extra landbouwgrond aangekocht. Het streven naar meer grondgebondenheid in de melkveehouderij, onder druk van de mestproblematiek, speelt hierbij een belangrijke rol.
Daarnaast is er sprake van een verbreding van de bedrijfsvoering waarbij ingespeeld wordt op ontwikkelingen in de omgeving. Een aantal melkveehouders in het gebied neemt deel aan de coöperatie IJskoud die via biovergisting energie gaat leveren aan bedrijven in Denekamp. Ook hebben 9 ondernemers een vorm van landschapsbeheer, agrarisch natuurbeheer en/of particulier natuurbeheer in hun bedrijfsvoering ingepast.

2.6.2 Recreatie

Opvallend is dat in het projectgebied Punthuizen-Stroothuizen in vergelijking met andere gebieden in Noord-Oost Twente weinig gerecreëerd wordt. Dit heeft enerzijds te maken met de perifere ligging tegen de Duitse grens en anderzijds met hoe het gebied wordt beleefd. Het wordt nu vooral als modern ruilverkaveld landbouwgebied gezien. De aanwezige natuurgebieden van Staatsbosbeheer zijn, met uitzondering van een wandelpad door het Beuninger Achterveld ook niet toegankelijk voor bezoekers. Er lopen wel meerdere (grensoverschrijdende) recreatieve routes door het gebied. Het gaat dan om wandel-, fiets- en ruiterroutes. Het fietspad langs de Vrijdijk is de meest aantrekkelijke route in het gebied.

Schaapskooi Stroothuizen is een recreatieve trekker binnen het projectgebied. De locatie is gelegen aan de Stroothuizerweg en grenst aan natuurgebied Stroothuizen. Naast het bekijken van de schaapskudde kunnen mensen hier meerdere dagen per week terecht om wat te drinken of te eten. Kinderen kunnen het belevenis-pad lopen of spelen op één van de speeltoestellen.

De Klootschietvereniging Beuningen heeft naast een recreatieve functie ook een belangrijke maatschappelijke functie. De klootschietbaan aan de Punthuizerweg is 600 meter lang en wordt intensief gebruikt (figuur 2.18).
De RC modelvliegclub Losser heeft een vergunning om op een landbouwperceel direct ten zuiden van de klootschietbaan te vliegen met hun zweeftoestellen al dan niet uitgerust met elektromotor.
De vakantiewoning van Staatsbosbeheer aan de Holtweg is de enige recreatieve overnachtingsmogelijkheid in het projectgebied.

Figuur 2.18 Klootschietbaan

3. Knelpuntenanalyse

De knelpunten zoals die in de PAS-gebiedsanalyse zijn benoemd en in dit inrichtingsplan verder zijn onderzocht, worden in dit hoofdstuk beschreven. Het gaat hierbij vooral om hydrologische knelpunten die door specifieke inrichtingsmaatregelen, zoals in hoofdstuk 4 beschreven, opgelost moeten worden.

3.1 Hydrologie

3.1.1 Waterhuishouding

Rondom de drie deelgebieden liggen agrarische percelen. Sinds de ruilverkaveling, in de jaren '50 en '60 is de waterhuishouding in het gebied optimaal afgestemd op het landbouwkundig gebruik. Er zijn lokale sloten, hoofdwatergangen en drainagesystemen aangelegd om de waterafvoer te verbeteren. Als gevolg hiervan zijn de grondwaterstanden in Punthuizen, Beuninger Achterveld en Stroothuizen gedaald en is de toevoer van basenrijk grondwater naar grondwaterafhankelijke habitattypen (Blauwgrasland en Zwakgebufferde vennen) afgenomen. Dit heeft effect op meerdere processen in het systeem die leiden tot verdroging en verzuring. De ontwatering vormt zo de basis voor de processen die tot knelpunten leiden. Hieronder worden deze knelpunten toegelicht.

Verdroging en verzuring

Als gevolg van verdroging zijn er kortere perioden met hoge grondwaterstanden, verminderde opbolling van grondwater in de dekzandruggen en zakken de zomergrondwaterstanden dieper weg (lagere drainagebasis). Door het dalen van de zomergrondwaterstanden duurt het langer voordat de maximale opbolling van de grondwaterstand optreedt in het natte seizoen. In de slenken beginnen, onder invloed van een verlaagde drainagebasis, de inundaties later in het seizoen en duren ze korter. Deze inundatie is nodig voor uittreden van basenrijk grondwater op de flanken. Dit heeft als gevolg dat minder basenrijk grondwater uitreedt, waardoor de basenverzadiging vermindert en op lange termijn verzuring kan optreden. Verder neemt op de hogere delen de grondwaterfluctuatie toe. Deze omstandigheden maken dat Pijpenstrootje snel gaat groeien en kan gaan overheersen (vergrassing, zie figuur 3.1). Dit gaat ten koste van de natte heide soorten.

De verminderde invloed van basenrijk grondwater en daling van zomergrondwaterstanden hebben effect op de buffercapaciteit in het gebied. De buffercapaciteit geeft de mate aan waarin een systeem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties. In waterverzadigde bodems vinden processen plaats die buffercapaciteit genereren. Verdroging van natte systemen gaat daarom vaak samen met verzuring.

Daarnaast treedt ook inzijging van basenarm en zuur regenwater op, waardoor basen extra uitspoelen. De stoffen lossen op in het regenwater dat snel wegzakt naar de ondergrond waardoor de stoffen niet beschikbaar komen voor de vegetatie. Verder zorgt de verminderde invloed van basenrijk grondwater ervoor dat er onvoldoende basen vanuit het grondwater naar de bodem worden aangevoerd (KWR, 2017a, bijlage 8). De buffercapaciteit van de bodem raakt daardoor uitgeput, waardoor de pH afneemt en dus verzuring optreedt.

Figuur 3.1 Voorbeeld van vergrassing van natte heide

3.1.2 Eutrofiëring via grondwater

Naast de grondwaterkwantiteit en basenrijkdom van het grondwater, is ook de grondwaterkwaliteit van uittredend grondwater van belang voor grondwaterafhankelijke habitattypen. Daar waar natuurgebieden grenzen aan landbouwpercelen, of het intrekgebied van de grondwaterafhankelijke natuur uit landbouwpercelen bestaat, kan instroom van voedselrijk grondwater plaatsvinden.

Ook te lage grondwaterstanden kunnen leiden tot eutrofiëring in het natuurgebied. Door te lage waterstanden wordt de ammoniak die met atmosferische depositie neerkomt niet door bacteriën in de bodem omgezet naar stikstofgas. In plaats daarvan blijft het beschikbaar in de bodem en treedt vermesting op (KWR, 2017b, bijlage 9).

3.1.3 Knelpunten per deelgebied

Punthuizen

De habitattypen in Punthuizen zijn afhankelijk van het lokale grondwatersysteem. In en rond de grote slenk zijn de grondwaterstanden te laag in relatie tot de ecologische randvoorwaarden van de grondwaterafhankelijke habitattypen (Provincie Overijssel, 2017a; Van Dongen et al., 2017, bijlage 5). De huidige zomergrondwaterstanden zijn een beperking voor het voorkomen van de Zwakgebufferde vennen en de basenrijke vegetaties van het Blauwgrasland. Verder is de inundatieduur van de grote slenk afgenomen, waardoor alleen nog de allerlaagste delen van de slenk binnen de bandbreedte van de ecologische randvoorwaarden vallen (Van Dongen et al, 2017, bijlage 5).

In Punthuizen gaan droge jaren gepaard met verzuring in de slenken. De reden hiervoor is drieledig: (1) het gebied is netto een infiltratiegebied, toestroming van basenrijk grondwater treedt alleen in natte perioden op, (2) toestroming van basenrijk grondwater is afhankelijk van langdurige hoge grondwaterstanden in de winter en het voorjaar, in droge jaren is de toevoer daardoor minder, (3) in de bodem is veel pyriet aanwezig dat in droge zomers wordt omgezet naar sulfide, wat een verzurend effect heeft (zie paragraaf 3.1.2). Na een droge periode zijn dus natte jaren nodig om de basenverzadiging van de bodem weer aan te vullen. Het gebied is daarmee erg weersafhankelijk (Provincie Overijssel, 2017a; Van Dongen et al, 2017, bijlage 5).

Als gevolg van de langdurige perioden van droogte neemt de kwaliteit en omvang van de meest kritische habitattypen af. Maatregelen zijn nodig om de instandhouding te garanderen. Een verhoging van de inundatieduur, de winter- en voorjaarsgrondwaterstanden en ook de laagste grondwaterstanden (zomergrondwaterstanden) is daarvoor noodzakelijk. Daarnaast zijn ook plagwerkzaamheden nodig om in één keer het opgebouwd overschot aan nutriënten uit het systeem te verwijderen. Als de toplaag wordt verwijderd zijn de verstorende grassen en de voedselrijke laag weg en kan de oorspronkelijke vegetatie zich opnieuw ontwikkelen. Voorwaarde hiervoor is dat de hydrologie op orde is.

Beuninger Achterveld

In het Beuninger Achterveld liggen de voorjaarsgrondwaterstand en de zomergrondwaterstand structureel lager dan de gewenste grondwaterstanden voor de aanwezige habitattypen. Op de flanken is de grondwaterstand te laag voor de habitattype Vochtige heiden (H4010A). Hierdoor is dit habitattype in grote delen van het gebied slecht ontwikkeld.
Naast het interne greppelsysteem hebben ook de leggerwaterlopen aan de noordzijde, westzijde en zuidzijde van Beuninger Achterveld een verdrogend effect. Voor het behoud van de habitattype is verhoging van de grondwaterstand noodzakelijk. Daarnaast zijn ook plagwerkzaamheden nodig om in één keer het opgebouwd overschot aan nutriënten uit het systeem te verwijderen. Als de toplaag wordt verwijderd zijn de verstorende grassen en de voedselrijke laag weg en kan de oorspronkelijke vegetatie zich opnieuw ontwikkelen. Voorwaarde hiervoor is dat de hydrologie op orde is.
De daling van de grondwaterstand en eutrofiëring zorgt in het Beuninger Achterveld ook voor het ontstaan van te veel opslag (ongewenste vegetatie zoals berken en grove den). Om de kwaliteit van Vochtige heiden en Droge heiden (H4030) te verbeteren is het nodig dat de (jonge) opslag van grove den, berken en andere boom- of struiksoorten verwijderd wordt.

Stroothuizen

In Stroothuizen zijn de habitattypen voornamelijk afhankelijk van de toestroom van voldoende basenrijk kwelwater. Omdat de toestroom van basenrijk kwelwater onvoldoende is, vindt verzuring en achteruitgang van basenminnende vegetatietypen plaats. Zo is het zeer zwak gebufferde Oortven ook verzuurd. Maatregelen die zorgen voor een toestroom van basenrijk water naar de lagere delen met de habitattypen Zwakgebufferde vennen en Blauwgrasland zijn noodzakelijk voor verbetering van de kwaliteit van deze habitattypen. Het herstellen van de aanvoer van zeer zwakgebufferd water naar het Oortven is daarnaast ook van belang voor het behoud van de kwaliteit van het ven. De bemesting van de landbouwpercelen in het intrekgebied van Stroothuizen zorgen

voor voedselrijk grondwater die eutrofiëring tot gevolg heeft. Dit intrekgebied strekt zich uit tot over de grens naar Duitsland. Om de aanvoer van voedselrijk grondwater te verminderen is terugdringen van bemesting nodig. Daarnaast zijn ook plagwerkzaamheden nodig om in één keer het opgebouwd overschot aan nutriënten uit het systeem te verwijderen. Als de toplaag wordt verwijderd zijn de verstorende grassen en de voedselrijke laag weg en kan de oorspronkelijke vegetatie zich opnieuw ontwikkelen. Voorwaarde hiervoor is dat de hydrologie op orde is.

3.2 Habitattypen: knelpunten en herstel

Deze paragraaf geeft een korte toelichting op de knelpunten per habitattype. Daarna worden mogelijke herstelmaatregelen beschreven, zoals die zijn benoemd in de herstelstrategieën van het betreffende habitattype. In hoofdstuk 4 worden de maatregelen beschreven, zoals die specifiek voor dit gebied zijn uitgewerkt.

H3130 Zwak gebufferde vennen

In de 20e eeuw is het oppervlak en de kwaliteit van het habitattype sterk afgenomen door ontwatering, vermesting en stikstofdepositie. Door struweelvorming en het verdwijnen van de soort waterlobelia in het Oortven is dit habitattype in oppervlakte en in kwaliteit achteruitgegaan tussen 2000 en 2008. Het herstel van Zwak gebufferde vennen richt zich op vernatting en het verbeteren van de kwaliteit van het grondwater (minder verzuurd en vermest). Het herstellen van de hydrologie kan door het dempen of omleggen van ontwaterende, diepe leidingen in het inzijggebied en door de aanvoer van eutroof oppervlaktewater te stoppen (Arts et al. 2014)

H4010A Vochtige heide

In de 20e eeuw is het oppervlak en de kwaliteit van het habitattype sterk afgenomen als gevolg van ontwatering, eutrofiëring, stikstofdepositie en bosvorming. De snelle vergrassing, als gevolg van de vermesting, van het habitattype in Punthuizen zorgt voor een matige kwaliteit van het habitattype. Voor Vochtige heide, habitattype H4010A richten de hydrologische herstelmaatregelen zich op het functioneel herstel. In verdroogde situaties draagt herstel van de waterhuishouding bij aan het behouden of verbeteren van de kwaliteit van Vochtige heide aangezien het habitattype zeer gevoelig is voor verlaging van de grondwaterstand (Beije et al., 2014a). Daarnaast zijn ook plagwerkzaamheden nodig op sterk vergraste delen.

H4030 Droge heide

Een groot knelpunt is een te hoge stikstofdepositie. Als gevolg van eutrofiëring door stikstofdepositie en bosvorming is er veel vergrassing opgetreden. Voor een goede kwaliteit van het habitattype Droge heide zijn uiterst voedselarme omstandigheden noodzakelijk. De herstelstrategie richt zich op het terugdringen van de vermesting door maatregelen te nemen zoals, plaggen, chopperen, maaien en afvoeren, branden en door begrazing. Om de bufferende werking van de bodem te bevorderen wanneer de bodem te verzuurd is geraakt kan worden bekalkt.

H6410 Blauwgrasland

Het oppervlak en de kwaliteit van dit blauwgrasland zijn gedurende de 20e eeuw sterk afgenomen door ontwatering, eutrofiëring door stikstofdepositie en bosvorming.
De herstelstrategie voor blauwgrasland is gericht op verbetering van de waterhuishouding. Blauwgrasland zal zich ontwikkelen bij voldoende schoon kwelwater (Aggenbach et al. 2009).

Door drainerende sloten wordt basenrijke kwel afgevangen waardoor sprake is van meer verzuring. Herstel van de waterhuishouding leidt tot nattere omstandigheden en daarmee tot een toename van de denitrificatie (omzetten van stikstofoxide naar stikstof gas) waardoor de neergeslagen stikstof verdwijnt naar de atmosfeer en niet meer voor vegetatie beschikbaar is.

H7150 Pioniervegetaties met snavelbiezen

In Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld zijn de lage zomergrondwaterstanden en versnippering van de huidige voorkomens de belangrijkste knelpunten. Dit is het gevolg van ontwatering en eutrofiëring door stikstofdepositie en bosvorming.
De herstelstrategie voor Pioniervegetaties met snavelbiezen is het plaggen in de nattere delen van vochtige heiden.

3.3 Conclusie

Door lagere grondwaterstanden en een verminderde toevoer van basenrijk grondwater is de kwaliteit en omvang van de grondwaterafhankelijke habitattypen afgenomen. Om achteruitgang te stoppen en behoud van de habitattypen te borgen zijn ingrepen in de waterhuishouding nodig (grondwaterkwantiteit en kwaliteit). De (externe) maatregelen zoals deze rondom de natuurgebieden nodig zijn worden in hoofdstuk 5 onderbouwd en uitgewerkt.

Hieronder worden de belangrijkste knelpunten samengevat.

1. Verdroging van de natuurgebieden door grondwaterstandsverlaging als gevolg van een versnelde waterafvoer en diepere ontwatering van het omringende landbouwgebied (sloten, drainage);
2. Verzuring van kwelafhankelijke vegetatietypen door het wegvallen van of verminderen van de toevoer van basenrijk grondwater;
3. Vermesting van de natuurgebieden omdat meststoffen vanuit de omliggende percelen via grondwater en oppervlaktewater het gebied instroomt;
4. Verstoring van oorspronkelijk aanwezige oppervlakkig afvoer van grond- en regenwater over maaiveld (slenkenstructuur) door dichtschuiven van laagtes en het doorkruisen van de slenken met sloten. Hierdoor is de ontwateringsbasis verlaagd, wordt kwelwater afgevangen en wordt water versneld afgevoerd uit het gebied.

4. Inrichtingsmaatregelen

In het voorgaande hoofdstuk is beschreven dat het huidige watersysteem niet voldoet aan de ecologische vereisten van de habitattypen die voorkomen in Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld. In dit hoofdstuk worden alle maatregelen zoals nodig zijn om de natuurdoelen te bereiken beschreven en onderbouwd.

4.1 Inrichtingsmaatregelen uitwerkingsgebied Natura 2000

De maatregelen zoals deze zijn opgenomen in dit inrichtingsplan moeten leiden tot hydrologisch herstel. Dat wordt bereikt door het:

- Verhogen grondwaterstanden in winter-, voorjaars- en zomerperiode
- Verlengen van de inundatieduur in vennen en laagtes
- Vergroten van de invloed van kwel (basenrijk grondwater)
- Verbeteren van opbolling van grondwater in de dekzandruggen
- Verbeteren van de grondwaterkwaliteit

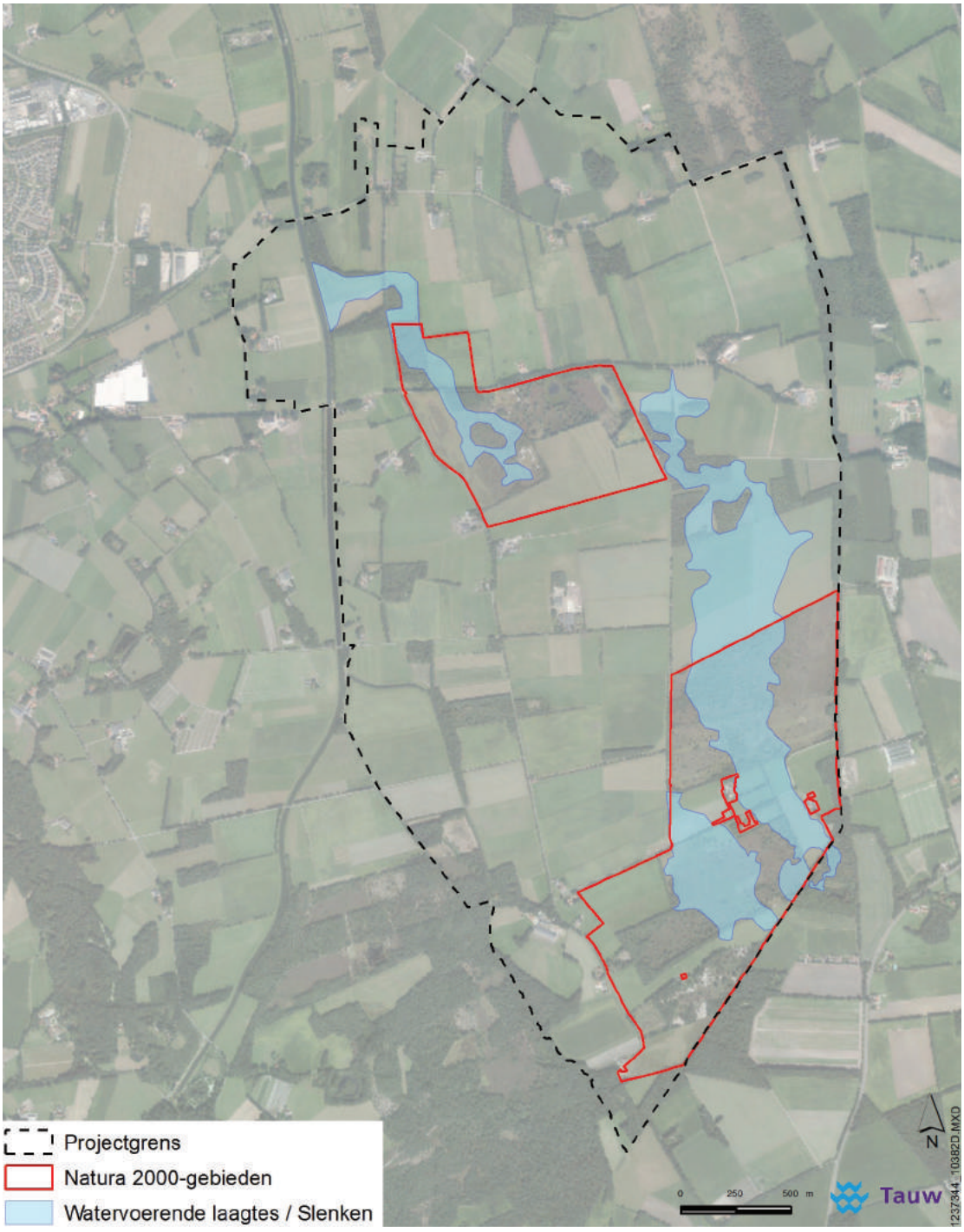
Bij het hydrologisch herstel wordt onderscheid gemaakt in systeemherstel (paragraaf 4.1.1) en maatregelen die zich richten op het lokaal functioneren van het watersysteem (paragraaf 4.1.2).

4.1.1 Herstel slenkenstructuur (systeemherstel)

De drie kerngebieden hebben van oorsprong ieder een overstromingslaagte met een natuurlijk verloop (slenken), zie figuur 4.1. Voornamelijk in de winter en het voorjaar komt in de laagtes water te staan dat over het maaiveld wordt afgevoerd. In Punthuizen en Beuninger Achterveld vult de laagte zich met regenwater en basenrijk grondwater. In Stroothuizen komt zowel jong basenarm grondwater uit lokale systemen op maaiveld boven als basenrijk dieper grondwater uit het regionale systeem. In de ecologische onderbouwing (Van Dongen et al. 2017, bijlage 5) wordt de systeemwerking van de slenken meer in detail beschreven.

De ligging van de te herstellen slenken is bepaald aan de hand van de huidige maaiveldhoogte in combinatie met de bodemtypekaart en historische kaarten (zie kaarten 2.1, 2.2 en 2.3). Tijdens de ruilverkaveling Denekamperveld zijn laagtes dichtgeschoven om de percelen beter bruikbaar te maken. Om de slenken te herstellen worden het oorspronkelijk reliëf van deze laagtes hersteld. De definitieve ligging van de slenken nog moet nader worden bepaald met behulp van bodem-profielenonderzoek. Op de maatregelenkaart worden de percelen waar werkzaamheden nodig zijn om het reliëf te herstellen gearceerd weergegeven (zie figuur 4.8).

Bij de nadere uitwerking wordt het herstellen van de slenkenstructuur als geheel bekeken. De aansluiting van de bestaande laagten in de natuurgebieden is hierbij een belangrijk aandachtspunt.



Figuur 4.1 Slenkenstructuur

4.1.2 Dempen of verondiepen lokale ontwatering

Naast het herstellen van de slenkstructuur zijn ook maatregelen noodzakelijk in het slotenstelsel in en in de directe omgeving van de natuurgebieden. Zoals in hoofdstuk 3 is beschreven heeft het huidige watersysteem een nadelig effect op de natuurwaarden in Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld. In figuur 4.2 is aangegeven waar deze maatregelen worden genomen. De inrichtings- en beheermaatregelen in de bestaande natuurgebieden en de relatie met de externe maatregelen wordt in paragraaf 4.2 nader toegelicht.

In het uitwerkingsgebied Natura 2000 wordt de lokale ontwatering (sloten, greppels en drainage) veelal gedempt. Daarnaast vinden maatregelen plaats aan de leggerwatergangen in het gebied. Deze worden deels verondiept, deels gedempt en de leggerwatergang aan de oostzijde van de Punthuizerweg wordt geïsoleerd. Uit de toetsing aan de provinciale beschermingsnormen voor wateroverlast (NBW -toetsing) (Tauw, 2017b, bijlage 10) blijkt namelijk dat op het moment deze leggerwatergang wordt verondiept de afvoer- en bergingscapaciteit langs de Punthuizerweg onvoldoende zal zijn en niet aan de beschermingsnorm wordt voldaan. Het hydrologisch isoleren van de watergang zorgt ervoor dat de drainagewerking van de watergang bijna verdwijnt, zonder dat dit ten koste gaat van de waterafvoer. Doordat de drainagewerking verdwijnt, heeft de watergang ook geen effect meer op de grondwaterstand in de natuurgebieden.

Er zijn verschillende materialen om de watergang te isoleren, zoals: leem, klei of beton. Van belang is om het materiaal dieper aan te leggen dan het huidige profiel, om het risico op beschadiging tijdens het beheer en onderhoud te verminderen. In het definitief ontwerp wordt dit nader uitgewerkt.

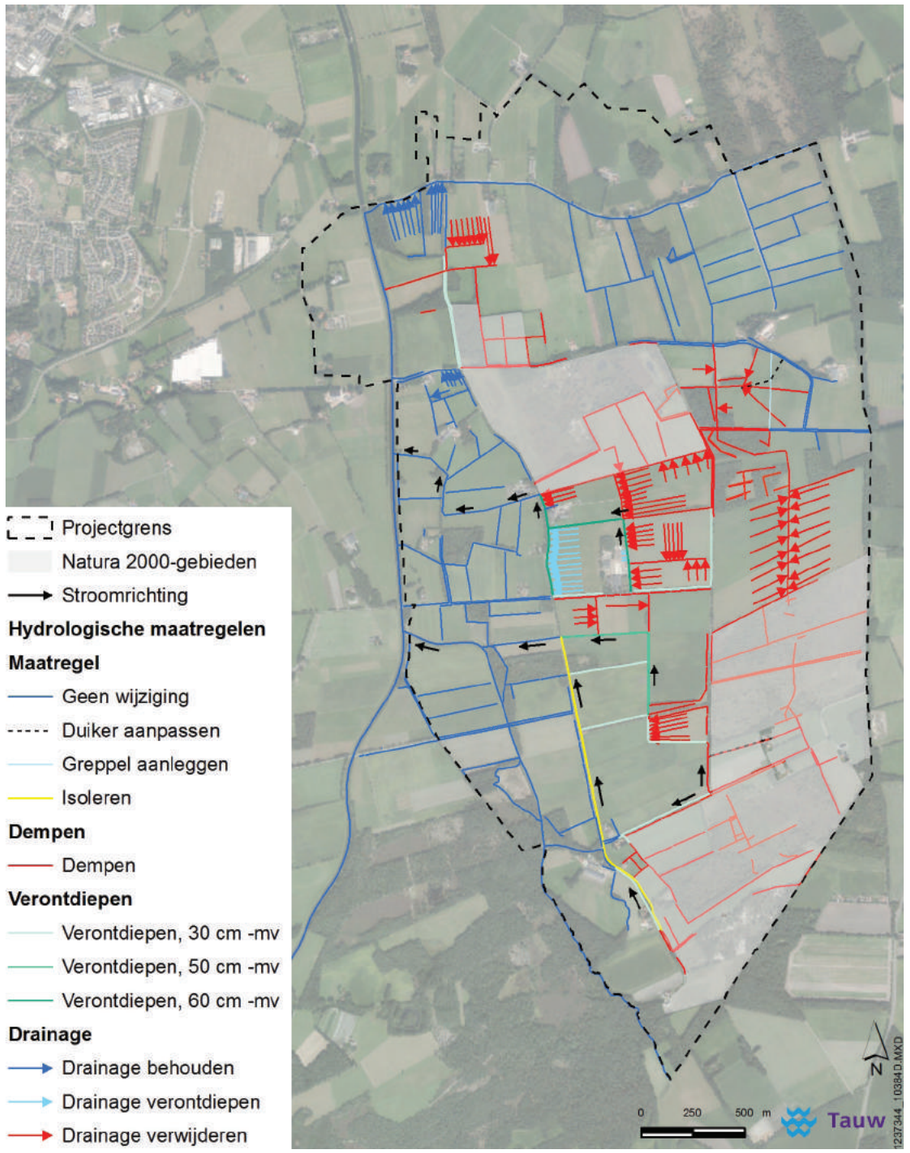
Het doel van de maatregelen is het verbeteren van de toestroom van grondwater in de natuurgebieden. Door het verwijderen van ontwatering vindt een toename van opbolling in de dekzandruggen plaats. Hierdoor wordt het lokale grondwatersysteem versterkt en wordt de toestroming van grondwater naar de laagtes en flanken in de natuurgebieden versterkt. Daarnaast zorgen de maatregelen voor:

- Een verhoging van de zomer-, winter- en voorjaarsgrondwaterstanden in de natuurgebieden;
- Een verlenging van de inundatieduur van de vennen in de natuurgebieden;
- En een verhoging van het inundatieniveau van de vennen in de natuurgebieden.

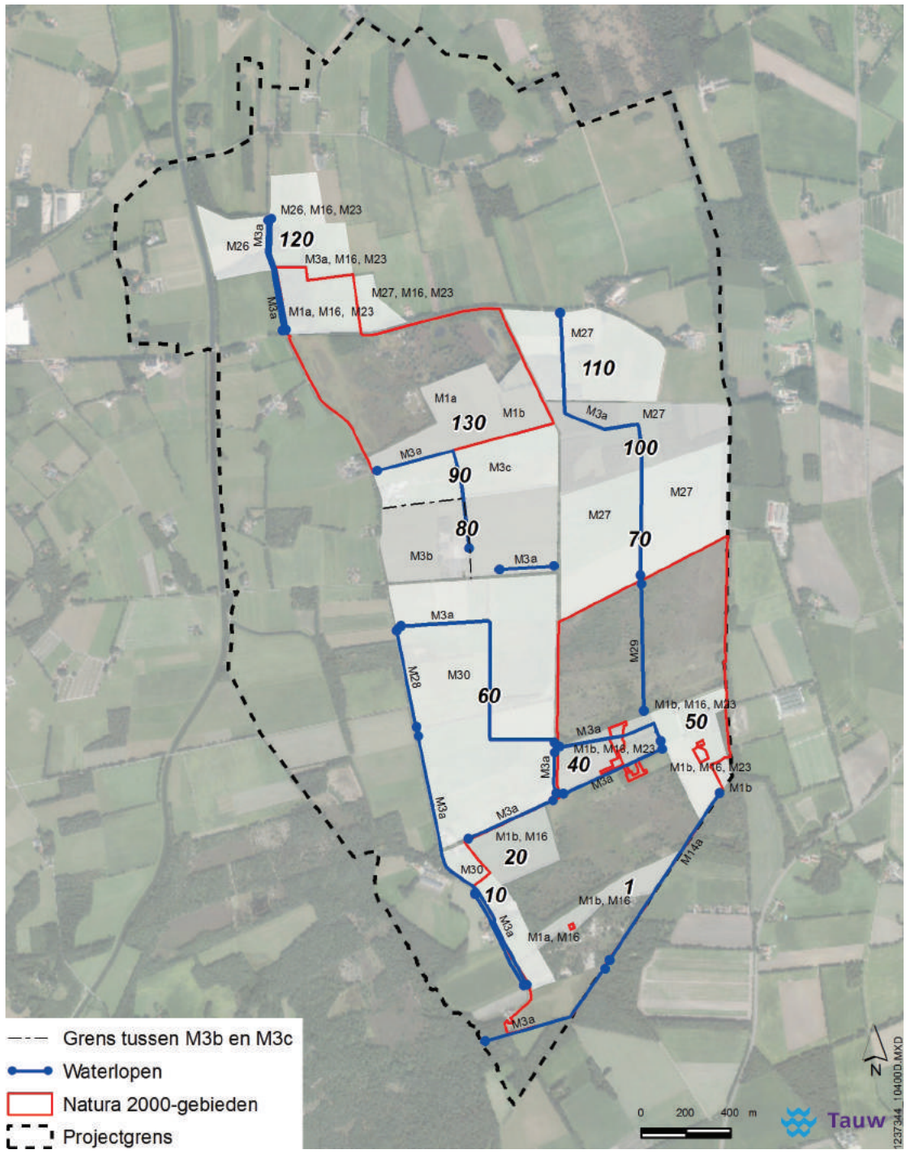
Om deze effecten te bereiken hoeft niet alle ontwatering in de omgeving gedempt te worden. Ook voor de natuurwaarden is het van belang dat er afwatering mogelijk blijft. Een uitgebreide beschrijving van de uitwerking van de hydrologische maatregelen en het effect op de natuurwaarden is opgenomen in bijlage 5 (Van Dongen et al., 2017).

Het inrichtingsplan voorziet niet in het beperken van beregening van landbouwpercelen. De provincie Overijssel werkt momenteel beleid uit met betrekking tot grondwaterontrekkingen in het landelijk gebied rondom alle Natura 2000 gebieden.

In tabel 4.1 wordt per maatregel aangegeven wat de maatregel exact inhoudt en wat het doel van de maatregel is. Het effect van de maatregelen wordt beschreven in hoofdstuk 5.



Figuur 4.2 Hydrologische maatregelen in uitwerkingsgebied Ontwikkelopgave Natura 2000



Figuur 4.3 Zonering van de maatregelen

In figuur 4.3 zijn meer maatregelen opgenomen dan in onderstaande tabel 4.1 zijn toegelicht. Dit heeft als reden dat in tabel 4.1 alleen de hydrologische maatregelen zijn opgenomen. De overige maatregelen, zoals maatregelen met betrekking tot bemesting of het herstel van reliëf, komen in paragraaf 4.1.3 en 4.2 aan de orde.

Tabel 4.1 Overzicht hydrologische maatregelen (met maatregelnummers uit gebiedsanalyse) en doel. De volledige maatregeltabel, inclusief relatie met de gebiedsanalyse (M-nummers) is opgenomen in bijlage 3.

Zone	Maatregelnr.	Maatregel	Doel van de maatregel
1	M1b, M14a	Dempen sloten ten zuiden van Punthuizen	Maatregelen dragen bij aan opbolling van het grondwater in dekzandruggen en daarmee de toestroom van lokaal grondwater naar de laagte en flanken in Punthuizen.
10	M30, M1a	Dempen sloten ten westen van Punthuizen	Maatregelen dragen bij aan opbolling van grondwater in de dekzandruggen aan de westzijde van Punthuizen. Dit is nodig voor kwaliteitsverbetering van natte heide, blauwgrasland en zwakgebufferd ven in Punthuizen.
	M3a	Isoleren leggerwatergang Punthuizerweg / verondiepen bermsloot westzijde Punthuizerweg tot 30 cm – mv / dempen zuidelijke bermsloot Holtweg	
20	M1b	Dempen en verondiepen (tot 30 cm – mv) van sloten ten noordwesten van Punthuizen	Maatregelen dragen bij aan opbolling van het grondwater in de westelijke dekzandrug en daarmee de toestroom van lokaal grondwater naar de laagte en flanken in Punthuizen.
40	M1b, M3a	Dempen sloten	Maatregelen dragen bij aan opbolling van het grondwater en daarmee de toestroom van lokaal grondwater naar de laagte en flanken in Punthuizen en Beuninger Achterveld.
50	M1b	Dempen sloten	Maatregelen dragen bij aan opbolling van het grondwater in de dekzandruggen van Punthuizen en het Beuninger Achterveld en vermindering ontwatering van de oostelijke laagte in Punthuizen waar zich grondwaterafhankelijke habitattypen bevinden, o.a. vochtige heide
60	M30	Dempen sloten en verwijderen drainage	Maatregelen zorgen voor een toename van toestroming van grondwater richting Stroothuizen. Verder dragen maatregelen bij aan opbolling van het grondwater in de dekzandruggen van Punthuizen en Beuninger Achterveld (verhoging
	M3a, M28	Hydrologisch isoleren leggerwatergang langs Punthuizerweg	
	M3a	Verondiepen leggerwatergang (oplopend van 30 cm- mv naar 50 cm - mv)	
70	M27	Dempen sloten en verwijderen drainage	Maatregelen zorgen voor een toename van toestroming van grondwater richting Stroothuizen. Verder dragen maatregelen bij aan opbolling van grondwater in de dekzandruggen van Beuninger Achterveld (verhoging grondwaterstand in voorjaar en winter)
	M3a	Dempen leggerwatergang	

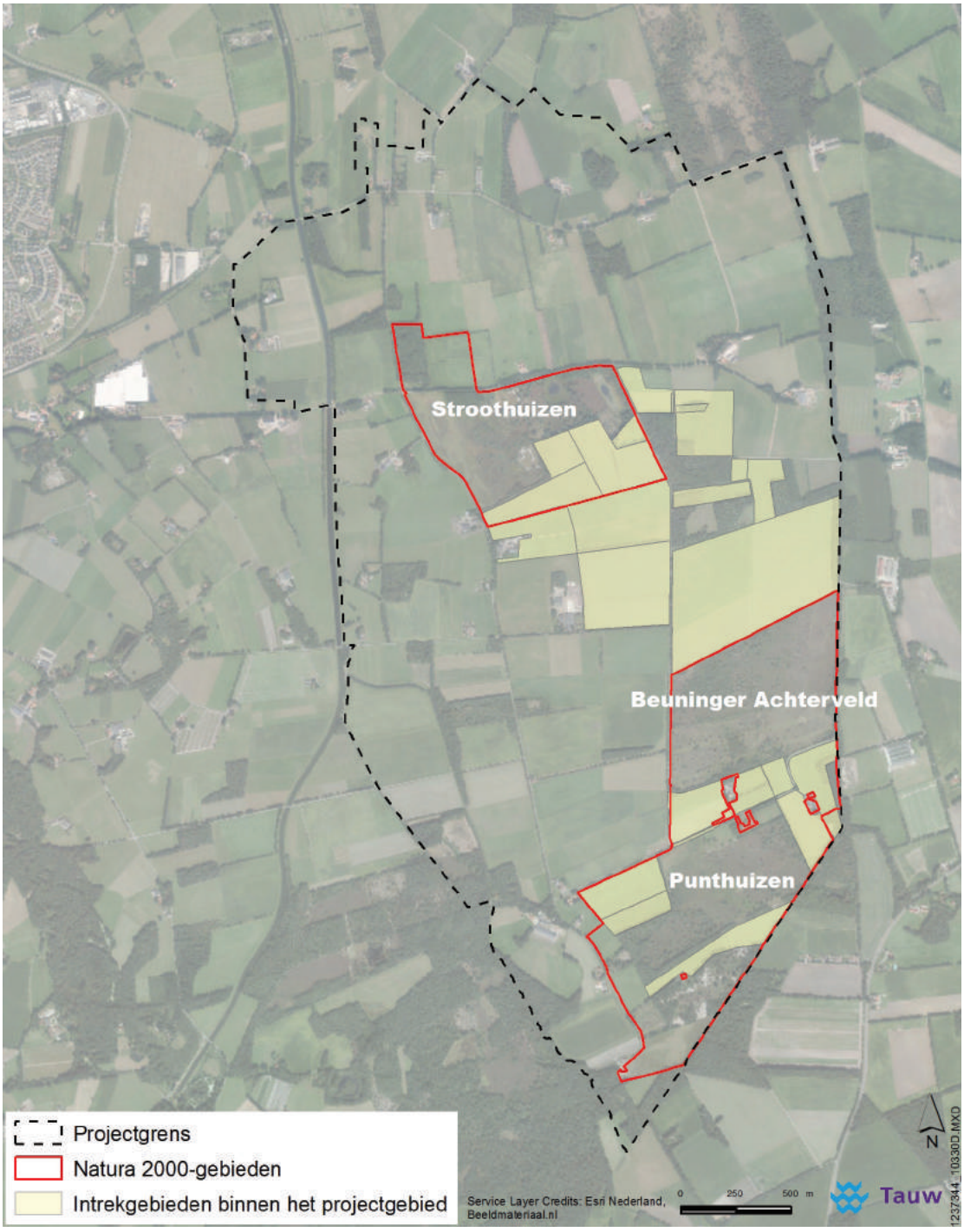
80	M3c	Dempen sloten en verwijderen drainage oostelijk perceel	Maatregelen zorgen voor een toename van grondwater richting Stroothuizen. De opbolling in de dekzandruggen wordt vergroot en daarmee de toestroom van lokaal grondwater naar de laagte en flanken in Stroothuizen. Verder dragen maatregelen bij aan verhoging grondwaterstand in voorjaar en winter in Beuninger Achterveld
	M3a	Verondiepen bermsloten variërend van 30 cm –mv tot 60 cm –mv en verondiepen leggerwatergang tot 60 cm -mv	
	M3b	Verondiepen drainage westzijde 60 cm -mv	
90	M3c	Dempen sloten en verwijderen drainage ten zuiden van Stroothuizen	Maatregelen zorgen voor een toename van grondwater richting Stroothuizen. De opbolling in de dekzandruggen wordt vergroot en daarmee de toestroom van lokaal grondwater naar zowel de laagte en flanken als de vennen in Stroothuizen. Verder dragen maatregelen bij aan verhoging grondwaterstand in voorjaar en winter in Beuninger Achterveld
	M3a	Dempen leggerwatergang en verondiepen bermsloot langs Punthuizerweg 60 cm -mv	
100	M27	Dempen sloten ten noorden van Strengeveld	Maatregelen dragen bij aan opbolling van het grondwater in dekzandruggen in Stroothuizen en daarmee de toestroom van lokaal grondwater naar de laagte en flanken in Stroothuizen.
	M3a	Dempen leggerwatergang ten noorden van Strengeveld	
110	M27	Dempen sloten en verwijderen drainage ten oosten van Stroohuizen	Maatregelen dragen bij aan opbolling van het grondwater in dekzandruggen in Stroothuizen en daarmee de toestroom van lokaal grondwater naar de laagte en flanken in Stroothuizen.
	M3a	Dempen leggerwatergang ten oosten van Stroothuizen	
120	M1a, m3a, M27, M26	Dempen sloten en verwijderen drainage ten noorden van Stroothuizen	Het dempen van de sloten zorgt voor grote opbolling in de dekzandruggen en versterkt daarmee de toestroom van lokaal Stroothuizen
	M3a	Verontdiepen bermsloten te noorden van Stroothuizen 30 cm - mv	
130	M1a, M1b	Dempen sloten ten zuiden van Stroothuizen	Het dempen van de sloten zorgt voor grote opbolling in de dekzandruggen en versterkt daarmee de toestroom van lokaal grondwater naar de laagte en flanken in Stroothuizen.

4.1.3 Terugdringen bemesting

Naast ingrijpen in het grondwatersysteem is ook het verbeteren van de grondwaterkwaliteit van belang voor duurzame instandhouding van de habitattypen. Aan de hand van stroombaan-berekeningen en isohypsenpatronen (Tauw, 2017a. bijlage 7) zijn de intrekgebieden (die gebieden waar het grondwater in de bodem zakt om vervolgens elders weer naar boven gedrukt te worden) van Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld binnen het projectgebied bepaald, zie figuur 4.4. Dit zijn niet de volledige intrekgebieden van de natuurgebieden, voor alle drie de deel-gebieden ligt het intrekgebied deels ook in Duitsland.

Daarna is de vermestingstoestand in de natuurgebieden geanalyseerd aan de hand van het grond-waterkwaliteitsonderzoek dat KWR heeft uitgevoerd (KWR, 2017b, bijlage 9). Hieruit is gebleken dat de vermestingstoestand in Stroothuizen onvoldoende is voor een duurzame instandhouding van de habitattypen omdat de bemesting zorgt voor uitspoeling van stoffen in het grondwater (Van Dongen et al. 2017, bijlage 5).

Verder is de mate van gevoeligheid voor uitspoeling van deze percelen bepaald met behulp van de Handreiking Bemesting (Moning & Siebinga, 2016 en Groenendijk, 2016) en het grondwater-kwaliteitsonderzoek van KWR (KWR, 2017b, bijlage 9). Uitgangspunt daarbij is dat op uitspoelings-gevoelige gronden die onderdeel uitmaken van het lokale grondwatersysteem en die locaties met grondwaterafhankelijke habitattypen voeden, in de toekomstige situatie geen reguliere bemesting meer plaatsvindt (Van Dongen et al, 2017, bijlage 5). Vanwege de combinatie hydrologische maatregelen en stoppen reguliere bemesting is er geen perspectief meer op regulier agrarisch gebruik van deze percelen. In het Provinciaal Inpassingsplan (PIP) zijn deze percelen opgenomen als natuur. Hier wordt gekozen voor een beheervorm die ten goede komt aan het natuurdoeltype dat zich op deze percelen kan ontwikkelen. In figuur 4.7 (paragraaf 4.3) zijn de natuurpotenties van deze percelen ingevuld en wordt het overgangsbeheer beschreven. In hoofdstuk 6 wordt het toekomstig eindbeheer voor de verschillende natuurdoeltypen nader toegelicht.



Figuur 4.4 Intrekgebieden van Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld binnen projectgebied

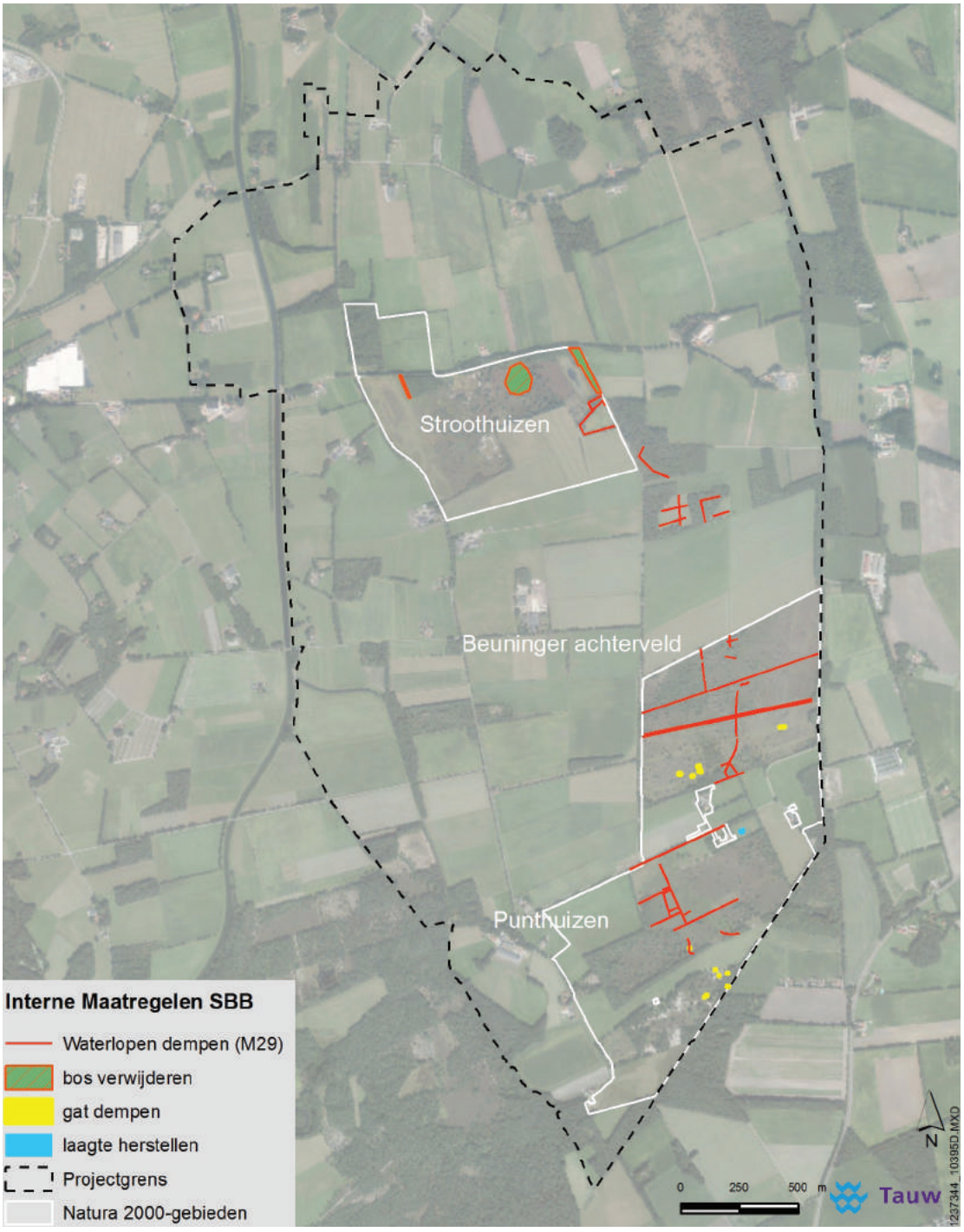
4.2 Inrichtings- en beheermaatregelen in de bestaande natuurgebieden

Deze paragraaf beschrijft de maatregelen die in de bestaande natuurgebieden worden uitgevoerd. In de uitwerking van deze maatregelen is zorgvuldige afstemming geweest tussen de interne en externe maatregelen om er zeker van te zijn dat deze elkaar niet negatief beïnvloeden. Voor zowel de interne als externe maatregelen zijn dezelfde hydroloog en ecoloog betrokken geweest. Binnen de interne maatregelen is onderscheid gemaakt tussen inrichtingsmaatregelen en beheers-maatregelen.

4.2.1 Inrichtingsmaatregelen

In de natuurgebieden Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld bevindt zich een aantal greppels die de lokale hydrologie dusdanig verstoren dat het gebied nog verder zou verdrogen als de greppels niet worden gedempt. In het Beuninger Achterveld worden greppels gedempt over een totale lengte van 3,25 km (maatregel M29 uit de gebiedsanalyse). Deze ingreep wordt gedaan ten behoeve van habitattype vochtige heide (H4010A). De huidige wallen langs het wandelpad door het Beuninger Achterveld worden afgegraven waarbij de vrijkomende grond gebruikt kan worden voor het dempen van de greppels. Ook in Stroothuizen (0,45 km) en Punthuizen (1,31 km) worden greppels gedempt.

Aanvullend op het dempen van de greppels worden in het Beuninger Achterveld en Punthuizen ook bomkraters en zandafgravingen gedempt. De kraters en afgraving van circa 3 meter diep verstoren namelijk de lokale hydrologie. Door het dempen wordt lokale verdroging van de heide tegengegaan. Daarnaast zal de dam aan de noordrand van het Beuninger Achterveld verwijderd worden om de werking van de te herstellen slenk tussen het Beuninger Achterveld en het Strengeveld mogelijk te maken. De inrichtingsmaatregelen zijn in figuur 4.5 weergegeven.



Figuur 4.5 Interne inrichtingmaatregelen in Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

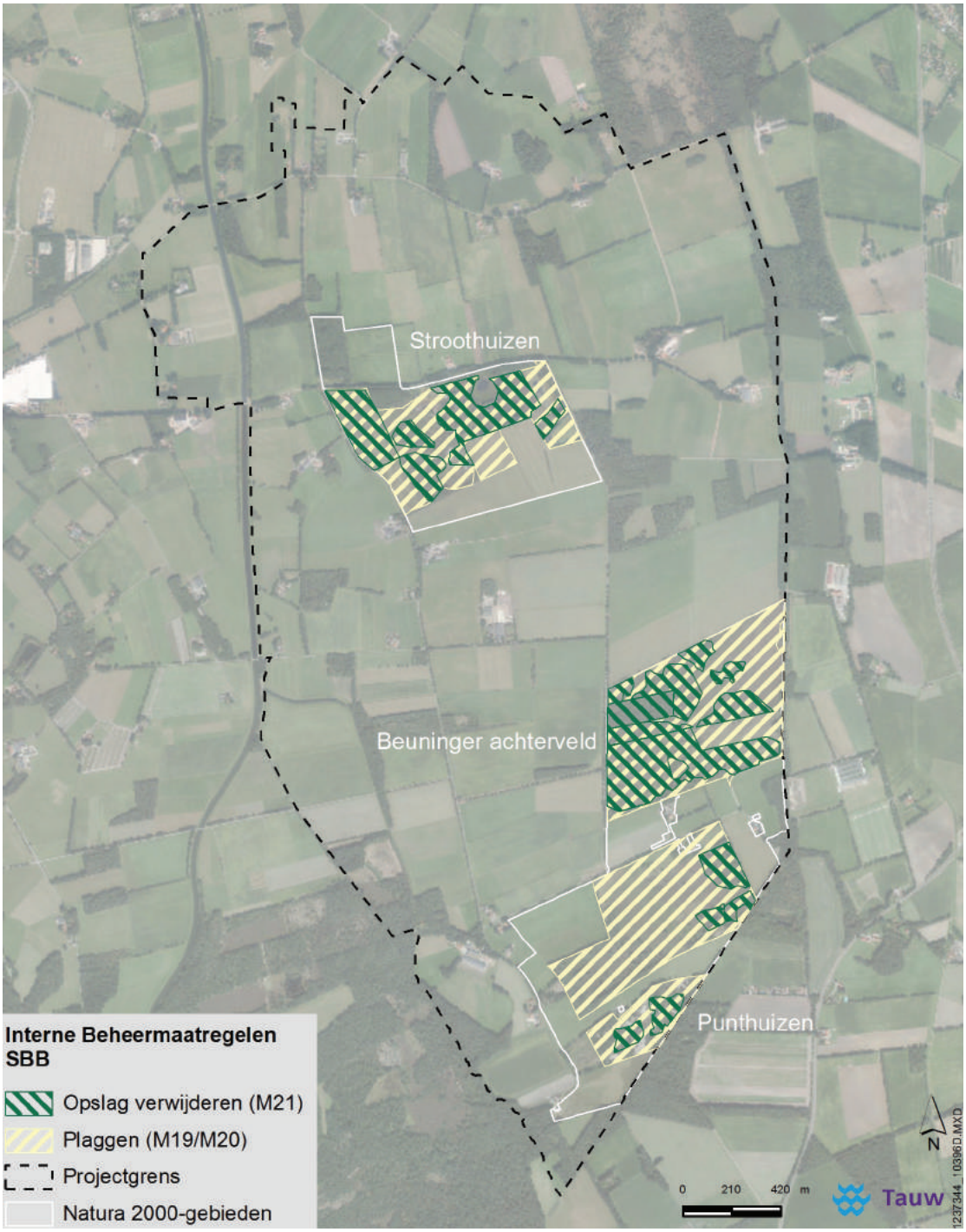
4.2.2 Beheermaatregelen

Om het overschot aan nutriënten uit de toplaag van de bodem te halen wordt er geplagd (maatregel M19 en M20 uit de gebiedsanalyse). Op de delen in Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld waar deze maatregel wordt ingezet bevinden zich de volgende habitattypen:

- H7150 pioniervegetaties met snavelbiezen (1,08 ha)
- H6239 heischrale graslanden (0,45 ha)
- H4010A vochtige heide (18,5 ha)
- H6230 heischrale graslanden (0,45ha)
- H4030 droge heiden (41,63 ha).

De ondergrond is vaak nog relatief schraal bestaande uit voedselarm zand. Hierop kan de oorspronkelijke vegetatie zich opnieuw ontwikkelen. Binnen Punthuizen en Stroothuizen wordt er binnen de vochtige habitattypen circa 10 ha geplagd (maatregel M19 in de gebiedsanalyse). Binnen het Beuninger Achterveld dienen de bestaande pijpestrohorsten gechopperd te worden. Het gaat hier om een oppervlakte van circa 7 ha (maatregel M20 in de gebiedsanalyse). Voordat er gestart wordt met plaggen/chopperen, moet eerst de hydrologie op orde zijn door middel van het dempen en verondiepen van greppels en watergangen binnen en buiten de natuurgebieden. Vlak voordat het grondwaterpeil omhoog komt, moet er worden geplagd/gechopperd. Dit laat zien dat er een nauwe samenhang is tussen de interne en externe maatregelen.

Als aanvulling op het plaggen wordt ongewenste vegetatie verwijderd (berken en grove den). Deze maatregel wordt uitgevoerd ten behoeve van habitattype H4010A vochtige heide (18,5 ha) en H4030 droge heide (41,63 ha). Dit is maatregel M21 uit de gebiedsanalyse. In totaal wordt er binnen de drie deelgebieden circa 36 ha opslag verwijderd. Een teveel aan vegetatie leidt tot ontwatering en grondwaterstanddaling waardoor het gebied verdroogt. Daarnaast wordt de openheid van heidelandschap hersteld door bomen te verwijderen. Het vrijmaken van bosopslag is tevens een voorbereidende maatregel voor de plagwerkzaamheden. Om hergroei via zaailingen te voorkomen is het noodzakelijk de berken over een groot stuk te verwijderen en nabeweiding toe te passen. In de gebiedsanalyse is ook maatregel M22 genoemd. Dit betreft het eenmalig plaggen van het lage deel van de slenk in Stroothuizen ten behoeve van habitattype H6410 blauwgrasland (5,44 ha). Deze maatregel wordt echter pas in de tweede PAS-periode uitgevoerd omdat eerst de hydrologische situatie binnen Stroothuizen hersteld moet zijn. Het gaat hier vooral om herstel basenverzadiging door toename kwel. Middels het PAS proces monitoringsplan wordt deze basenverzadiging in de komende periode in beeld gebracht.
In figuur 4.6 zijn de beheermaatregelen weergegeven. De maatregelen en gekozen oppervlaktes zijn gebaseerd op veldbezoeken van Staatsbosbeheer aan het projectgebied en beschreven in het document Voorstel uit te voeren Interne PAS maatregelen Dinkelland (Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld) (zie bijlage 11).

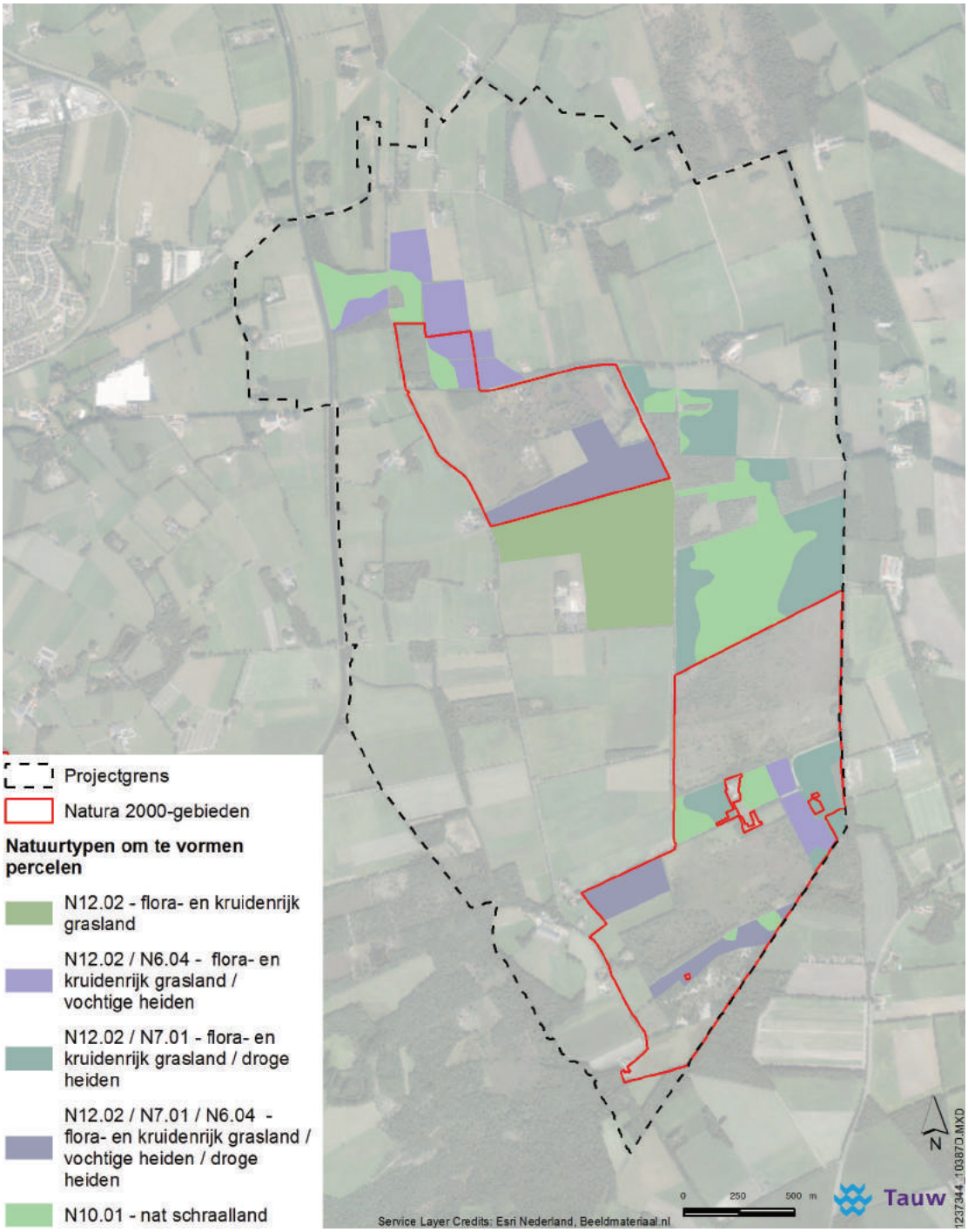


Figuur 4.6 Interne beheermaatregelen in Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

4.3 Overgangsbeheer op voormalige landbouwpercelen

Percelen zonder (regulier) landbouwkundig perspectief worden, in overleg met de eigenaar, omgevormd naar natuur. Het betreft de gronden die door vernatting ongeschikt worden voor regulier landbouwkundig gebruik en/of gronden waar bemesting wordt beëindigd, zie paragraaf 5.4. Op basis van veldbezoeken en historische veldverslagen uit het archief van Staatsbosbeheer wordt in figuur 4.7 de potentie van deze voormalige landbouwpercelen voor natuurdoeltypen weergegeven.

Op voormalige landbouwpercelen is overgangsbeheer nodig om te het natuurdoeltype te realiseren. Op basis van een nog uit te voeren bodemkwaliteitsonderzoek (naar nutriënten en profielopbouw) zal een concrete uitwerking van dit beheer op perceels- en gebiedsniveau plaatsvinden.



Figuur 4.7 Potentiekaart natuurtypen van om te vormen percelen

Een belangrijk onderdeel van de herinrichting is het herstel van de slenkenstructuur, waardoor grondwaterstromingen en –standen, maar ook inundatie en afvoer van oppervlaktewater een meer natuurlijk verloop krijgen. De slenken zijn van nature voedselarm tot matig voedselarm. De 'begraven' slenken aan de zuidzijde en noordzijde Punthuizen, de zuidzijde en noordzijde Beuninger Achterheide en noordzijde Stroothuizen zijn in gangbaar agrarisch gebruik. De eerste stap is herstel van de voedselarme tot matig voedselarme uitgangssituatie door uitmijnen. Hierbij is het doel om met de aanwezige hoogproductieve grassen of in geval van akker met granen zoveel mogelijk beschikbaar fosfaat aan de bodem te onttrekken. De belangrijkste plantenvoedende stoffen stikstof, fosfaat, kali en eventueel zwavel dienen daarbij zoveel mogelijk in balans te zijn, zodat het gewas optimaal kan groeien en daarbij de vrij beschikbare voedingsstoffen kan opnemen. Het is goed om dat op basis van periodiek onderzoek naar de bodemvruchtbaarheid te actualiseren. In de regel is een aanvulling van kali voldoende. Door spontane vestiging of eventueel inzaai van vlinderbloemigen – klavers wordt in stikstof voorzien. Wanneer de beschikbare fosfaat opgesoupeerd is, kan worden overgestapt op een verschralingsbeheer (maaien en afvoeren). Bij dicht geschoven laagten is het vervolgens noodzakelijk om de opgebrachte grond te ontgraven, waardoor de slenkenstructuur hersteld wordt. Om de natuurlijkheid van de waterhuishouding te herstellen dienen gelijktijdig buisdrains verwijderd, greppels gedempt en sloten tot het nieuwe maaiveld verondiept te worden. Door vernatting komt opnieuw fosfaat beschikbaar en zal het verschralings-beheer geïntensiveerd moeten worden. Na ontgraving ontstaat een kiembed voor kruidachtige en houtachtige gewassen. De gewenste vegetatietypen bestaan uit kruidachtige vegetaties passend in het open heidelandschap en de daarin aanwezige Natura 2000 doelen. Verbossing met houtige gewassen moet dan worden voorkomen door extra maaibeurten. Dit valt deels samen met de extra maaibeurt(en) in verband met grotere beschikbaarheid van fosfaat door vernatting.

De hoger gelegen dekzandruggen zijn eveneens in gangbaar agrarisch gebruik. Deze gronden zijn van nature voedselarm en hebben een belangrijke rol in het hydrologisch functioneren van de lokale gradiënten van dekzandruggen naar slenken. De eerste stap is herstel van de voedselarme uitgangssituatie door uitmijnen. Hierbij is het doel om met de aanwezige hoogproductieve grassen of in geval van akker met granen zoveel mogelijk beschikbaar fosfaat te onttrekken. De belangrijkste plantenvoedende stoffen stikstof, fosfaat, kali en eventueel zwavel dienen daarbij zoveel mogelijk in balans te zijn, zodat het gewas optimaal kan groeien en daarbij de vrij beschikbare voedingsstoffen kan opnemen. Het is goed om dat op basis van periodiek onderzoek naar de bodemvruchtbaarheid te actualiseren. In de regel is een aanvulling van kali voldoende. Door spontane vestiging of eventueel inzaai van vlinderbloemigen – klavers wordt in stikstof voorzien. Wanneer de beschikbare fosfaat opgesoupeerd is, kan worden overgestapt op een verschralingsbeheer (maaien en afvoeren en (na)weiden). De ontwikkeling naar een vegetatie gedomineerd door Struikheide en of Dopheide zal mogelijk enkele decennia op zich laten wachten. Een heidelandschap met elementen van droog grasland, heischraalgrasland en heide is vanuit faunistisch oogpunt een winstpunt ten opzichte van de huidige droge en vochtige heiden met zeer weinig nectarplanten.

Met het overgangsbeheer wordt beoogd om via de weg van de geleidelijkheid voedselrijkdom en hydrologische condities op orde te krijgen met als doel om de samenhangen van dekzandruggen en slenken te herstellen. De eerste stap voor zowel hoog als laag gelegen percelen is verschralen van de bodem en de tweede stap is het vernatten en het herstellen van de slenkenstructuur.

4.4 Meekoppelkansen

4.4.1 Recreatie

Het gebiedsproces om te komen tot de duurzame instandhouding van de Natura 2000-gebieden biedt meekoppelkansen om de toegankelijkheid en bereikbaarheid van de natuurclusters en de omgeving te verbeteren. Staatsbosbeheer ziet hiervoor mogelijkheden in zowel Stroothuizen als Punthuizen. Gedacht wordt aan het openstellen van de natuurgebieden voor wandelaars, waarbij in de routering rekening wordt gehouden met de meest gevoelige natuur, zodat recreatief openstellen niet leidt tot schade aan de natuur. De Schaapskooi Stroothuizen kan daarbij als recreatieve uitvalsbasis functioneren, zowel als horecagelegenheid als voor de parkeergelegenheid. Daarnaast zijn er eventueel mogelijkheden op het gebied van voorlichting en educatie door Staatsbosbeheer in de Schaapskooi. De recreatieve ontsluiting van de natuurgebieden en de mogelijke functie van de Schaapskooi daarin worden in de uitvoeringsfase uitgewerkt. Ook vanuit Natuurhistorisch museum Natura-Docet in Denekamp zijn er initiatieven om de natuurgebieden op te nemen in een natuureducatieprogramma.

In het eindbeeld behorende bij dit inrichtingsplan (zie figuur 4.12) is een indicatieve routering van de wandelpaden door de natuurgebieden opgenomen. Bij de definitieve uitwerking van deze recreatieve ontsluiting zal ook afstemming gezocht worden met de eigenaren van gronden in de directe omgeving. Uit de gesprekken die met eigenaren in het gebied zijn gevoerd blijken meerdere eigenaren mogelijkheden te zien om hun grond of erf te benutten voor recreatieve activiteiten. Een goede afstemming hierover biedt kansen de recreatieve mogelijkheden van het projectgebied te vergroten en de recreatieve routestructuur te versterken. Zo kunnen de wandelpaden aansluiten op de Grenstenenroute en de Smokkelroute.

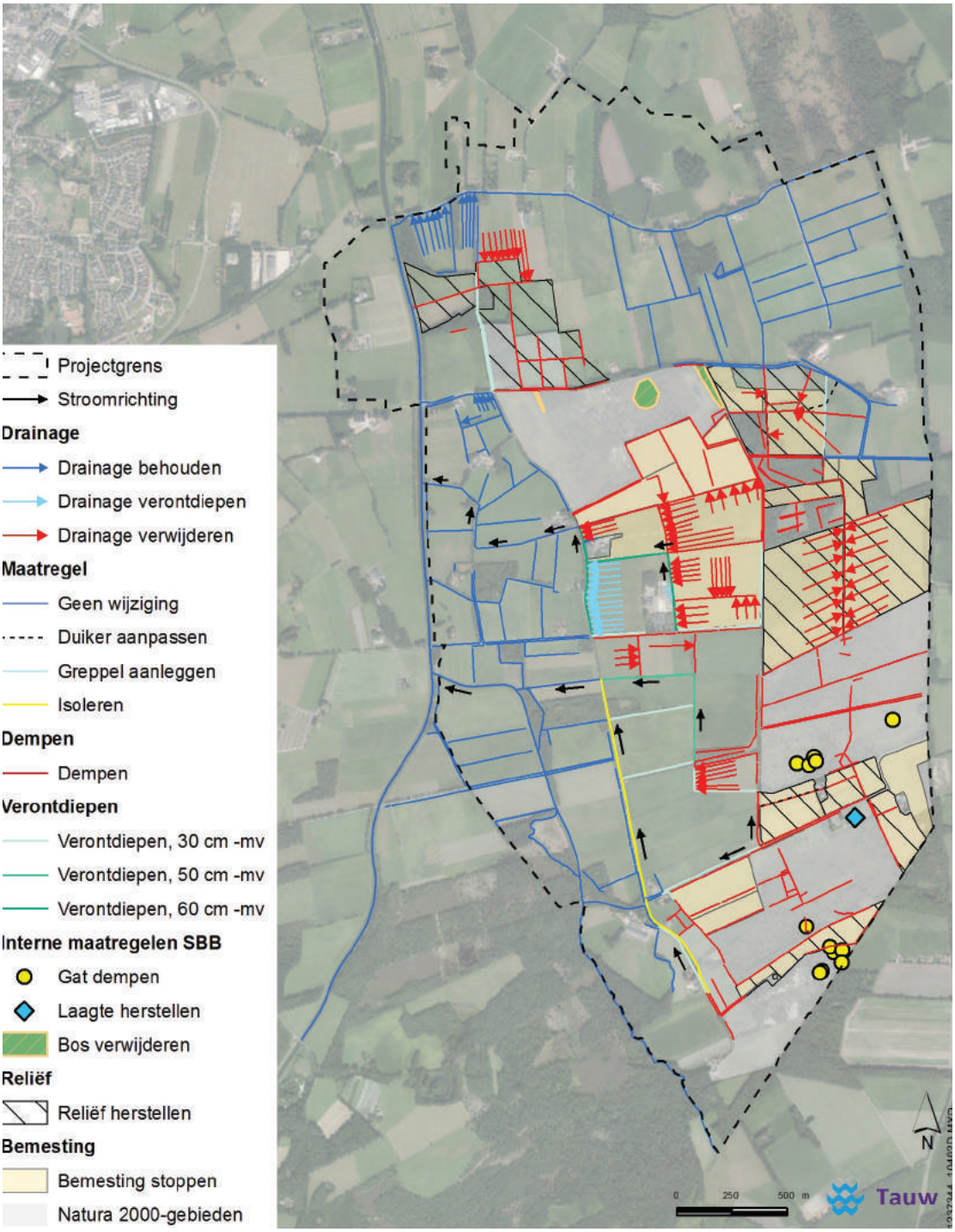
Vanwege vernattingseffecten als gevolg van hydrologische maatregelen wordt de klootschietbaan opgehoogd. Om ook tijdens de periode waarin de opgehoogde baan moet zetten door te kunnen spelen, worden de mogelijkheden voor de aanleg van een tijdelijke baan verkend. Verder wordt een perceel in het gebied gebruikt door de modelvliegclub RC Losser. De inrichtingsmaatregelen leiden niet tot beperkingen voor het gebruik door de modelvliegclub. In samenspraak met de (nieuwe) eigenaar van het perceel dienen afspraken over de voortzetting van dat gebruik gemaakt te worden.

4.4.2 Landbouw

Het PAS is bedoeld om enerzijds stikstofdepositie terug te dringen en anderzijds economische ontwikkelruimte te bieden. Met de uitwerking van de maatregelen in Punthuizen-Stroothuizen ontstaan er ook meekoppelkansen voor de landbouw. Via het Coördinatiepunt Kavelruil Overijssel (CKO) wordt er op vrijwillige basis gezocht naar ruilingen die de landbouwstructuur verbeteren.

4.5 Ontwerp maatregelpakket

De maatregelen zoals beschreven in voorgaande paragrafen vormen gezamenlijk het ontwerp-maatregelpakket voor Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld, zie figuur 4.8. In de tabel in bijlage 3 zijn de maatregelen, volgens de nummering van onderstaand figuur, nader toegelicht. Deze tabel beschrijft per maatregel het doel en de noodzaak van de maatregel op de betreffende locatie. Op basis van dit maatregelpakket zijn de effecten in beeld gebracht (hoofdstuk 5) en zal de toekomstige inrichting vorm krijgen.

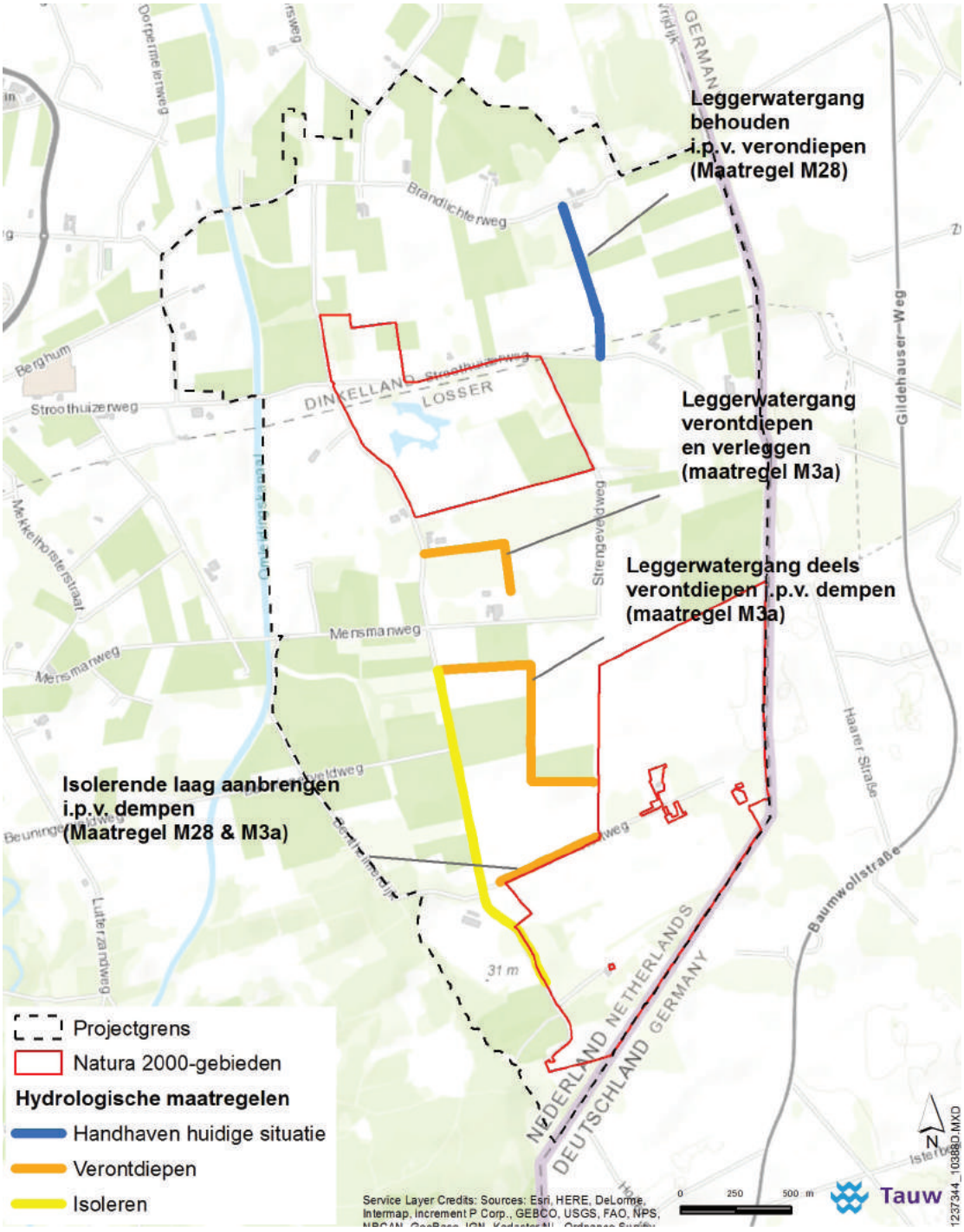


Figuur 4.8 Inrichtingsmaatregelen projectgebied

4.5.1 Validering van de maatregelen

De maatregelen die hierboven zijn beschreven komen niet altijd één op één overeen met de maatregelen die zijn opgenomen in de PAS-gebiedsanalyse (zie maatregeltabel in bijlage 3). Dit komt omdat bij het uitwerken van de maatregelen ook rekening is gehouden met piekafwatering in de natuurgebieden en de omgeving (agrarisch gebied en afwatering van erven) en met de verkeersveiligheid. Dit heeft als gevolg dat een aantal sloten (die in de PAS-gebiedsanalyse stonden aangegeven als te dempen) niet wordt gedempt, maar verondiept. Tijdens de planuitwerking zijn zowel de effecten van de PAS-maatregelen uit de PAS-gebiedsanalyse als de effecten van de uitgewerkte maatregelen beschreven in de ecologische onderbouwing (Van Dongen et al, 2017, bijlage 5). Hierin is aangetoond dat de wijzigingen ten opzichte van de PAS-gebiedsanalyse die zijn aangebracht tijdens de uitwerking geen negatief effect hebben op de instandhoudings-doelstellingen. Hieronder worden de nuanceringen en wijzigingen ten opzichte van de PAS-gebiedsanalyse beschreven.

- De leggerwaterloop (nr. 32010001) door het landbouwgebied ten westen van Beuninger Achterveld wordt niet gedempt maar verondiept naar 30 tot 50 centimeter ten opzichte van het maaiveld. Het gedeelte ten noorden van Punthuizen en ten westen van Beuninger Achterveld wordt wel gedempt omdat deze binnen de beïnvloedingssfeer van het natuurgebied ligt (M3a)
- Verondiepen van de bermsloten langs de Punthuizerweg ten noorden van de Stroothuizerweg is geen onderdeel van de PAS-gebiedsanalyse. Vanwege de nabijheid van Stroothuizen is verondiepen van deze sloten nodig (valt onder M3a).
- De ondiepe greppel (30 cm onder maaiveld) langs de Holtweg wordt gehandhaafd voor de afvoer van water.
- De sloot langs de Punthuizerweg wordt niet gedempt maar krijgt een isolerende laag om voldoende capaciteit tijdens piekafvoeren te kunnen blijven garanderen (M3a, M28).
- Ter hoogte van het landbouwbedrijf aan de Mensmanweg 11/13 wordt een leggerwater-gang verondiept tot 60 centimeter onder maaiveld in plaats van gedempt. Daarbij wordt de afwatering van deze sloot naar de zuidkant verlegd zodat de sloot verder van Stroothuizen af komt te liggen (M3a)
- De sloot ten oosten van Stroothuizen wordt ten noorden van de Stroothuizerweg in stand gehouden in plaats van verondiept (M28).

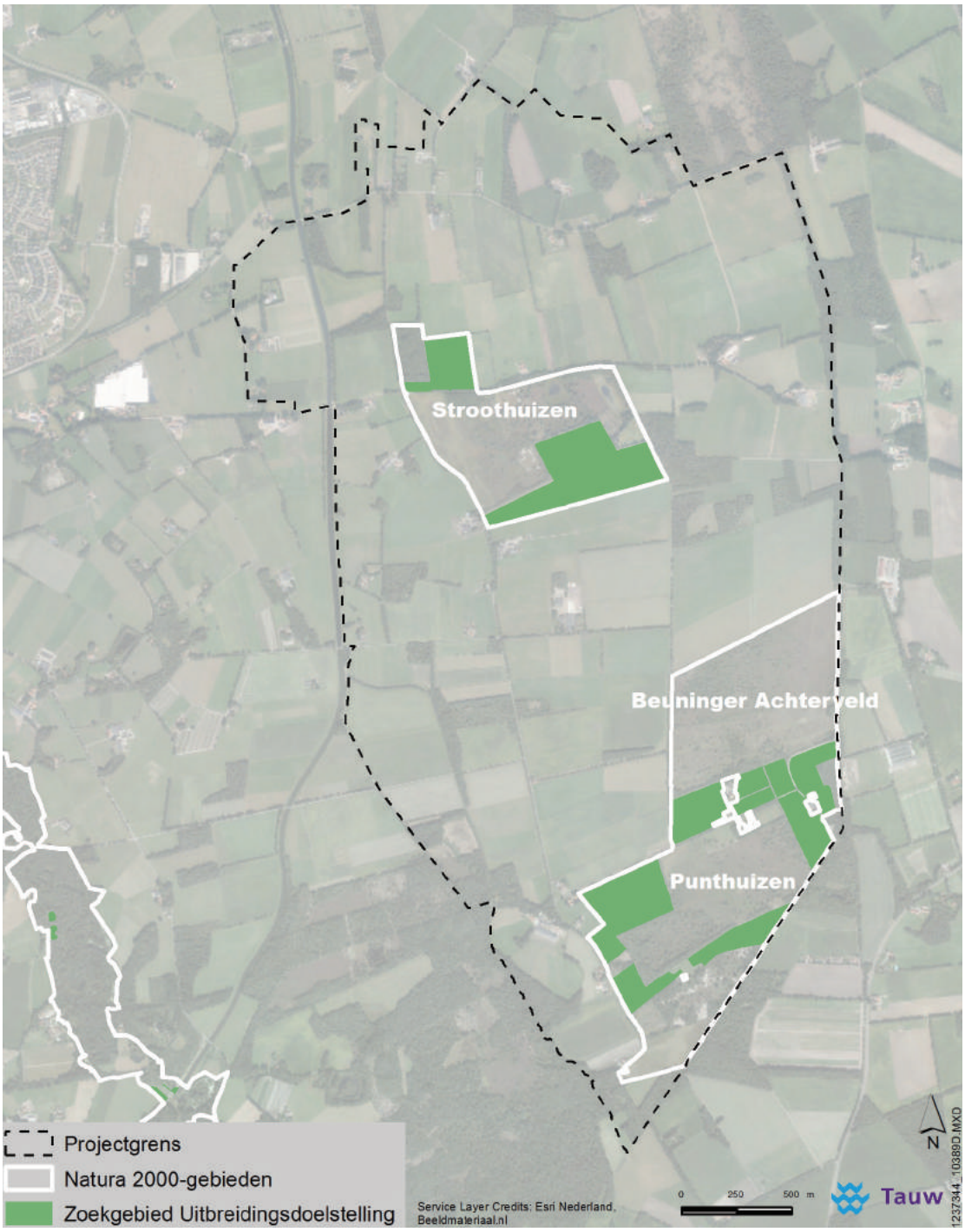


Figuur 4.9 Wijzigingen ten opzichte van de PAS-gebiedsanalyse

4.5.2 Uitbreidingsdoelstellingen

Naast de instandhoudingsdoelen zijn er voor de habitattypen Blauwgraslanden en Droge heide ook uitbreidingsdoelen geformuleerd in de PAS-gebiedsanalyse. De doelstelling voor de tweede PAS-periode (na 2021) betreft areaaluitbreiding voor deze twee habitattypen. De gebieden die potentie hebben voor realisatie van deze areaaluitbreiding zijn beschreven in bijlage 5 (Van Dongen et al. 2017). De gebieden met potentie die binnen de Natura 2000 begrenzing liggen, zijn in het inrichtingsplan gedefinieerd als "zoekgebied uitbreidingsdoelstellingen". Een aantal van deze percelen hebben

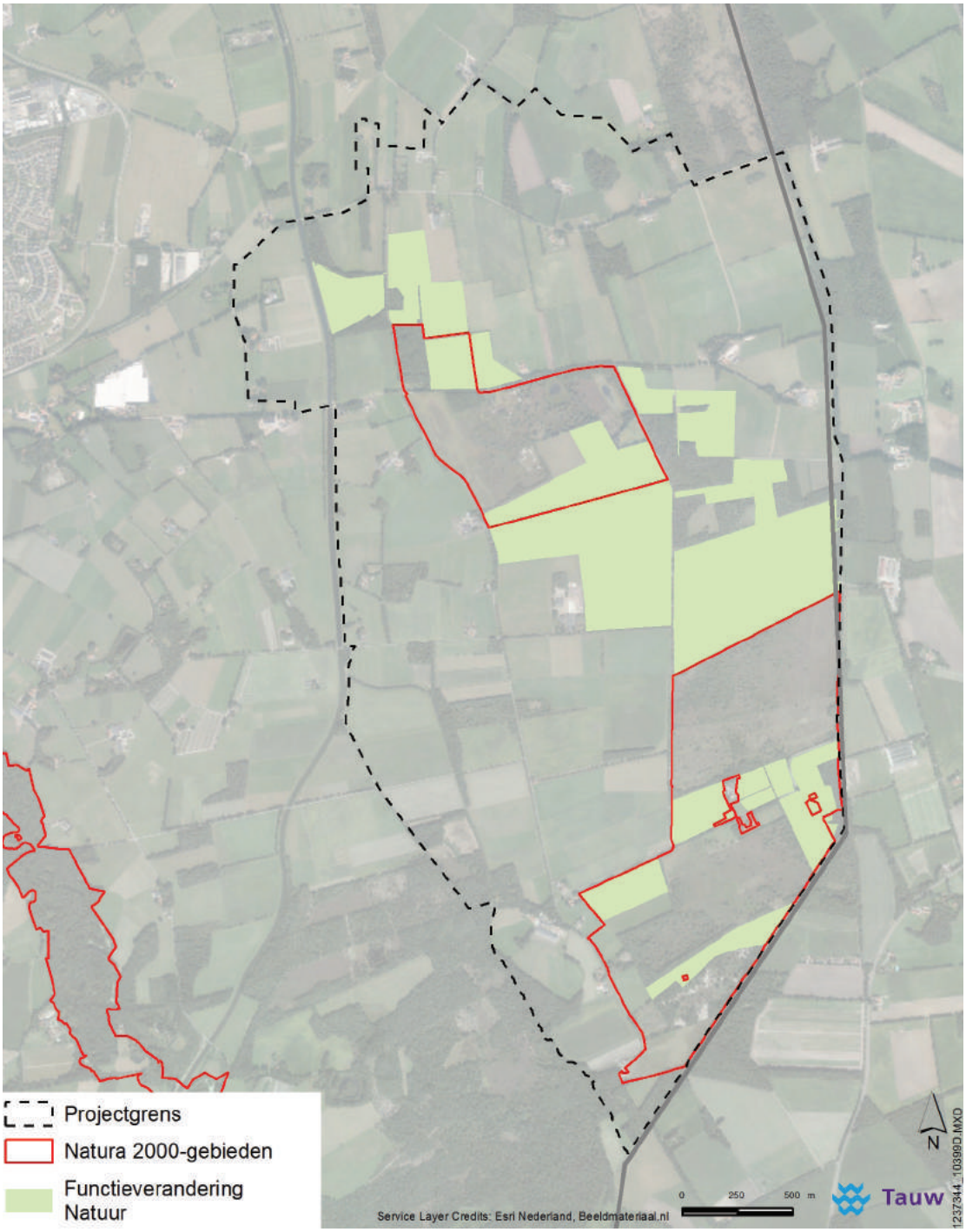
nu al de functie natuur. De overige percelen krijgen als gevolg van de maatregelen met een dermate handicap te maken dat, in overleg met de eigenaar, een functieverandering naar natuur plaatsvindt. Bij natuurontwikkeling op landbouwgrond is het herstel van het oorspronkelijk reliëf van de dichtgeschoven laagtes erg belangrijk. Onderzoek naar bodemkwaliteit (fosfaathuishouding en basenverzadiging) en bodemopbouw zijn noodzakelijk voor een betere inschatting van de mogelijkheden van natuurontwikkeling. Naast inrichtingsmaatregelen zijn geen (extra) hydrologische maatregelen noodzakelijk (Van Dongen et al, 2017, bijlage 5).



Figuur 4.10 Zoekgebieden voor uitbreidingsdoelstellingen

4.5.3 Omvormen landbouwpercelen naar natuur

De percelen die dusdanig nat worden dat regulier landbouwkundig gebruik niet meer mogelijk is, worden in overleg met de eigenaar omgevormd naar natuur. In paragraaf 5.4 wordt hier nader op ingegaan. Figuur 4.11 toont de percelen waar een functieverandering naar natuur plaatsvindt.



Figuur 4.11 percelen met functieverandering naar natuur

4.6 Eindbeeld

De inrichting van het projectgebied verandert ten gevolge van de benodigde maatregelen en effecten. In figuur 4.8 is de maatregelenkaart opgenomen. Figuur 4.12 laat het eindbeeld zien.

Figuur 4.12 Eindbeeld inrichtingsplan Punthuizen-Stroothuizen

5. Effecten

In het voorgaande hoofdstuk zijn de benodigde natuurherstelmaatregelen beschreven. Dit hoofdstuk beschrijft of de maatregelen ook doeltreffend zijn. Met andere woorden, of de maatregelen zullen leiden tot het beoogde positieve effect op de natuur. Daarnaast worden in dit hoofdstuk de effecten van de maatregelen op de omgeving en de overige milieuaspecten beschreven.

5.1 Effecten op grondwaterstand

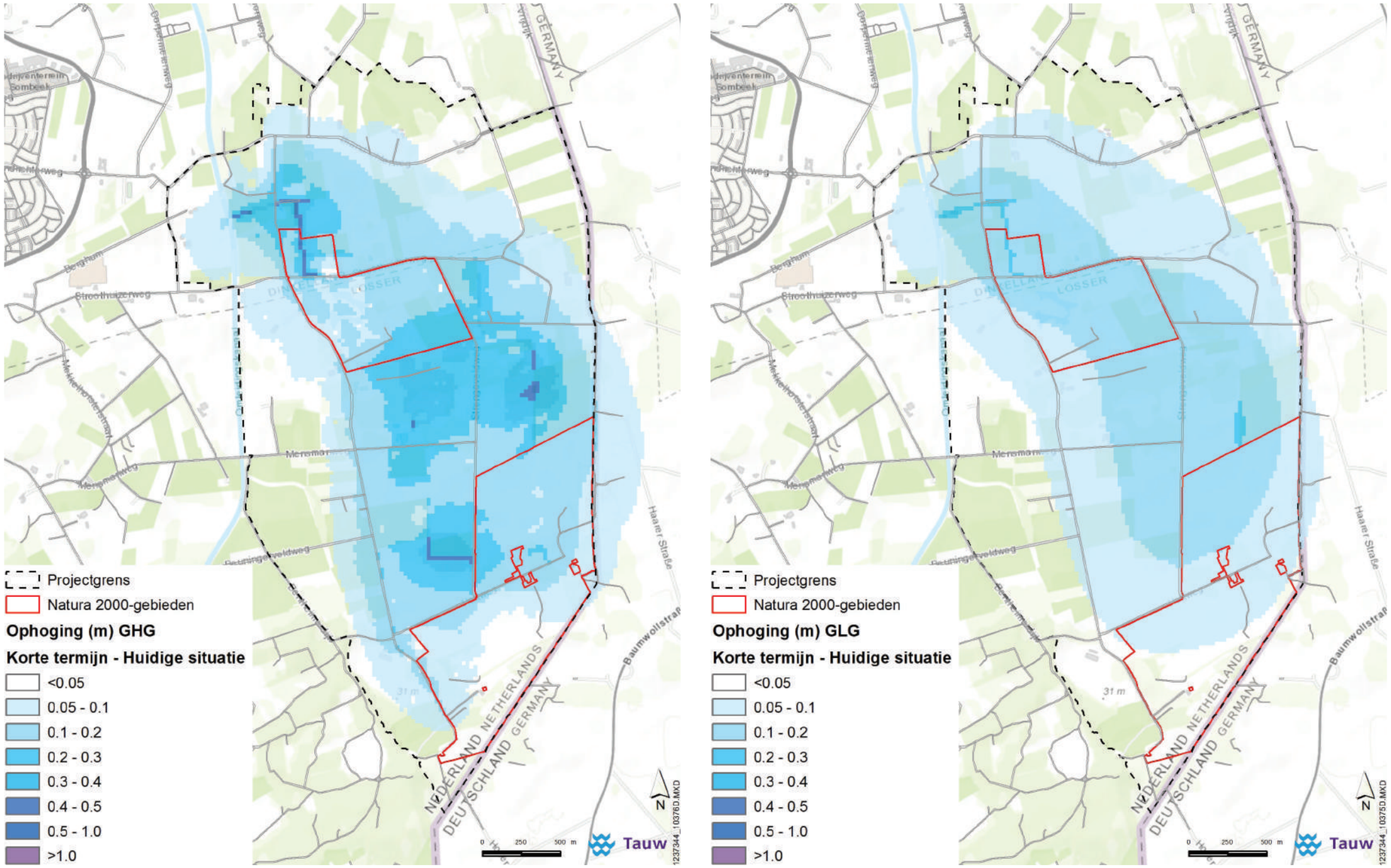
De effecten van de maatregelen zijn doorgerekend met het grondwatermodel (Tauw 2017a, bijlage 7). Het grondwater stijgt zowel in de zomer als in de winter. De maatregelen voor Stroothuizen zorgen voor een verhoging van grondwaterstanden (5-20 cm) in de winter, het voorjaar en de zomer. Deze verhoging zorgt in de lokale systemen, aangestuurd door dekzandruggen in en direct ten zuiden van het gebied, voor langere perioden met opbolling en meer toestroom van jong grondwater naar de flanken van aangrenzende laagtes met natte heide vegetaties. In figuur 5.1 staan de effecten op kaart weergegeven. De maatregelen laten in het Beuninger Achterveld een structurele verhoging zien van de grondwaterstanden in de winter, het voorjaar en de zomer van 10-30 centimeter. De opbolling van de grondwaterstand in de dekzandruggen neemt toe, waardoor meer water naar de laagte kan stromen. In Punthuizen zorgen de maatregelen voor een lichte verhoging (5-10 cm) van de wintergrondwaterstanden.

5.2 Effecten op natuur

In deze paragraaf wordt op hoofdlijnen per deelgebied uitgelegd wat het effect van de maatregelen op de natuurgebieden is. Ook wordt op het doelbereik van de maatregelen ingegaan. Een uitgebreide beschrijving van de effecten van de maatregelen, de methode voor het bepalen van het doelbereik en het doelbereik zelf zijn onderdeel van de ecologische onderbouwing (Van Dongen et al, 2017, bijlage 5).

5.2.1 Stroothuizen

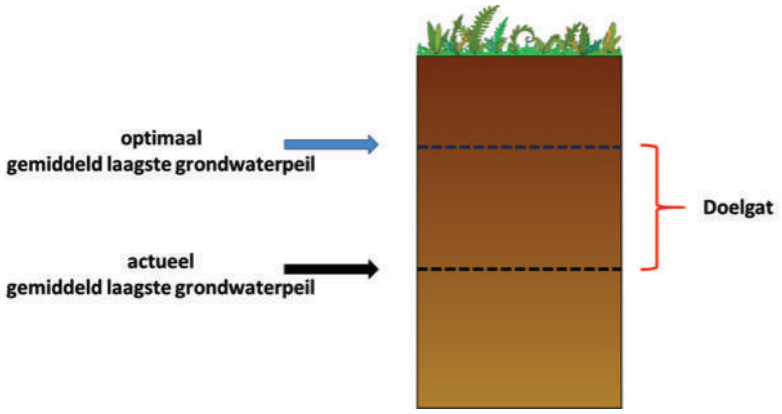
In Stroothuizen is onvoldoende toestroom van basenrijk grondwater het belangrijkste knelpunt. Daarnaast ligt er voor Stroothuizen een belangrijke opgave om de vermesting in het gebied te verminderen. De beschreven maatregelen (zie hoofdstuk 4) zorgen voor meer toestroom van basenrijk grondwater en de toestroom van vermest grondwater wordt sterk verminderd. De analyse van KWR (KWR, 2017a, bijlage 8) geeft aan dat de maatregelen een positief effect hebben op de locaties waar habitattypen voorkomen die afhankelijk zijn van een toestroom van basenrijk grondwater. Door de verhoogde toestroom van basenrijk grondwater in zowel de centrale slenk (westzijde) als het Oortven (oostzijde) wordt de verzuring in Stroothuizen effectief aangepakt. Dit geldt ook voor de verdroging. De grondwaterstanden stijgen, waardoor de omstandigheden in Stroothuizen robuuster worden. De grondwaterstanden bevinden zich binnen het optimale bereik, waardoor er geen doelgat meer is (zie figuur 5.2).



Figuur 5.1 Berekende verhoging van de wintergrondwaterstand (GHG) (links) en de zomergrondwaterstand (GLG) (rechts) als gevolg van de maatregelen

De verhoging van grondwaterstanden zorgt bovendien voor meer en langduriger inundaties van de laagtes. Dit is gunstig voor locaties met Zwakgebufferde vennen, dit habitattype is de afgelopen jaren sterk in omvang achteruitgegaan.

De vermesting en de te droge situatie heeft ervoor gezorgd dat zich in Stroothuizen (lokaal) een laag van voedselrijk, verzurend organisch materiaal heeft gevormd op de bodem. Wanneer de juiste hydrologische situatie is gecreëerd en de nutriënteninput is aangepakt dient deze verzuurde laag van 5 tot 10 cm dik (lokaal) verwijderd te worden om de juiste omstandigheden te creëren voor de (her)vestiging van de typische plantensoorten van de aanwezige habitattypen Vochtige heiden en Pioniervegetaties met Snavelbiezen.



Figuur 5.2 Schematische weergave van het 'doelgat'

Doelbereik

De maatregelen zorgen in Stroothuizen voor een voldoende stijging van de grondwaterstanden in winter, voorjaar en zomer. Daar waar sprake is van te lage grondwaterstanden wordt deze opgeheven. Daarnaast wordt op locaties die reeds voldoen de situatie robuuster. Verder hebben de maatregelen een positief effect op de toestroom van basenrijk grondwater. Het is echter onzeker of de maatregelen voldoende zijn om de basenverzadiging in Stroothuizen te herstellen (KWR, 2017a, bijlage 8). Er wordt daarom ingezet op intensieve monitoring van de effecten van de maatregelen.

5.2.2 Beuninger Achterveld

Door de verhoging van de grondwaterstand in het Beuninger Achterveld treden langere periodes met hoge grondwaterstanden op. De fluctuatie en daarmee de dynamiek van de grondwaterstand neemt af. Dit heeft een positief effect op de ontwikkeling van Vochtige heiden op de flanken.

De vermesting en de te droge situatie heeft ervoor gezorgd dat zich in Stroothuizen (lokaal) een laag van voedselrijk, verzurend organisch materiaal heeft gevormd op de bodem. Wanneer de juiste hydrologische situatie is gecreëerd en de nutriënteninput is aangepakt dient deze verzuurde laag van 5 tot 10 cm dik (lokaal) verwijderd te worden om de juiste omstandigheden te creëren voor de (her)vestiging van de typische plantensoorten van de aanwezige habitattypen Vochtige heiden en Pioniervegetaties met Snavelbiezen.

Doelbereik

De maatregelen zorgen ervoor dat de verdroging in Beuninger Achterveld wordt opgeheven. Wanneer naast het hydrologisch herstel ook beheermaatregelen[6] zoals bijvoorbeeld plagwerkzaamheden of het verwijderen van strooisellagen, worden uitgevoerd, ontstaan duurzame omstandigheden voor natte heidevegetaties waardoor de instandhouding wordt gegarandeerd.

5.2.3 Punthuizen

In Punthuizen is de verdroging van natuur het belangrijkste knelpunt. De voorgestelde maatregelen zorgen ervoor dat zowel de zomer- als de wintergrondwaterstand stijgt, zie figuur 5.1. De verhoging van de wintergrondwaterstanden treedt op in de dekzandruggen ten oosten en westen van de centrale slenk. In de slenk zelf blijft het effect beperkt tot de noordzijde (5-10 cm). Op de locaties waar de basenrijke vegetaties van Blauwgrasland en Zwakgebufferde vennen voorkomen (in de centrale slenk), zijn de maatregelen maar zeer beperkt effectief. De berekende verhoging van de zomergrondwaterstanden is hier circa 5 cm.

Naast de effecten op de grondwaterstand hebben de maatregelen ook effect op de toestroom van basenrijk grondwater. In de centrale slenk en aan de flanken ontstaat er een toename van basenrijk grondwater als gevolg van de maatregelen. Daardoor wordt de kans dat verzuring optreedt kleiner.

Doelbereik

In Punthuizen zorgen de maatregelen voor een grondwaterstandstijging. Op de locaties met het habitattype Vochtige heide is verdroging in voldoende mate opgeheven na uitvoering van de maatregelen. Dat geldt niet voor de locaties van het habitattype Blauwgrasland. Hier zorgen de maatregelen onvoldoende voor grondwaterstandstijging om verdroging op te heffen. Voor de zomergrondwaterstanden en op twee locaties blijft ook voor de voorjaarsgrondwaterstanden een doelgat bestaan (Van Dongen et al, 2017, bijlage 5). Er treedt onvoldoende effect op in de centrale laagte, in de twee smalle slenken met Blauwgrasland aan de zuidzijde en aan de westzijde van het gebied. Voor een verkenning naar maatregelen die dit doelgat wel kunnen dichten is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, zie bijlage 5 (Van Dongen et al, 2017). Hierin is geanalyseerd wat het effect is van het verhogen van de drainagebasis (peil Puntbeek) en vermindering van de ontwatering aan Duitse zijde. Dit onderzoek is onderdeel van maatregel M31 uit de PAS-gebiedsanalyse. In hoofdstuk 7 wordt het proces omtrent deze lange termijn maatregelen nader toegelicht.

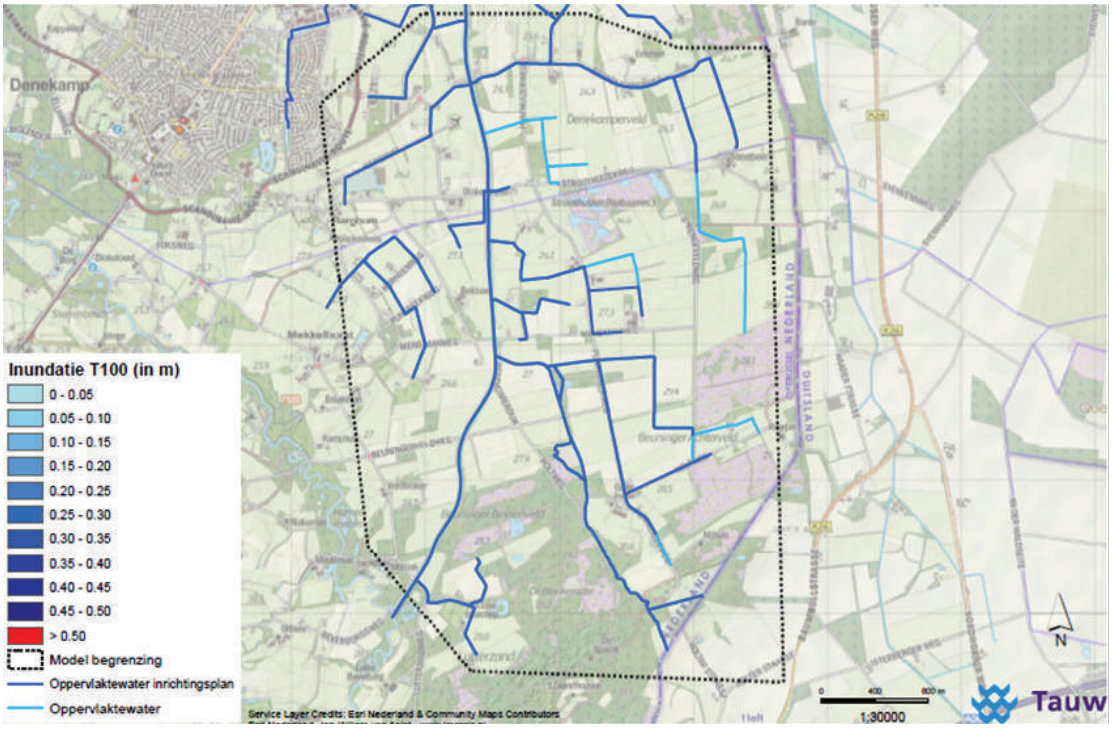
In Punthuizen vinden ook beheermaatregelen plaats om na hydrologisch herstel de juiste omstandigheden voor natuurherstel te creëren. Hier gaat het om het verwijderen van opslag en lokaal plaggen (zie paragraaf 4.2.2).

[6] De beheermaatregelen in Beuninger Achterveld (interne maatregelen) worden uitgewerkt door Staatsbosbeheer. Het inrichtingsplan voor de interne maatregelen is naar verwachting eind 2017 gereed

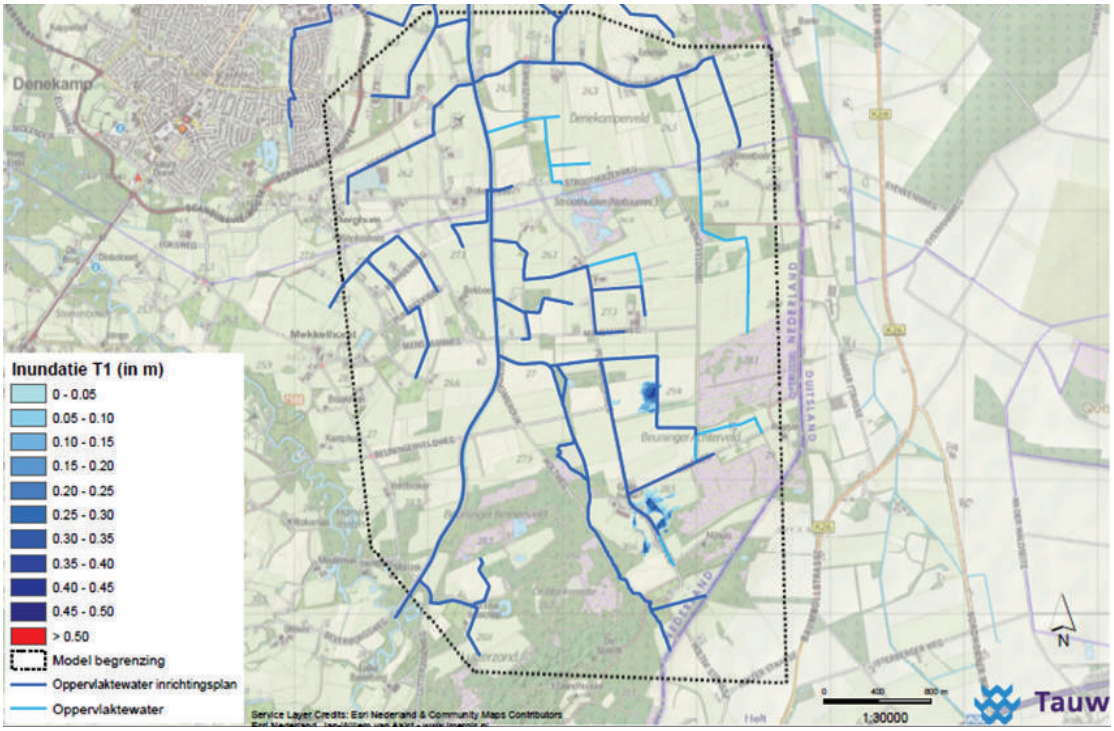
5.3 Effecten op de waterafvoer

Om de effecten van de PAS-inrichtingsmaatregelen voor Punthuizen-Stroothuizen op het functioneren van het regionale oppervlaktewatersysteem vast te stellen, is getoetst aan de provinciale beschermingsnormen voor wateroverlast (NBW-toetsing[7]) (Tauw, 2017b, bijlage 10). Hierbij is berekend of de voorgestelde maatregelen (waaronder dempen en verondiepen van sloten) invloed hebben op de bergings- en afvoercapaciteit van de watergangen. Daarbij is onderzocht of bij de nieuwe inrichting wordt voldaan aan de beschermingsnormen tegen inundatie zoals vastgelegd in de Omgevingsverordening Overijssel. De toetsing heeft plaatsgevonden voor zowel de huidige situatie als de situatie na uitvoering van de maatregelen (plansituatie). Volgens de NBW normen moet er getoetst worden aan bui-intensiteiten van T25 en T50. In de uitgevoerde toetsing zijn verschillende afvoersituaties berekend, variërend van een bui-intensiteit die één keer per jaar voorkomt (T1) tot een neerslagafvoer die één keer per 100 jaar voorkomt (T100). De situatie van T100 is doorgerekend omdat na uitvoering van de maatregelen een regionaal watersysteem wordt beoogd dat ook in 'worst case' situaties robuust is.

Uit dit onderzoek (zie bijlage 10) volgt dat er in de huidige situatie geen knelpunten voor wat betreft norm overschrijdende inundaties zijn (zie figuur 5.3).



Figuur 5.3 Inundatie in de huidige situatie



Figuur 5.4 Inundatielocaties waar het systeem niet aan de afwateringsnormen voldoet bij T1 na realisatie van de maatregelen[8]

In de toekomstige situatie is er na uitvoering van de maatregelen (uitgaande van het hydrologisch isoleren van de leggerwatergang langs de Punthuizerweg) op één locatie een knelpunt ontstaan (zie figuur 5.4). Dit knelpunt doet zich al voor vanaf T1. Het betreft de locatie ten oosten van de Punthuizerweg, ten noorden van de klootschietbaan. Op deze locatie wordt met het uitvoeren van de maatregelen uit het inrichtingsplan niet voldaan aan de afvoernormen. Met de betreffende eigenaar zullen afspraken worden gemaakt over mogelijke mitigerende maatregelen dan wel schadevergoeding.

Figuur 5.4 laat ter hoogte van het kruispunt Holtweg/Punthuizerweg nog een aantal knelpunten zien. Dit is het gevolg van de maatregel "verondiepen leggerwatergang Punthuizerweg". In dit inrichtingsplan is die maatregel, op basis van de gesignaleerde knelpunten en het advies vanuit de NBW-toetsing, niet meer opgenomen. De maatregel is aangepast naar "hydrologisch isoleren leggerwatergang Punthuizerweg". De knelpunten waren vooral het gevolg van de mate van verondieping van de watergang. Wanneer door het hydrologisch isoleren de huidige afvoer-capaciteit gewaarborgd blijft, kunnen deze knelpunten worden voorkomen (Tauw, 2017b, bijlage 10).

[8] Let op: tijdens deze toetsing is de leggerwatergang langs de punthuizerweg als te verondiepen meegenomen. In dit inrichtingsplan wordt deze leggerwater hydrologisch geïsoleerd.

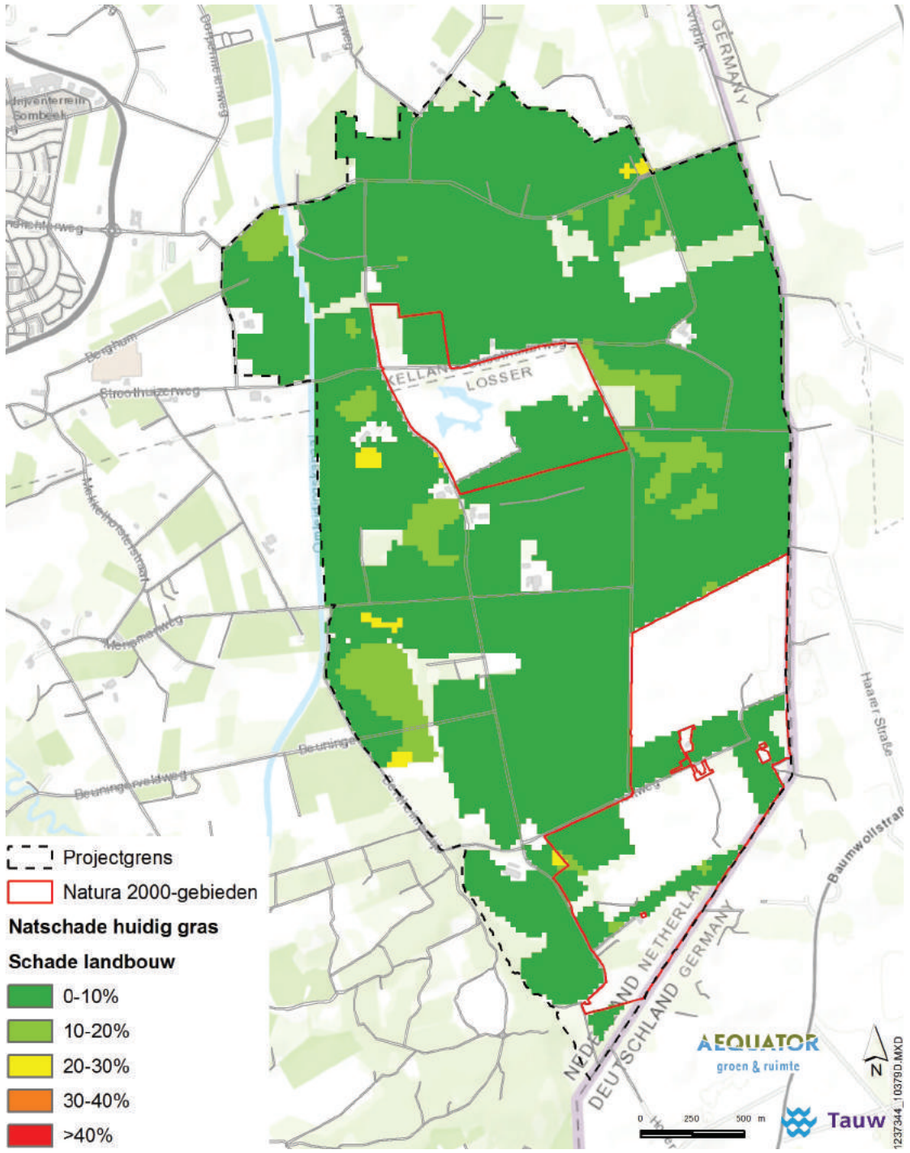
5.4 Effecten op landbouwkundig perspectief

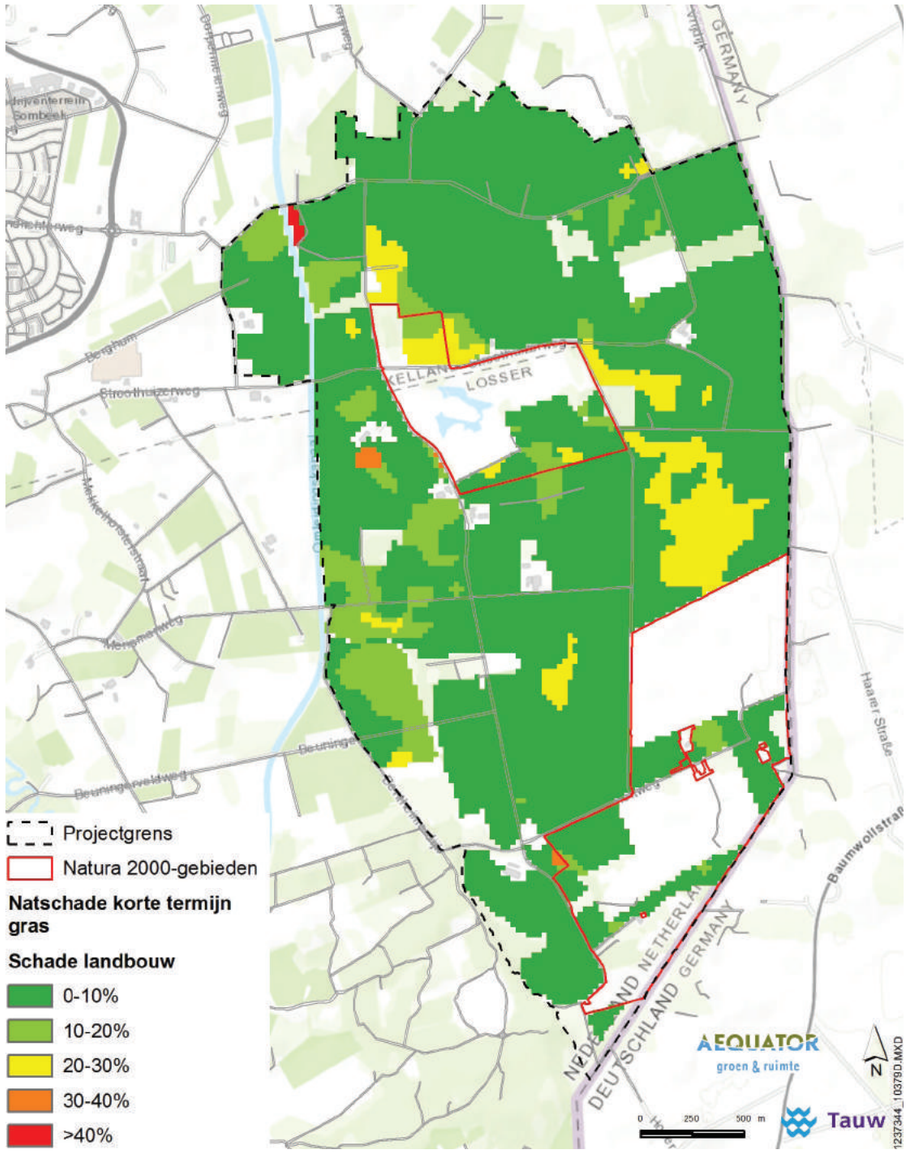
De maatregelen hebben gevolgen voor het huidige agrarische gebruik in delen van het project-gebied. De percelen met een bemestingsbeperking zijn in de maatregelenkaart opgenomen (zie figuur 4.8). Daarnaast hebben de hydrologische maatregelen invloed op het landbouwkundig gebruik in het gebied. Door het verondiepen dan wel dempen van watergangen en het verwij-deren van drainage treedt verhoging van de grondwaterstanden op in het maatregelengebied met een uitstraling naar het gebied daaromheen (zie figuur 5.1). De precieze effecten worden vooral bepaald door de uitgangssituatie (huidige grondwaterstanden), de bodem (zie figuur 2.5) en het landbouwkundige gebruik (grasland/akkerbouw) van de betreffende percelen. Aequator (2017, bijlage 9) heeft hier veldonderzoek naar gedaan en op basis daarvan de hydrologische effecten vertaald naar droogte- en natschade[9].

Droogteschade (tot 30 %) wordt in de huidige situatie vooral berekend in de middenstrook en de hogere oostelijke zuidelijke delen van het projectgebied met voornamelijk veldpodzolgronden waar de grondwaterstand in de zomer ver terugzakt (GLG>120 cm). De verwachte grondwater-stijging is op de meeste percelen niet zodanig dat deze minder droogtegevoelig worden. Overigens ervaren de meeste agrariërs verdroging niet als een groot knelpunt omdat kan worden beregend.

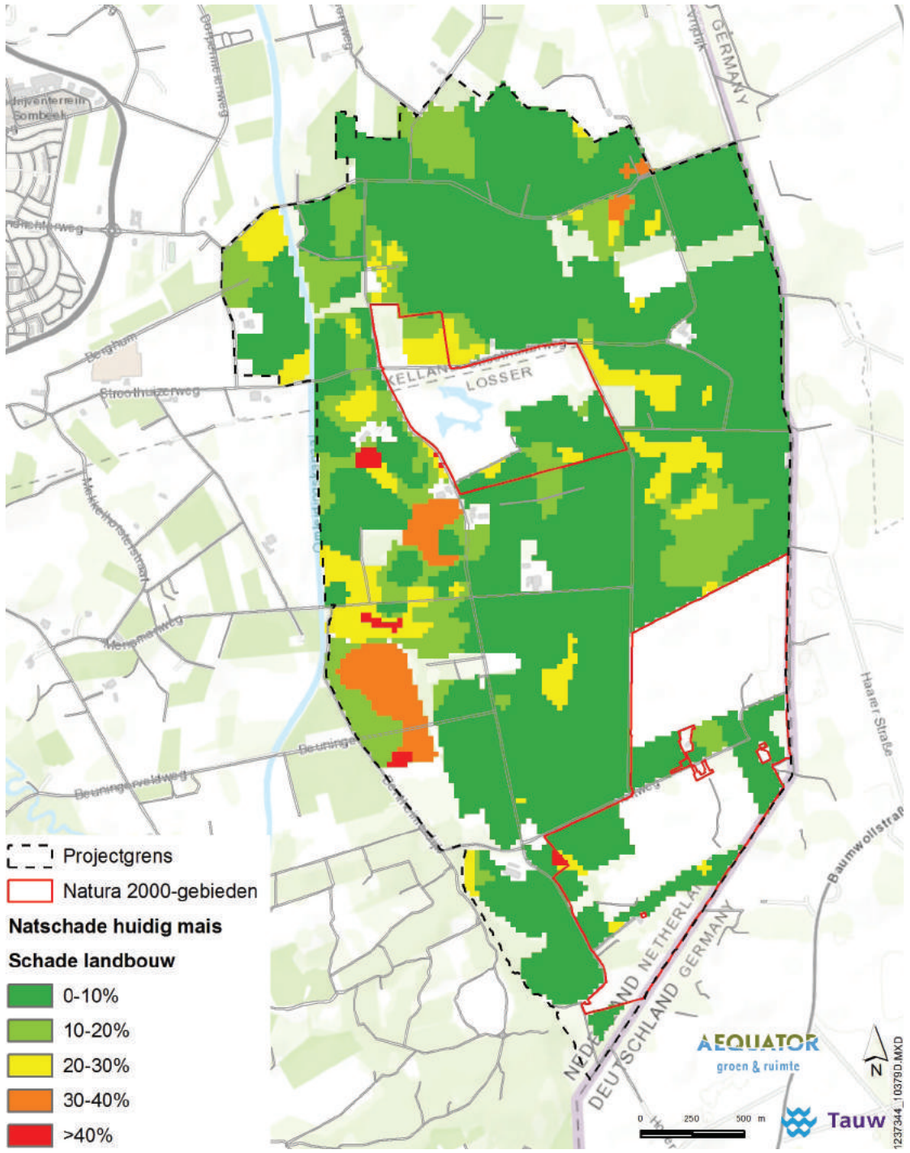
Vernatting kan voor de landbouwbedrijven wel een serieus probleem vormen, zeker als er beperkingen gelden voor het nemen van mitigerende maatregelen (aanleg drainage en graven dan wel verdiepen van kavelsloten) .
In de huidige situatie zijn vooral een strook ten westen van de Punthuizerweg en ten oosten van de Strengeveldweg met voornamelijk beek- en gooreerdgronden en een wintergrondwaterstand dicht bij het maaiveld (GHG <40 cm), gevoelig voor natte omstandigheden. Akkerbouwpercelen (maïs) zijn hier het meest kwetsbaar voor. Grasland kan nattere periodes beter verdragen.
Door de stijging van de GHG neemt de natschade in genoemde gebieden zowel voor grasland als maïsteelt duidelijk toe. In het gebied ten oosten van de Strengeveldweg dat onderdeel is van de te herstellen slenkenstructuur, is het effect het grootst. Hier is een toename van natschade voor grasland van 15-25%. Daarmee gaat de absolute natschade van 0-20 % in de huidige situatie naar 20-30 % voor grasland. En voor maïs van 10-30 % natschade in de huidige situatie naar 20->40 %.
In het gebied ten westen van de Punthuizerweg worden geen maatregelen genomen, maar wordt wel vernatting berekend. Hier is een toename van natschade maximaal 15%. In figuur 5.5 en 5.6 is de toename van natschade voor grasland (5.4) en voor maïs weergegeven. De overige natschade, droogteschade en bodemgeschiktheidskaarten zijn opgenomen in de kaartenbijlage (bijlage 4) en de rapportage van Aequator (bijlage 9).

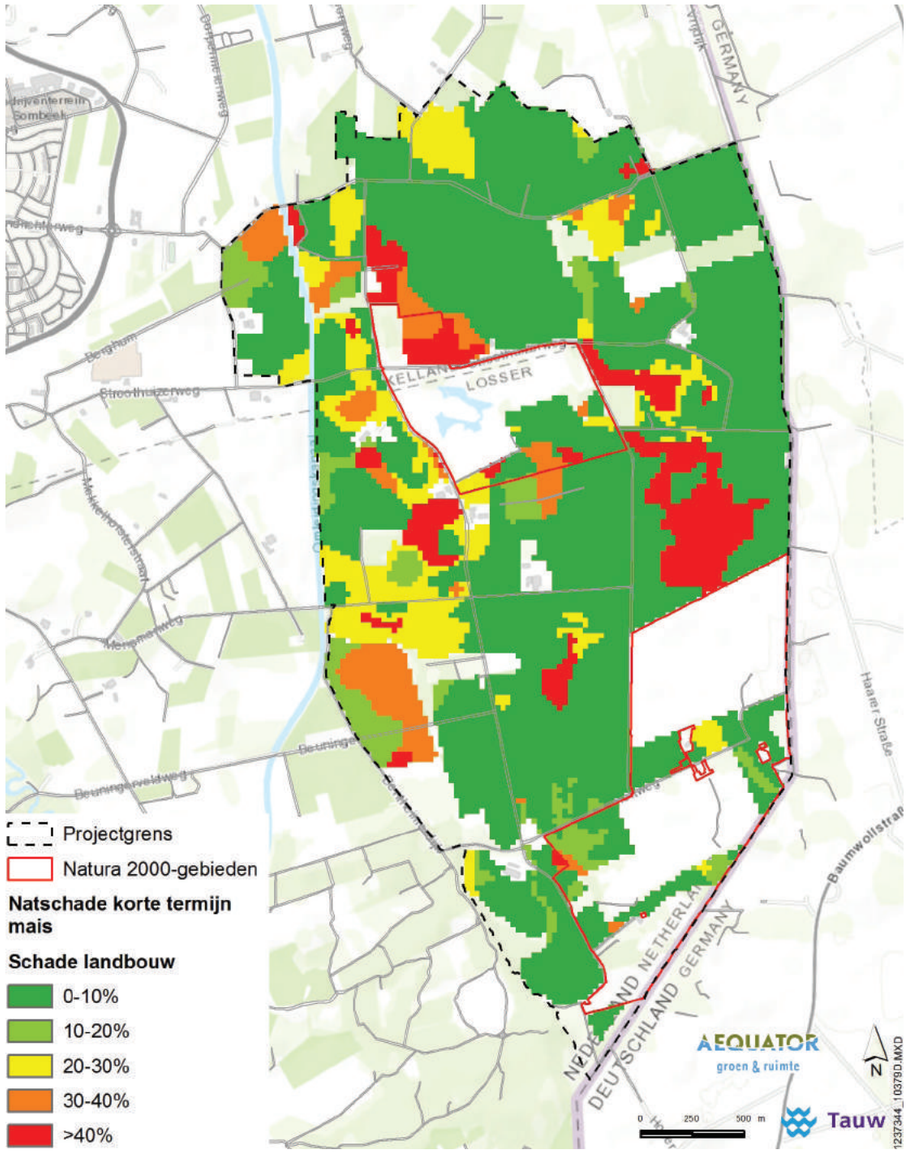
[9] Definitie van schade: opbrengstderving t.o.v. de ideale situatie





Figuur 5.5 Natschade voor grasland in (1) de huidige situatie, en (2) na realisatie inrichtingsplan





Figuur 5.6 Natschade voor maïs in (1) de huidige situatie, (2) na realisatie inrichtingsplan

In hoofdstuk 4 zijn de hydrologische en bemestingsmaatregelen beschreven. Daarnaast zijn op een aantal percelen de natuurpotenties ingevuld. Het afwegingskader voor het voorstel functieverandering versus landbouwkundig gebruik wordt in onderstaand kader nader toegelicht.

Afwegingskader landbouwkundig gebruik respectievelijk functieverandering natuur
De effecten van de maatregelen op de agrarische percelen zijn per bedrijf en per perceel geanalyseerd. Op basis van deze effecten is het mogelijke gebruik van deze gronden in beeld gebracht. Het uitgangspunt is de huidige landbouwfunctie, binnen de kaders van de Natura 2000 ontwikkelopgave, zoveel mogelijk in stand te houden. Voor het beoordelen van de effecten van de maatregelen op het landbouwkundig perspectief is het volgende afwegingskader gehanteerd:

- Vernattingseffecten. Regulier landbouwkundig gebruik is niet mogelijk als op het perceel, aaneengesloten of versnipperd, de natschade meer dan 30 % bedraagt en er geen mitigatiemogelijkheden zijn. Voor huiskavels die worden gebruikt als uitloop voor het vee direct vanuit de stal, heeft de natschade extra impact.
- Bemestingsbeperkingen. Regulier landbouwkundig gebruik is niet mogelijk als het perceel niet langer mag worden bemest.

Percelen waar regulier agrarisch gebruik mogelijk blijft, behouden de landbouwbestemming. Eventuele (nat) schade die optreedt wordt in overleg met de grondeigenaar zo mogelijk gemitigeerd dan wel gecompenseerd.

Voor de percelen waar regulier agrarisch gebruik niet langer mogelijk is, is daarna gekeken of natuurinrichting bijdraagt aan de versterking van de habitattypen in Punthuizen, Beuninger Achterveld en Stroothuizen en of er kansen liggen voor realisatie van uitbreidingsdoelen (PAS periodes 2 en 3). De percelen waar regulier landbouwkundig gebruik niet meer mogelijk is, die zijn gelegen binnen de Natura 2000-begrenzing en potentie hebben voor uitbreidingsdoelstellingen, worden, in overleg met de eigenaar, ingericht als nieuwe natuur. Op andere percelen, buiten Natura 2000-gebied, waar regulier agrarisch gebruik niet langer mogelijk is, wordt in overleg met de eigenaar bepaald of deze percelen de landbouwbestemming (met handicap) behouden dan wel worden omgezet naar natuur. Het gesprek over (financiële) compensatie vindt plaats tussen afdeling Grondzaken van de provincie Overijssel en de betreffende eigenaar.

5.5 Effecten op erven en gebouwen

Uitgangspunt is dat uitvoering van de maatregelen niet leidt tot wateroverlast en -schade op erven, huizen en schuren. Bij het uitwerken van de maatregelen wordt hiermee rekening gehouden. Mocht de effectinschatting achteraf onjuist blijken te zijn zijn (er treedt toch wateroverlast/-schade op) dan hebben eigenaren een titel nodig om schade als gevolg van het uitvoeren van de natuurherstelmaatregelen te verhalen. Hiervoor is voor de woningen waar zich risico op vernatting voordoet de 0-situatie (inclusief risico-inschatting) vastgesteld (Wareco 2016 en 2017). Onderdeel van de effect-inschattingen zijn tevens de risico's op het opdrijven van mestkelders (IB Vreeswijk, 2017).

Met het oog op de afwatering van de erven in de toekomstige situatie is tot slot een erfafwateringsonderzoek uitgevoerd (Tauw, 2017). Indien water- of afwateringsproblemen worden verwacht, wordt samen met de betreffende eigenaren gezocht naar oplossingen en mogelijke aanvullende maatregelen.

Over het algemeen zijn effecten technisch op te lossen. De uitwerking van deze maatregelen en de afstemming hierover met de eigenaren vindt plaats in de uitvoeringsfase als voorbereiding op realisatie.

5.6 Effecten op ruimtelijke kwaliteit, cultuurhistorie & archeologie

De Erfgoedwet leidt tot de verplichting om bij ruimtelijke ingrepen waarbij grondwerkzaamheden verricht worden, de archeologische waarde van terreinen te onderzoeken. Daarnaast dient bij ruimtelijke ingrepen de omgang met de aanwezige landschappelijke en cultuurhistorische waarden te worden onderbouwd.

5.6.1 Ruimtelijke kwaliteit

Rondom Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld ligt een landschap dat wordt aangemerkt als een jonge heideontginning. De jonge heideontginningen onderscheiden zich door een duidelijk rationele, rechthoekige verkavelingsstructuur. Wegbeplantingen markeren de lange lijnen in het landschap. De open agrarische gronden zijn kenmerkend voor de ruilverkavelingsperiode en worden scherp begrensd door de omliggende bosgebieden.

De hydrologische maatregelen en de bemestingsmaatregelen hebben niet direct invloed op dit landschappelijke beeld. Al zal door functieverandering van agrarisch naar natuur, het landschap rond de natuurclusters, deels een minder open en minder rationeel karakter krijgen. Dit komt de ruimtelijke kwaliteit ten goede. Door de harde grenzen (waaronder houtsingels) te verzachten, door het zicht op de natuurgebieden te verbeteren en de relatie tussen de verschillende gebieden onderling te versterken, wordt de beleving van het natuurlijke karakter van het heidelandschap versterkt. Op deze manier (door zowel het contrast als verwevenheid te versterken) ontstaat er meer samenhang tussen de jonge heideontginningen en het open en half besloten heidelandschap. De beplantingsstructuren blijven grotendeels behouden. Naar het effect van de hydrologische maatregelen op de (beeldbepalende) solitaire bomen, beplantingsstructuren en bosschages (zoals opgenomen in het casco-beleid) wordt in de nadere uitwerking van het inrichtingsplan onderzoek uitgevoerd (zie ook paragraaf 7.1.2).

In het Strengenveld, daar waar de slenk wordt hersteld, is het effect op het bestaande landschap groter. Het bestaande landschap wordt op deze locaties omgevormd naar een meer natuurlijk heidelandschap.

5.6.2 Cultuurhistorie

Het inrichtingsplan Punthuizen-Stroothuizen leidt niet tot aantasting van de in het gebied aanwezige monumentale of cultuurhistorische waarden (zie paragraaf 2.5). De maatregelen hebben als doel de natuurgebieden als restanten van het heidelandschap te versterken en in stand te houden. De daarvoor benodigde werkzaamheden leiden niet tot aantasting van of een veranderend gebruik op de nabijgelegen historisch geografisch waardevolle essen. Ook de bij de landbouwclusters behorende houtwalstructuren blijven behouden.

De veranderende grondwaterstand kan wel een negatief effect hebben op kenmerkende solitaire bomen, houtwallen of bosjes in het projectgebied. Ten behoeve van de nadere planuitwerking worden de houtopstanden (zoals opgenomen in het casco-beleid Noord-Oost Twente) in het gebied geïnventariseerd en de effecten als gevolg van hogere grondwaterstanden bepaald. Het onderzoek zal voor die locaties die effect ondervinden een voorstel doen voor mitigerende dan wel compenserende maatregelen.

5.6.3 Archeologie

Het inrichtingsplan Punthuizen-Stroothuizen voorziet in het herstellen van de slenken in het uitwerkingsgebied Ontwikkelopgave Natura 2000. Voor aanvang van de graafwerkzaamheden dient archeologisch onderzoek uitgevoerd te worden. Uit de provinciale verwachtingskaart en het bureauonderzoek voor de herinrichting van Losser Noord (RAAP, 1997), blijkt dat voor de slenken een lage verwachtingswaarde voor archeologie geldt. Voor de hoger gelegen dekzand-ruggen, waarop deels ook de huidige bebouwing te vinden is, geldt een grotere kans op vroege bebouwingssporen. Daar geldt een hoge verwachtingswaarde. In het gebied liggen geen AMK-terreinen en zijn geen archeologische vindplaatsen geregistreerd. Het grootste deel van de (graaf) werkzaamheden zal plaatsvinden op terreinen met een lage archeologische verwachting. Gezien de omvang van de werkzaamheden en het feit dat ten noorden van natuurgebied Stroothuizen de werkzaamheden mogelijk een gebied met hoge verwachtingswaarden raakt, is een archeologisch bureauonderzoek nodig zodra het uitvoeringsplan gedetailleerder is. In het bureau-onderzoek zal de archeologische verwachting nader worden gespecificeerd en staan aanbevelingen voor eventueel benodigd veldonderzoek. Als gevolg van de veranderende grondwaterstanden worden aangezien het een verhoging betreft, geen effecten verwacht op eventueel aanwezige organische archeologie.

5.7 Effect op infrastructuur en kabels en leidingen

Een grondwaterstijging heeft mogelijk effect op de stabiliteit van wegen en op de stevigheid van de bermen in het projectgebied. De gewenste drooglegging onder de secundaire wegen is circa 70 cm – mv van de weg. In het maatregelpakket is op enkele plekken langs de weg een verondieping tot 30 cm – mv van aanliggen landbouwperceel opgenomen. Met de Algemene Hoogtekaart Nederland (AHN, 2017) is een inventarisatie gedaan naar de hoogte van de weg en aanliggend landbouwperceel. Hieruit blijkt dat na uitvoering van de maatregelen een drooglegging van 60 – 70 cm – mv van de weg wordt gehandhaafd. Bij de bermsloten langs de Punthuizerweg, ten noorden van de Stroothuizerweg en op die locaties waar de slenken de huidige infrastructuur kruisen, vormt de drooglegging wel een aandachtspunt. Hier is de drooglegging naar verwachting minder dan 60-70 cm –mv. Bij de nadere uitwerking van het ontwerp dient hiermee rekening gehouden te worden.

Bij de inrichting van het projectgebied dient eveneens aandacht te zijn voor aanwezige kabels en leidingen. Als gevolg van ingrepen in het watersysteem en graafwerkzaamheden ter plaatse van de slenken kan het nodig zijn kabels en leidingen te verplaatsen. Hierover wordt afstemming gezocht met de verantwoordelijke netbeheerders.

5.8 Schade door ganzen

Het inrichtingsplan voorziet in het verhogen van grondwaterstanden waardoor vooral in de winterperiode meer water aan maaiveld staat. Hierdoor is het risico op een toename van ganzen als gevolg van de inrichtingsmaatregelen niet geheel uit te sluiten. Als er veel ganzen op een weiland verblijven, kan dit er toe leiden dat er minder gras van het land kan worden gehaald. Ook kan de mest van ganzen schade toebrengen aan de natuur doordat vennen te voedselrijk worden. Dit risico blijkt evenwel beperkt binnen het plangebied. De meest aantrekkelijke broed-gebieden zijn de landbouwgebieden met rijke graslanden, afgewisseld met natte natuurgebieden. Voorwaarde is wel dat deze natuurgebieden dan voldoende dekking bieden voor de ganzen. De dekkingsgraad in de natte en droge heidegebieden van Punthuizen-Stroothuizen, met daarin enkele vennen, is te laag. Dit blijkt ook uit de afwezigheid van broedgevallen van ganzen in de huidige situatie. Na uitvoering van de maatregelen verandert de situatie voor de overzomerende ganzen daarom niet naar verwachting of nauwelijks. Daarnaast komen overwinterende ganzen niet in grote aantallen voor in Noordoost-Twente. Deze trekganzen hebben een sterke voorkeur voor de delta- en rivierengebieden en worden derhalve in het projectgebied Punthuizen-Stroothuizen niet verwacht. Mocht desondanks het aantal ganzen toenemen in het projectgebied, dan kan aanspraak worden gemaakt op het Faunafonds en kan de Faunabeheereenheid in overleg met Staatsbosbeheer beheer-maatregelen treffen om het aantal overzomerende ganzen terug te dringen (afschot). Dit gebeurd in lijn met het beheerplan Natura 2000 Dinkelland en de Nederlandse wet en regelgeving.

5.9 Hinder door stekende insecten

Door het aanpassen van grondwaterstanden en herstellen van slenken staat het grondwater in natte periodes vaker en op een groter oppervlak aan maaiveld. Doordat in droge perioden het water onder maaiveld wegzakt, ontstaat hier een risico op ei-afzetting, ontwikkeling van larven en op het voorkomen van volwassen stekende insecten (muggen en knutten). Juist dynamische landschapstypen waarin droge en natte situaties elkaar afwisselen vormen een geschikt broedgebied. Anderzijds leidt vernatting van de (nieuwe) natuurgebieden tot een verarming van het gebied en voormalige landbouwgrond, waardoor de kans op overlast wordt verkleind. Daar waar voedselrijke landbouwgronden natter worden en de grondwaterstand periodiek net op of onder maaiveld komt te staan, kan dit leiden tot extra overlast door muggen en knutten. Met dit hinderaspect zal in bij verdere uitdetaillering van het ontwerp rekening gehouden worden, zodat hinder door muggen voor omwonenden wordt beperkt. Mogelijke maatregelen hiervoor zijn:

- Het versneld verarmen van om te vormen landbouwgronden
- Afstroming van water over maaiveld in de slenken mogelijk maken
- Begrazing van de natuurgebieden extensiveren
- Open bufferzone creëren tussen natuur en bewoningsgebied
- Onderbreken van de 'muggencorridors', zoals houtwallen, in verder open gebieden
- In het inrichtingsplan op strategische plekken nieuwe bosschages ('muggenbosjes') aan te planten om zo muggen te concentreren op afstand van bebouwing
- Aanlegwerkzaamheden starten na de zomerperiode

6. Beheermaatregelen nieuwe natuurpercelen

In de voorgaande hoofdstukken zijn de inrichtingsmaatregelen beschreven en de effecten daarvan op natuur en omgeving benoemd. Als gevolg van deze maatregelen worden een aantal landbouwpercelen omgevormd naar natuur, zie paragraaf 4.3. In dit hoofdstuk wordt het reguliere beheer van de natuurdoeltypen, waarvoor potentie is in dit projectgebied (zie figuur 4.6) toegelicht. Dit betreft kruidenrijk grasland, nat schraalland, droge heide en vochtige heide.

6.1 Beheermogelijkheden

Agrarische gronden die een natuurbestemming krijgen, hebben niet van de ene op de andere dag de beoogde natuurwaarden. De potenties voor de natuurdoeltype zijn weergegeven in hoofdstuk 4, figuur 4.4. Voor deze percelen is na het uitvoeren van de herstelmaatregelen passend beheer nodig. Het beheer is essentieel voor de ontwikkeling en instandhouding van het gebied en de ontwikkeling van de natuurtypen. Het beheer kan worden uitgevoerd door een terreinbeherende organisatie of een particuliere organisatie zoals een landgoed of agrarische natuurvereniging. Staatsbosbeheer geeft daarbij graag ruimte aan zelfrealisatie en particulier beheer.

Het beheer van de om te vormen percelen moet voldoen aan de doelstellingen en richtlijnen die voor de betreffende beheertypen zijn opgesteld in het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL). De beheertypen die van toepassing zijn op de om te vormen percelen: kruiden- en faunarijk grasland (N12.02), nat schraalland (N10.01), vochtige heide (N06.04) en droge heide (N07.01). In figuur 4.7 staan de natuurtypen op de om te vormen percelen rond de natuurgebieden aangegeven. Een natuurtype is weer onderverdeeld in verschillende beheertypen. Zo is het natuurtype droge heide (N07) bijvoorbeeld opgedeeld in de beheertypen droge heide (N07.01) en zandverstuiving (N07.02).

Voor alle graslandtypes geldt dat maaien en afvoeren van het gewas de belangrijkste beheermaatregel is die recht doet aan de doelstelling. De frequentie van maaien en afvoeren hangt af van de verschralingstoestand van het perceel. Bij de percelen die op de juiste wijze zijn ingericht (herstel hydrologie en voedselrijkdom) is een overgangsbeheer van 10 – 20 jaar nodig om tot het gewenste beheertype te komen. Daarna is één keer per jaar maaien en afvoeren voldoende. Deze percelen zullen zich in de regel ontwikkelen als kruiden- en faunarijk grasland (N12.02), droge heide (N07.01), vochtige heide (N06.04) en nat schraalland (N10.01) (bron: natuurkennis.nl, 2017). Het overgangsbeheer op de om te vormen percelen wordt bepaald na uitvoering van een bodemkwaliteit- en bodemprofielenonderzoek. Deze onderzoeken vinden in de uitvoeringsfase ter voorbereiding aan de realisatie plaats.

6.1.1 Kruidenrijk grasland

Het beheer van kruidenrijk grasland moet zorgen voor meer kruidenrijke vegetaties en tegengaan van strooiselophoping, verruiging en verbossing. Daarnaast kan door het beheer kleinschalige structuurvariatie ontstaan die ruimte biedt aan allerlei fauna (dagvlinders en andere insecten, reptielen, vogels en dergelijke). In gebieden die belangrijk zijn voor weidevogels leidt dit tot een gunstige vegetatiestructuur en voldoende voedselaanbod.

Het beheer van kruiden- en faunarijk grasland moet worden afgestemd op de vegetatieproductie. Bij een hoge vegetatieproductie (circa >6 ton droge stof per ha) is het beheer intensieve met maaien en afvoeren, in combinatie met nabeweiding. Dit is nodig om te verschralen. Nabeweiding is het begrazen van het terrein nadat het is gehooid (in dit geval binnen enkele weken).
Wanneer de vegetatieproductie minder is geworden kan met seizoensbeweiden worden volstaan, waarbij de dichtheid tussen 1 à 1,5 GVE/ha ligt. Jaarronde begrazing is geschikt op het moment dat gestreefd wordt naar een structuurrijk grasland met ruigere delen. Om verzuring tegen te gaan kan ook bekalking toegepast worden (bron: portaalnatuurenlandschap.nl). Het (overgangs) beheer op de om te vormen percelen wordt bepaald op basis van een bodemkwaliteit- en bodem-profielenonderzoek. Deze onderzoeken moeten nog worden uitgevoerd.

6.1.2 Nat schraalland

De laaggelegen natte delen rond Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld vormen standplaatsen voor het beheertype nat schraalland (zie ook figuur 4.7). Zoals aangegeven is herstel van de grondwaterinvloed essentieel om een goede standplaatsconditie voor vochtig schraalland te bereiken. In paragraaf 4.3 zijn deze maatregelen om de basenrijke kwel te herstellen genoemd. Vervolgens moet door hooilandbeheer de instandhouding van nat schraalgrasland worden bereikt. Het jaarlijks maaien en afvoeren van het gewas (hooien) is noodzakelijk voor het behouden van het voedselarme karakter. Het maaien zal plaats moeten vinden in een droge periode, omdat het maaien van zeer natte graslanden kan resulteren in ernstige beschadiging van het bodemprofiel en kan leiden tot plaatselijke verzuring. Bodemverstoring en bodemverdichting kan worden voorkomen door lichte kleine machines te gebruiken.

Door ophoping van organisch materiaal kan extra afvoer noodzakelijk zijn. Afplaggen van de opgehoopte organische laag tot op de minerale ondergrond kan daarbij effectief zijn. Periodiek dient tevens bosopslag verwijderd te worden als dit opkomt. Tot slot is het bemesten van deze percelen niet toegestaan.

6.1.3 Droge heide

Het beheertype droge heide heeft potentie op de drogere delen ten zuiden van Punthuizen en Stroothuizen. De droge heide omvat zowel heiden, struwelen, kleine open zandige plekken en grazige vegetaties op basenarme zand- en leemgronden. Zonder beheer gaat droge heide over in bos. De meest geschikte vorm van beheer is begrazing met schaapskudden in combinatie met kleinschalig plagbeheer. Begrazing door een kudde met een herder is het meest efficiënt omdat begrazing dan gericht kan worden op de plaatsen waar dit het hardst nodig is. Begrazing met runderen is een alternatief bij verruiging van heide met grovere grassen zoals Pijpenstrootje. Voor behoud van droge heide op de lange termijn en variatie in de vegetatiestructuur is het nodig dat in het droge heide reservaat zowel de pioniersfase van de ontwikkelingsreeks als de oudere stadia in voldoende mate aanwezig zijn. Dit kan door gericht grazen of eventueel maaien.

6.1.4 Vochtige heide

De potentie voor het beheertype vochtige heide ligt vooral in de laagte ten noordwesten van Stroothuizen. Vochtige heide omvat, struwelen, grazige vegetaties, veenmosplekken, kleine stilstaande watertjes en kale bodem op zandige tot venige plaatsen. De vegetatie wordt gedomineerd door dwergstruiken en pijpenstrootje. Variatie binnen het beheertype is van groot belang voor karakteristieke faunasoorten waaronder warmteminnende diersoorten als adder en levendbarende hagedis. Bij een permanent hoge grondwaterspiegel is weinig beheer nodig omdat de successie langzaam verloopt. In verdroogde omstandigheden is het belangrijk om ontwateringsgreppels dicht te maken of eventuele grondwaterwinning in de omgeving bij te sturen, zodat het grondwaterpeil terug tot aan het maaiveld kan stijgen. Om de effecten van atmosferische depositie en verbossing tegen te gaan is beheer nodig in de vorm van plaggen, maaien en extensieve begrazing (met schapen). Plaggen gebeurt bij voorkeur kleinschalig, zodat het niet destructief werkt voor de aanwezige fauna. Om afwisseling in vegetatie te houden kan ongewenste vegetatie periodiek afgezaagd worden. Indien de grond te zuur is, kan bekalking worden toegepast met een maximum van 125kg/ha (Portaal Natuur en Landschap).

6.2 Subsidiemogelijkheden

Natuurbeheerders met natuurgrond in het Natuur Netwerk Nederland, kunnen subsidie krijgen voor natuur- en landschapsbeheer. De provincie Overijssel bepaalt de mogelijkheden en voorwaarden en geeft in het provinciaal Natuurbeheerplan aan voor welke beheertype subsidie mogelijk is. In het provinciale Openstellingsbesluit geeft provincie Overijssel aan voor welke beheertypen en toeslagen subsidie beschikbaar wordt gesteld, en hoeveel geld zij in totaal beschikbaar stelt voor subsidies.

Een beheertype beschrijft aan welke kenmerken het terrein moet voldoen. Op één beheereenheid kan één natuurbeheertype worden aangevraagd. Bij de subsidie voor natuurbeheer moet de beheerder zijn terrein openstellen. Het natuurterrein is opengesteld als het minimaal 358 dagen per jaar gratis fysiek bereikbaar en toegankelijk is. Er zijn verschillende landschapselementen waarvoor subsidie aangevraagd kan worden zoals: bosjes, hagen, poelen en knotbomen. Deze subsidie is mogelijk binnen natuurterreinen en op landbouwgrond. Voorwaarde is dat deze percelen begrensd zijn voor subsidie in het natuurbeheerplan van de provincie (bron: portaalnatuurenlandschap.nl, 2017).

7. Richting realisatiefase

7.1 Aanvullende onderzoeken

7.1.1 Onderzoeksopgave lange termijn (M31 Puntbeek en Duitsland)

In de PAS-gebiedsanalyse is naast de korte termijn maatregelen ook een onderzoeksopgave opgenomen voor potentiële maatregelen op de lange termijn. Deze is in de PAS-gebiedsanalyse geformuleerd om maatregelen achter de hand te hebben op het moment dat de maatregelen op de korte termijn onvoldoende effect hebben. Op basis van de modelberekeningen, die zijn uitgevoerd om de effecten van de korte termijn maatregelen (zoals beschreven in hoofdstuk 4) in beeld te brengen, is gebleken dat voor Punthuizen de gewenste grondwatersituatie voor de habitattypen niet gerealiseerd wordt. Om de grondwaterstanden verder te verhogen zijn aanvullende maatregelen nodig. Om inzicht te krijgen in het effect van deze maatregelen zijn deze maatregelen ten behoeve van het opstellen van het inrichtingsplan de volgende maatregelen in een gevoeligheidsanalyse beschouwd:

- Een peilverhoging van circa de helft van de Puntbeek in het traject vanaf de landsgrens tot aan de tweede vaste stuw
- Het dempen van sloten in Duitsland in een zone vanaf de landsgrens tot aan de doorgaande weg (Baumwollstrasse)
- Een combinatie van bovenstaande maatregelen

Wetende dat de korte termijn-maatregelen noodzakelijk zijn om verdere achteruitgang van de natuurwaarden te voorkomen, maar dat voor duurzaam behoud van natuurwaarden in Punthuizen extra (lange termijn) maatregelen nodig zijn, is dit duidelijk en vroegtijdig gecommuniceerd richting betrokken eigenaren. De effecten als gevolg van de lange termijnmaatregelen zijn met een gevoeligheidsanalyse in beeld gebracht en reeds meegenomen in de onderzoeken naar landbouwschade, vastgoed en erfafwatering. Hierbij is in de eigenarengesprekken gemeld dat het besluit over het al dan niet nemen van de lange termijnmaatregelen nog moet worden genomen. Hiervoor is eerst een nadere uitwerking van deze maatregelen nodig.

De onderzoeksaanpak voor uitwerking van deze lange termijnmaatregelen wordt ter voorbereiding van de realisatie verder uitgewerkt. Op basis van de daaruit volgende onderzoeksuitkomsten en het overleg met de Duitse waterbeheerder, worden deze maatregelen nader uitgedetailleerd. Op basis van deze uitwerking kan de Provincie Overijssel een besluit nemen over het al dan niet nemen van deze maatregelen. Dit betreft een bestuurlijke afweging door Gedeputeerde Staten van Provincie Overijssel.

7.1.2 Overige onderzoeken

De onderzoeken die nodig zijn als onderbouwing voor dit inrichtingsplan en het Voorontwerp Provinciaal Inpassingsplan zijn in de planuitwerkingsfase uitgevoerd en als bijlage toegevoegd. Ten behoeve van de nadere uitwerking van het inrichtingsplan en het in procedure brengen van het Ontwerp Provinciaal Inpassingsplan dienen aanvullend nog de volgende onderzoeken uitgevoerd te worden (niet limitatief):

- Bureauonderzoek Archeologie (en indien nodig een verkennend onderzoek)
- Landschapsplan en Bomen Effectanalyse (BEA)
- Bureauonderzoek Niet Gesprongen Explosieven (NGE) (en indien nodig aanvullend onderzoek). Dit onderzoek is relevant gezien de bomkraters als gevolg van dumpingen van explosieven tijdens de Tweede Wereldoorlog.
- Bodemkwaliteitsonderzoek (nutriëntenonderzoek) voor het bepalen van de definitieve beheerstrategie

Daarnaast zal voor het bepalen van mitigerende maatregelen en het vaststellen van schade mogelijk op niveau van individuele eigenaren aanvullende onderzoeken uitgevoerd moeten worden. Te denken valt hierbij aan het technisch uitwerken van mitigerende maatregelen.

7.2 Monitoring

De effecten van de voorgestelde PAS-maatregelen op de instandhouding van de natuurdoelen en op het landbouwkundig gebruik zijn in het inrichtingsplan vastgesteld op basis van modelmatige berekeningen. Om tijdens en na realisatie de effecten in de praktijk te toetsen aan de theoretische effectberekeningen, wordt een monitoringsplan opgesteld. Onderdeel van het monitoringsplan is het inrichten van een meetnet, waarbij op alle erven binnen het uitwerkingsgebied Ontwikkel-opgave Natura 2000 en op verschillende strategische punten in en rond het uitwerkingsgebied peilbuizen worden geplaatst. De peilbuizen worden in overleg met de eigenaar geplaatst. De peilbuisdata wordt aan de eigenaren beschikbaar gesteld of is door de eigenaar zelf af te lezen. Op deze manier ontstaat er volledige transparantie voor wat betreft de effecten van de maatregelen op de grondwaterstanden en worden eventuele afwijkingen vroegtijdig gesignaleerd. In het monitoringsplan wordt ook ingegaan op de mogelijkheden om gedurende of na realisatie bij te sturen (en de kaders waarbinnen dat kan).

Specifiek voor de monitoring van de instandhoudingsdoelen in de Natura 2000-deelgebieden wordt, op basis van een jaarlijks veldbezoek aan Natura 2000-gebied Dinkelland (door provincie Overijssel en Staatsbosbeheer) de ontwikkeling van de habitattypen en maatgevende soorten bijgehouden en geanalyseerd.

7.3 Ruimtelijke procedure en vergunningen

De voorgestelde maatregelen zijn niet uit te voeren zonder de nodige besluiten, vergunningen en ontheffingen. Ten behoeve van de realisatiefase is een vergunningsinventarisatie uitgevoerd (Tauw, 2017c). Onderstaand volgt een globale opsomming hiervan:

- Provinciaal inpassingsplan
- Milieueffectrapportage (m.e.r.)
- Aanpassing PAS-gebiedsanalyse
- Omgevingsvergunning:
  - Archeologische waarden
- Watervergunning
- Ontgrondingenvergunning

De planologische verankering, vergunningen en ontheffingen worden voorafgaand aan de uitvoering in procedure gebracht of aangevraagd. De inhoud van de aanvragen of meldingen is deels afhankelijk van nadere uitwerking van maatregelen. Uitvoering van een deel van de in dit inrichtingsplan beschreven maatregelen past niet binnen de vigerende bestemmingsplannen van de gemeente Losser en Dinkelland. Voor een deel van het gebied waar de maatregelen plaatsvinden is een functiewijziging noodzakelijk. Hiervoor wordt een Provinciaal Inpassingsplan (PIP) opgesteld. Dit ruimtelijk plan vormt de juridisch-planologische basis voor de realisatie van de maatregelen. Om aan te tonen dat de voorgenomen ontwikkelingen voldoen aan de eis van een goede ruimtelijke ordening wordt in de toelichting van het ruimtelijk plan onder andere beschreven wat de invloed is op een aantal omgevingsaspecten. Het gaat hierbij om bijvoorbeeld ecologie, water, archeologie en bodemkwaliteit.

7.4 Schadeafhandeling

Eigenaren die schade ondervinden als gevolg van de maatregelen worden hierin gecompenseerd. In eerste instantie zal worden onderzocht of met mitigerende maatregelen de schade kan worden voorkomen of beperkt. Is dat niet mogelijk dan wordt in overleg met de eigenaar gezocht naar financiële compensatie. Ook is het soms mogelijk een eigenaar in grond te compenseren. Hiervoor worden door de provincie Overijssel overeenkomsten gesloten met de betreffende eigenaren of gebruikers. In de overeenkomsten die de eigenaren met de provincie sluiten, wordt ook opgenomen op welke wijze wordt omgegaan met afwijkingen die ontstaan ten opzichte van de gehanteerde uitgangspunten bij de schadebepaling vooraf. Het voornemen bestaat om voor toekomstige schademeldingen een schadeloket te openen. Hierin werken de waterschappen en provincie Overijssel samen. Op deze manier is er ook na realisatie van de maatregelen ten behoeve van de eerste PAS periode een verantwoordelijke partij, die op schades kan worden aangesproken.

Bijlage 1

Bronnen

Aequator, 2017; bodem, grondwater en bodemgeschiktheid Punthuizen/Stroothuizen

Aggenbach, C.J.S. & A.J.M. Jansen, 2004; Effectgerichte maatregelen tegen verdroging, verzuring en stikstofdepositie in beekdalen (Twenthe) en natte duinvalleien in het Renodunale District (Goeree-Overflakkee). KWR 02.103, Kiwa Water Research, Nieuwegein

Aggenbach, C.J.S., D. Groenendijk, R.H. Kemmers, H.H. van Kleef, A.J.P. Smolders, W.C.E.P. Verberk & P.F.M. Verdonschot, 2009; Preadvies beekdallandschappen; Knelpunten, kennislacunes en kennisvragen voor natuurherstel in beekdalen. Ministerie van LNV, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij

Arts, G.H.P., E. Brouwer & N.A.C. Smits, 2014; Herstelstrategie H3130: Zwakgebufferde vennen

Beije, H.M., A.J.M. Jansen, L. van Tweel-Groot, J. Smits & N.A.C. Smits, 2014a; Herstelstrategie H4010A: Vochtige heiden (hogere zandgronden)

Beije, H.M., R.W. de Waal & N.A.C. Smits, 2014b; Herstelstrategie H4030: Droge heiden

Beije, H.M., A.J.M. Jansen, Q.L. Slings & N.A.C. Smits, 2014c; Herstelstrategie H6410: Blauwgraslanden

Beije, H.M., A.J.M. Jansen, L. van Tweel-Groot, M.A.P. Horsthuis & N.A.C. Smits, 2014d; Herstelstrategie H7150: Pioniervegetaties met snavelbiezen

Dongen van. R., F. Eysink, E. van der Ent, H. Brummelman, 2017; Ecologische onderbouwing maatregelenpakket gebiedsuitwerking Punthuizen, Stroothuizen en Beuniger Achterheide.

Groenendijk, 2016; Achtergronddocument handreiking bemesting ontwikkelopgave EHS/Natura 2000 in Overijssel.

Grootjans, A.P., F.H. Everts, A.T.W. Eysink, A.J.M. Jansen, A.J.P. Smolders & E. Takman 2012; Beekdallandschap

IB Vreeswijk, 2017; rapportage controle mestkelders

Jansen, A.J.M., M.C.C. de Graaf J.G.M. Roelofs 1996; The restoration of species-rich heathland communities in The Netherlands. Vegetation 126: 73-88

Jansen, A.J.M., Grootjans, A.P. & M.H. Jalink, 2000; Hydrology of Dutch Cirsio-Molinietum meadows: prospects for restoration. Applied Vegetation Science 3: 51-64

Jansen, A.J.M., Eysink, A.Th.W. & C. Maas, 2001; Hydrological processes in a Cirsio-Molinietum-fen meadow: implications for restoration. Ecological Engineering 17: 3-20

Jansen, A.J.M., R.M. Bekker, R. Bobbink, J.H. Bouwman, R. Loeb, H. van Dobben, G.A. van Duinen & M.F. Wallis de Vries 2010; De effectiviteit van de regeling Effectgerichte Maatregelen (EGM) voor Rode-lijstsoorten. Rapport DKI nr. 2010/dk 137-O

KWR, 2016a; Analyse actuele toestand en trends grondwater-kwaliteit Stroothuizen. Rapport: KWR 2016.093

KWR, 2016b; Analyse van actuele en vereiste kwelfluxen voor basenminnende habitattypen in Stroothuizen en Punthuizen. Rapport: KWR 2016.115

Moning & Siebinga, 2016; De handreiking bemesting ontwikkelopgave EHS/Natura2000 Overijssel

Natuurkennis, 2017; beschikbaar via www.natuurkennis.nl

Portaal natuur en landschap 2017; beschikbaar via www.portaalnatuurenlandschap.nl

Provincie Overijssel, 2013; Cultuurhistorische waardenkaart via gisopenbaar.overijssel.nl/viewer www.markegrenzen.nl

Provincie Overijssel, 2016; Natura 2000 beheerplan Dinkelland

Provincie Overijssel 2017a; Natura 2000 PAS-gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Dinkelland

Provincie Overijssel, 2017b; Omgevingsvisie en -verordening Overijssel 2017 Beken kleur

RAAP, 1997; Herinrichting Losser-Noord, een archeologische inventarisatie, kartering en advieskaart. RAAP-rapport 264

RIVM, 2015; AERIUS monitor 2015

Staatsbosbeheer, 2015; beslisdocument verkenningsfase Natura 2000-gebied Dinkelland-deelgebied Punthuizen-Stroothuizen

Staatsbosbeheer, 2017; Voorstel uit te voeren interne PAS maatregelen Dinkelland (Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld)

Tauw, 2017a; NBW toetsing (Toetsing Nationaal Bestuursakkoord Water)

Tauw, 2017b; Onderzoek effecten hydrologische inrichtingsmaatregelen Punthuizen - Stroothuizen in relatie tot de erfafwatering

Tauw, 2017c; Vergunningenscan planuitwerking Punthuizen-Stroothuizen

Wareco, 2016 en 2017; Bebouwingsonderzoek vernatting natuurgebied Punthuizen-Stroothuizen (per adres uitgevoerd)

Bijlage 2

Begrippenlijst

Abiotisch: De term voor een externe milieufactor die geen biologische oorsprong heeft. Heeft betrekking op de fysisch-chemische factoren die van invloed zijn op de levende wezens.

Basen (-rijk, -arm): Een base is een molecuul dat waterstof kan binden en kan in meerdere stoffen voorkomen (bv. kalk, natriumhydroxide, ammoniak). Een base is de tegenhanger van een zuur en heeft een PH hoger dan 7. Basenrijk of basenrijk zijn eigenschappen van grondwater. Het geeft aan in welke mate er basische stoffen zijn opgelost (zoals kalk).

Bekeerdgrond: Beekeerdgronden zijn zand-eerdgronden die meestal voorkomen in beekdalen. De bodem bestaat uit een voedselrijke humuslaag die overgaat in een voedselarme laag van dekzand.

Beheerplan: Een Natura 2000-beheerplan is vastgesteld door Gedeputeerde Staten van de provincie Overijssel en beschrijft het gebied, de te behalen instandhoudingsdoelstellingen en wat er nodig is om deze te realiseren. Het beheerplan beschrijft welke activiteiten er in het gebied mogen plaatsvinden en welke activiteiten vergunningplichtig zijn. Het beheerplan heeft een geldigheidsduur van 6 jaar.

Beïnvloedingsgebied: Het gebied rond het uitwerkingsgebied Ontwikkelopgave Natura 2000 waar geen maatregelen worden genomen maar wel effecten van maatregelen merkbaar zijn.

Buffercapaciteit: De mate waarin een systeem in staat is te compenseren voor veranderingen in zuurconcentraties.

Dekzandrug: Een opgestoven langgerekte hoogte van dekzand.

Doelgat: Het verschil tussen de actuele situatie van de grondwaterstand en de optimale grondwaterstand voor een bepaald habitattype.

Drainagebasis: Het niveau waarbij de afvoer van grondwater naar een specifiek ontwateringssysteem (bv. sloot of vaart) is gereduceerd tot nul. Ook wel ontwateringsbasis genoemd.

Eutrofiëring: Het voedselrijker worden van bodem-, en oppervlaktewater bijvoorbeeld door overbemesting met kunstmest. Een van de gevolgen van eutrofiëring is overmatige groei van algen (waterbloei).

Externe maatregelen: De herstelmaatregelen die buiten de Natura 2000 begrenzing van Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld plaatsvinden.

PAS-gebiedsanalyse: Document waarin voor het Natura 2000-gebied Dinkelland ecologisch wordt onderbouwd welke gebiedsspecifieke herstelmaatregelen, noodzakelijk zijn om de gestelde doelen voor stikstofgevoelige habitattypen en (leefgebieden van) soorten te realiseren.

Gooreerdgronden: Gooreerdgronden zijn zandgronden met een een donker gekleurde bovengrond, bestaande uit humus en een sterk gebleekte, vrijwel ijzerloze ondergrond. Deze gronden ontstaan in natte laagten in heideslenken en oorspronggebieden, gevoed door regenwater en lokaal grondwater.

Habitattypen: Ecosysteemtype op het land of water met karakteristieke geografische, abiotische en biotische kenmerken, die zowel geheel natuurlijk als halfnatuurlijk kunnen zijn.

Humus(inspoelingslaag): Humus of teelaarde is het traag afbreekbare deel van organische stof in de bodem. Het gaat hierbij om dood materiaal van plantaardige oorsprong. Humus kan door neergaand water in de bodem inspoelen zodat er een donkere mineraalrijke inspoelingslaag ontstaat.

Instandhoudingsdoelstellingen: Doelstellingen die aangeven of de kwaliteit en de oppervlakte van habitattypen doelmatig worden behouden of uitgebreid mogen worden.

Intrekgebied: (gebieden waar het grondwater in de bodem zakt om vervolgens elders weer naar boven gedrukt te worden).

Inundatieduur: Percentage van het jaar waarin het land onder water staat.

Interne maatregelen: De maatregelen die binnen de begrenzing van de natuurgebieden Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld plaatsvinden.

Inzijging: Het doorsijpelen van water door de bodem naar het grondwater en verder naar beneden.

Jong grondwater: Grondwater dat zich dicht bij het oppervlak bevindt en snel beweegt. Jong grondwater wordt ook gemakkelijker door mensen aangetast en is kwetsbaarder voor klimaatverandering dan oud grondwater dat zich dieper bevindt.

Korte termijnmaatregelen: De maatregelen die in de eerste PAS periode (tot 2021) genomen worden om de natuur te herstellen.

Kwel: Water dat door natuurlijke of kunstmatige hoogteverschillen onder druk staat en dat daardoor door de ondergrond stroomt en plaatselijk aan de oppervlakte kan treden. Het tegenovergestelde van kwel is inzijging.

Lange termijnmaatregelen: Maatregelen waarvoor in de PAS-gebiedsanalyse een aanvullende onderzoeksopgave geldt en die, op het moment dat blijkt dat met de korte termijnmaatregelen de natuurdoelen niet geheel worden bereikt, aanvullend kunnen worden uitgewerkt en ingezet.

Leggerwatergang: Een sloot of vaart die is opgenomen in de legger van het waterschap. De legger is een verzameling van tekeningen en documenten waarop het hele beheergebied van het waterschap staat. Een leggerwatergang is van betekenis voor de waterafvoer in het gebied

Maaiveld: Aanduiding voor de hoogte van het grondoppervlak. Het grensvlak tussen de ondergrond en de lucht.

Mesotroof: Matige voedselrijk, dus bodem of grondwater met matige beschikbaarheid van voedingsstoffen zoals stikstof en fosfaat

Natura 2000: Natura 2000 is de benaming voor een Europees netwerk van natuurgebieden waarin belangrijke flora en fauna voorkomen die zijn beschermd op grond van de Vogelrichtlijn van 1979 en de Habitatrichtlijn van 1992.

Oligotroof: Voedselarm, bodem of grondwater met weinig voedingsstoffen zoals stikstof en fosfaat

pH: maat voor de zuurtegraad

Uitwerkingsgebied Ontwikkelopgave Natura 2000: Het gebied dat rondom de bestaande natuurgebieden ligt en waar PAS maatregelen worden genomen. Deze gronden zijn nu veelal in agrarisch gebruik.

Veldpodzol: Een zandgrond met een hoog organische stof gehalte die veel voorkomt in heidegebieden. Veldpodzolen worden veel aangetroffen in laaggelegen landschappen met hoge grondwaterstanden. Kenmerkend voor dit bodemtype is de uitspoeling van ijzer en mineralen.

Verdroging: Het droger worden van de bodem door (grond)waterstanddaling of oppervlakkige afstroming van water. Door het draineren van landbouwgrond of het oppompen van grondwater droogt de bodem uit. Door het onttrekken van basenrijk grondwater of het irrigeren met gebiedsvreemd water met een andere chemische samenstelling kunnen stoffen als stikstof en nitraat weer de overhand krijgen. Dit leidt tot vermesting en vervolgens tot verzuring. Er bestaan dus veel connecties tussen verzuring, vermesting en verdroging

Vermesting: Het proces waarbij extra voedingstoffen zoals stikstof en fosfaat aan de bodem worden toegevoegd. Dit vind plaats door bemesting van land door boeren, ammoniakuitstoot door koeien of neerslaan van zwaveldioxide uit de lucht. Door vermesting kan de ecologische kringloop verstoordraken. Dit kan er bijvoorbeeld toe leiden dat er in een gebied één plantensoort erg gaat overheersen. Ook versterkt vermesting de algenbloei in oppervlaktewateren.

Verzuring: Het steeds zuurder worden van de bodem door de uitstoot en het neerslaan van zuurvormende stoffen. Door deze zuurvormende stoffen vermindert het vermogen van de bodem om het zuur te bufferen (het behouden van evenwicht in de zuurgraad). Door toename van nitraat en aluminium in het grondwater vermindert het leefklimaat van flora en fauna wat resulteert in een afname in biodiversiteit. De belangrijkste oorzaak voor verzuring in Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld is vermesting.

Bijlage 3

Maatregeltabel Inrichtingsplan

Inrichtingsmaatregelen Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

Nr. Maatregel Gebiedsanalyse	Maatregel Gebiedsanalyse 2017	Voorstel: maatregel Gebiedsanalyse 2018		Maatregel IP	Knelpunt	Waarom	Deelgebied	Opmerking
Zone 1								
M1b	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; percelen binnen Natura 2000 gebied	geen aanpassing	M1b, M14a	Dempen sloten zuiden van Punthuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Percelen maken direct onderdeel uit van het grondwatersysteem dat van belang is voor Punthuizen. De ontwateringssloten zorgen ervoor dat de opbolling in dekzandruggen verminderd.	Punthuizen	M14a is al deels uitgevoerd. M3a ten zuiden van Punthuizen is al uitgevoerd
M14a	Dempen sloot op grens Nederland-Duitsland ten zuidoosten van Punthuizen (herstel waterhuishouding)	geen aanpassing						
M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)	geen aanpassing	M16	Stoppen bemesting ten zuiden van Punthuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen Percelen maken direct onderdeel uit van het grondwatersysteem dat van belang is voor Punthuizen. De percelen fungeren als infiltratiegebied en de laagtes in het perceel vormen de oorsprong van de laagtes in punthuizen waar zich de grondwaterafhankelijke habitattypen bevinden. De bemesting zorgt voor uitspoeling van meststoffen via grondwater en oppervlakkige afstroming.	Punthuizen	
			M1b	Herstellen historische laagten ten zuiden van Punthuizen	Bemesting door agrarisch gebruik, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen De laagtes in perceel vormen de oorsprong van de laagtes in Punthuizen.	Punthuizen	herstellen van de laagte is onderdeel van inrichten nieuwe natuur en herstellen van de slenk in Punthuizen
Zone 10								
M30	Lokaal ophogen maaiveld, verondiepen lokale ontwatering, verleggen detailontwatering op Puntbeek en leggerwaterloop 32010002	Verwijderen en verondiepen ontwatering (dempen en verondiepen sloten, verwijderen buisdrains) en eventueel vergoeding natschade of uitvoeren mitigerende maatregelen ivm vernatting door verwijderen/verondiepen ontwatering; nog uit te werken in samenspraak met de eigenaar	M30	Dempen sloten westen van Punthuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van grondwater in de dekzandruggen aan de westzijde van Punthuizen. Dit is nodig voor kwaliteitsverbetering van natte heide, blauwgrasland en zwakgebufferd ven in Punthuizen.	Punthuizen	Perceelsloten buiten N2000 staan niet in de gebiedsanalyse. Dit is het laagste punt in het gebied en daarom in de toekomstige situatie hebben deze sloten effect op de habitattypen in Punthuizen en moeten die verwijderd worden. Voorstel om op deze percelen M30 uit te voeren
M1a	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains); percelen binnen Natura 2000 gebied		M1a	Dempen sloten westen van Punthuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van grondwater in de dekzandruggen aan de westzijde van Punthuizen. Dit is nodig voor kwaliteitsverbetering van natte heide, blauwgrasland en zwakgebufferd ven in Punthuizen.	Punthuizen	Perceelsloten op deze percelen staan niet in gebiedsanalyse. Een perceel betreft bestaande natuur binnen de Natura 2000 begrenzing in particuliere bezit. De ontwatering op dit perceel heeft effect op de grondwaterafhankelijke habitattypen in Punthuizen. Voorstel om op deze percelen M1a uit te voeren

M3a	Dempen leggerwaterloop aan de noord-, west-, en zuidzijde van Punthuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	Hydrologisch isoleren leggerwatergang langs de Punthuizerweg	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van grondwater in de dekzandruggen aan de westzijde van Punthuizen. Dit is nodig voor kwaliteitsverbetering van natte heide, blauwgrasland en zwakgebufferd ven in Punthuizen.	Punthuizen	
			M3a	Verondiepen bermsloot westzijde Punthuizerweg tot 30 cm - mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van grondwater in de dekzandruggen aan de westzijde van Punthuizen. Dit is nodig voor kwaliteitsverbetering van natte heide, blauwgrasland en zwakgebufferd ven in Punthuizen.	Punthuizen	bermsloot westzijde Punthuizerweg staan niet in de gebiedsanalyse 2017. De sloten liggen dermate dichtbij Punthuizen dat ze effect hebben op de habitattypen in Punthuizen Voorstel om dit onderdeel te laten zijn van maatregel M3a
			M3a	Dempen bermsloot ten zuiden Holtweg	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld	Maatregelen kunnen ook gezien worden als onderdeel van maatregel M1b. Vanwege de aandacht voor drooglegging van de weg wordt voorgesteld de bermsloten apart te benoemen in maatregel M3a.
Zone 20								
M1b	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; betreft percelen binnen Natura 2000 aan de noordzijde (deels ook nodig voor Beuniner Achterveld) en kleine enclaves in Punthuizen	Verwijderen en verondiepen ontwatering (dempen en verondiepen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; betreft percelen binnen Natura 2000 aan de noordzijde (deels ook nodig voor Beuniner Achterveld) en kleine enclaves in Punthuizen	M1b	Dempen sloten ten Noordwesten van Punthuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Dempen van sloten om opbolling in westelijke dekzandrug van Punthuizen te verbeteren	Punthuizen	Ook ontwatering op perceel met bestaande natuur verwijderen
			M1b	Verondiepen sloten 30 cm-mv ten Noordwesten van Punthuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Verondiepen van sloten om opbolling in westelijke dekzandrug van Punthuizen te verbeteren	Punthuizen	gedeelte van de ontwatering verondiepen in plaats van dempen om knelpunten voor afwatering van het erf te voorkomen
M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)		M16	Stoppen bemesting ten noordwesten van Punthuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen. Percelen maken direct onderdeel uit van het grondwatersysteem dat van belang is voor Punthuizen. De percelen fungeren als infiltratiegebied. De bemesting zorgt voor uitspoeling van meststoffen via grondwater en oppervlakkige afstroming.	Punthuizen	
Zone 40								
M1b	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; betreft percelen binnen Natura 2000 aan de noordzijde (deels ook nodig voor Beuniner Achterveld) en kleine enclaves in Punthuizen		M1b, M3a	Dempen sloten	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van het grondwater in de dekzandruggen van Punthuizen en de Beuninger Achterheide.	Punthuizen, Beuninger Achterveld	

M3a	Dempen leggerwaterloop aan de noord-, west-, en zuidzijde van Punthuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)						
M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)		M16	Stoppen bemesting	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen. Bemesting wordt gestopt omdat het perceel direct grenst aan het N2000 gebied en onderdeel uitmaakt van het lokale systeem met korte reistijd (minder dan 1 jaar) dat de grondwaterafhankelijke habitattypen van voedselarme milieus voedt. Door de nieuwe inrichting is er een direct instroom van oppervlaktewater in Beuninger Achterheide.	Beuninger Achterveld	
M23	Uitgraven oorspronkelijke laagten; rekening met drainerende werking van afgraven en voldoende hoog blijven van dekzandkoppen, zodat ze voldoende berging behouden voor opbolling van grondwater		M23	Herstellen historisch relief	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen. Potentie habitattypen Blauwgrasland	Punthuizen, Beuninger Achterveld	
Zone 50								
M1b	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; betreft percelen binnen Natura 2000 aan de noordzijde (deels ook nodig voor Beuniner Achterveld) en kleine enclaves in Punthuizen		M1b	Dempen sloten	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van het grondwater in de dekzandruggen van Punthuizen en de Beuninger Achterheide en vermindering ontwatering van de oostelijke laagte in Punthuizen waar zich grondwaterafhankelijke habitattypen bevinden, o.a. vochtige heide	Punthuizen, Beuninger Achterveld	
M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)		M16	Stoppen bemesting	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen. Bemesting wordt gestopt omdat het perceel direct grenst aan het N2000 gebied en onderdeel uitmaakt van het lokale systeem met korte reistijd (minder dan 1 jaar) dat de grondwaterafhankelijke habitattypen van voedselarme milieus voedt. Door de nieuwe inrichting is er een direct instroom van oppervlaktewater in Beuninger Achterheide.	Beuninger Achterveld	
M23	Uitgraven oorspronkelijke laagten; rekening met drainerende werking van afgraven en voldoende hoog blijven van dekzandkoppen, zodat ze voldoende berging behouden voor opbolling van grondwater		M23	Herstellen historisch reliëf	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen	Punthuizen, Beuninger Achterveld	
Zone 60								
M30	Lokaal ophogen maaiveld, verondiepen lokale ontwatering, verleggen detailontwatering op Puntbeek en leggerwaterloop 32010002	Verwijderen en verondiepen ontwatering (dempen en verondiepen sloten, verwijderen buisdrains) en eventueel vergoeding natschade of uitvoeren mitigerende maatregelen ivm vernatting door verwijderen/verondiepen ontwatering; nog uit te werken in samenspraak met de eigenaar	M30	Dempen sloten en verwijderen drainage ten westen van Beuninger Achterveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Lokaal ophogen van maaiveld is niet als onderdeel van dit inrichtingsplan meegenomen. Wel is de schade en mogelijke mitigerende maatregelen in kaart gebracht. Met de de afdeling grondzaken van de provincie Overijssel wordt het wel of niet uitvoeren van deze mitigerende maatregelen afgestemd

M3a	Dempen leggerwaterloop aan de noord-, west-, en zuidzijde van Beuninger Achterveld	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a, M28	Hydrologisch isoleren leggerwatergang langs Punthuizerweg vanaf westzijde Punthuizen (ter hoogte van Punthuizerweg 5)	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Vanwege knelpunten vanuit de toetsing aan de provinciale wateroverlast normen (NBW-toets) en knelpunten voor de erfafwatering is voorgesteld de maatregel aan te passen tot hydrologisch isoleren van de leggerwatergang aan de punthuizerweg
M28	Verondiepen leggerwatergang	verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen	M3a	Dempen leggerwatergang ten zuidwesten van Beuninger Achterveld, langs de Strengeveldweg	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld	De verduikerde leggerwatergang ten zuiden van Beuninger Achterveld komt uit op deze watergang. Tijdens uitvoering van de maatregelen moet hier rekening mee gehouden worden. Het dempen van de legger zonder aanpassen van de verduikerde legger, kan voor problemen zorgen op de erven tussen Beuninger Achterveld en Punthuizen
			M3a	Verontdiepen leggerwatergang ten westen van Beuninger Achterveld (oplopend van 30 cm- mv naar 50 cm - mv)	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Verondiepen om afwatering vanuit natuurgebied, erven en infrastructuur te behouden
			M30	Verondiepen van kavelsloten 30 cm - mv ten westen van Beuninger Achterveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
			M3a	Verontdiepen bermsloot ten noorden Holtweg 30 cm - mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld	Maatregelen kunnen ook gezien worden als onderdeel van maatregel M30. Vanwege de aandacht voor drooglegging van de weg wordt voorgesteld de bermsloten apart te benoemen in maatregel M3a.
Zone 70								
M27	Verwijderen detailontwatering, stoppen agrarisch gebruik vanwege sterk vernatting, evt. inrichten; dezeliggen aan de noordzijde, afwatering van dit perceel is niet meer mogelijk door dempen leggerwaterloop aan de oostzijde van Stroothuizen		M27	Dempen sloten en verwijderen drainage in strengeveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de noord-, west-, en zuidzijde van Beuninger Achterveld	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	Dempen leggerwatergang in Strengeveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
			M27	Stoppen bemesting in strengeveld	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen Bemesting wordt gestopt omdat gronden fungeren als intrekgebied voor Stroothuizen.	Stroothuizen	
			M27	Herstellen historisch reliëf in Strengeveld	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen		
Zone 80								
M3b	Optie 1: Verwijderen detailontwatering, ophogen bodem, voorzetting agrarisch gebruik	Verminderen ontwatering (verondiepen sloten, verondiepen buisdrains)	M3c	Dempen kavelsloot noordoostzijde perceel en verwijderen drainage oostzijde perceel	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	

M3c	Optie 2: Verwijderen detailontwatering, stoppen bemesting, beïndigen agrarisch gebruik	Verwijderen ontwatering (verwijderen sloten, verwijderen buisdrains), stoppen bemesting	M3a	Verondiepen bermsloten 30 cm - mv ooszijde en zuidwestzijde perceel	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Deze sloten waren onderdeel van de maatregelen M3b/M3c. Het voorstel is om bermsloten aan verharde wegen onder te brengen in M3a vanwege de aandacht voor drooglegging van de wegen. Verondiepen om afwatering vanuit infrastructuur te behouden
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de zuid-, oost-, zuidoost en noordwestzijde van Stroothuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3b	Verontdiepen drainage westzijde perceel 60 cm - mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Uitkomst van onderzoeksopgave M11 (nutrientenonderzoek voor bepalen intrekgebieden). Oostelijk deel is geen intrekgebied dus stoppen bemesting niet nodig.
			M3a	Verondiepen bermsloot punthuizerweg 60 cm-mv				Deze sloot was onderdeel van M3b/M3c. Het voorstel is om bermsloten onder te brengen in M3a vanwege de aandacht voor drooglegging van de wegen
			M3a	Verontdiepen/verleggen leggerwatergang 60 cm - mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Verondiepen om afwatering vanuit erf te behouden
			M3c	Stoppen bemesting	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen Bemesting op het oostelijk deel van de huiskavel wordt gestopt omdat gronden fungeren als intrekgebied voor Stroothuizen.	Stroothuizen	Uitkomst van onderzoeksopgave M11 (nutrientenonderzoek voor bepalen intrekgebieden)
Zone 90								
M3b	Optie 1: Verwijderen detailontwatering, ophogen bodem, voorzetting agrarisch gebruik		M3c	Dempen sloten en verwijderen drainage ten zuiden van Stroothuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
M3c	Optie 2: Verwijderen detailontwatering, stoppen bemesting, beindigen agrarisch gebruik	Verwijderen ontwatering (verwijderen sloten, verwijderen buisdrains), stoppen bemesting	M3a	Verontdiepen bermsloot langs Punthuizerweg 60 cm mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Verondiepen om afwatering vanuit erven te behouden
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de zuid-, oost-, zuidoost en noordwestzijde van Stroothuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	dempen leggerwatergang	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
			M3c	Stoppen bemesting ten zuiden van Stroothuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen	Stroothuizen	Uitkomst van onderzoeksopgave M11 (nutrientenonderzoek voor bepalen intrekgebieden)
Zone 100								
M27	Verwijderen detailontwatering, stoppen agrarisch gebruik vanwege sterk vernatting, evt. inrichten; dezeliggen aan de noordzijde, afwatering van dit perceel is niet meer mogelijk door dempen leggerwaterloop aan de oostzijde van Stroothuizen		M27	Dempen sloten ten noorden van Strengeveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de zuid-, oost-, zuidoost en noordwestzijde van Stroothuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	Dempen leggerwatergang te noorden van Strengeveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	

			M27	Stoppen bemesting ten oosten van Stroothuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen	Stroothuizen	
			M27	Herstellen historisch reliëf ten noorden van Strengeveld	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen		
Zone 110								
M27	Verwijderen detailontwatering, stoppen agrarisch gebruik vanwege sterk vernatting, evt. inrichten; dezeliggen aan de noordzijde, afwatering van dit perceel is niet meer mogelijk door dempen leggerwaterloop aan de oostzijde van Stroothuizen		M27	Dempen sloten en verwijderen dainage ten oosten van Stroohuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de zuid-, oost-, zuidoost en noordwestzijde van Stroothuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	Dempen leggerwatergang ten oosten van Stroothuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
				eventueel aanleggen nieuwe sloot ten oosten van Stroothuizen				staat niet in gebiedsanalyse. Wordt aangelegd op de grens natuurinrichting en landbouwkundig gebruik tbv van afwatering van het perceel en duidelijke begrenzing tussen landbouw en natuur
			M27	Herstellen historisch reliëf ten oosten van Stroothuizen	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen		
			M27	Stoppen bemesting ten oosten van Stroothuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen. Bemesting wordt gestopt omdat de perceelsdelen (nagenoeg) direct grenzen aan het N2000 gebied en onderdeel uitmaken van het lokale systeem met korte reistijd (minder dan 1 jaar) dat de grondwaterafhankelijke habitattypen van voedselarme milieus voedt.	Stroothuizen	bemesting wordt niet op hele perceel gestopt. De rand van het perceel blijft in agrarisch gebruik
M28	Verondiepen leggerwaterloop noordoostzijde van Stroothuizen							Wordt niet uitgevoerd. Zie ecologische onderbouwing (Van Dongen et al, 2017, bijlage 5 van het inrichtingsplan)
Zone 120								
M1a	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains); percelen binnen Natura 2000 gebied		M1a, M3a, M27, M26	Dempen sloten en verwijderen drainage ten noorden van Stroothuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	gronden met bestaande natuur zijn niet meegenomen in de gebiedsanalyse.
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de zuid-, oost-, zuidoost en noordwestzijde van Stroothuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	Verontdiepen bermsloten te noorden van Stroothuizen 30 cm - mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	staat niet in gebiedsanalyse

M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)		M26, M23	Herstellen historisch reliëf ten noorden van Stroothuizen	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen Potentie habitattypen Blauwgrasland		M16 wordt uitgevoerd bijpassend bij de gekozen natuurinrichting. Niet noodzakelijk voor bestaande natuur
M23	Uitgraven oorspronkelijke laagten; rekening met drainerende werking van afgraven en voldoende hoog blijven van dekzandkoppen, zodat ze voldoende berging behouden voor opbolling van grondwater							
M26/M27	verwijderen detailontwatering, stoppen agrarisch gebruik vanwege sterke vernatting, evt. inrichten; deze percelen liggen aan de oost- zuidoost- en noordwestzijde van Stroothuizen							
Zone 130								
M1a	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains); percelen binnen Natura 2000 gebied		M1a, M1b	Dempen sloten ten zuiden van Stroothuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Het gebied maakt direct onderdeel uit van het lokale grondwatersysteem van Stroothuizen. Het dempen van de sloten zorgt voor grote opbolling in de dekzandruggen en versterkt daarmee de toestroom van lokaal grondwater naar de laagte en flanken in Stroothuizen.	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
M1b	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; percelen binnen Natura 2000 gebied		M16	Stoppen bemesting te zuiden van Stroothuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen. Bemesting wordt gestopt omdat de percelen direct grenzen aan het N2000-gebied en onderdeel uitmaken van het lokale systeem met korte reistijd (minder dan 1 jaar) dat de grondwaterafhankelijke habitattypen van voedselarme milieus voedt.	Stroothuizen	staat niet in gebiedsanalyse. Uitkomst van onderzoeksopgave M11 (nutrientenonderzoek voor bepalen intrekgebieden)
M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)							

Interne maatregelen

Nr. Maatregel Gebiedsanalyse	Maatregel Gebiedsanalyse	Voorstel: maatregel Gebiedsanalyse 2018	Maatregel IP	Knelpunt	Ten behoeve van	Deelgebied	Opmerking
M19	Periodiek plaggen (H4010 18,5 ha. 1x/20 jaar of langer; H7150 1,08 ha. 1x/5 jaar of langer; H6230 0,45 ha.)		Periodiek plaggen in de H7150, H6230 en H4010A gekarteerde plaatsen. Ook zoekgebieden en combinatietypen komen in aanmerking. De te plaggen oppervlakte is circa 10 ha.	Vergrassing, overschrijding KDW, afname oppervlakte van habitattype	Herstel en instandhouding van pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150), heischrale graslanden (H6230)en vochtige heiden (H4010A).	Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld	Voordat er binnen de deelgebieden geplagd en of gechopperd kan worden moet eerst de hydrologie op orde zijn. Vlak voordat het grondwaterpeil omhoog wordt gebracht dienen de plagwerkzaamheden uitgevoerd te worden
M20	Plaggen (evt. bekalken en chopperen) 1x/20 jaar of langer) H4030 47,1 ha.; H6230 0,45 ha.		Bestaande pijpestrohorsten in Beuninger Achterveld chopperen (circa 7 ha.)	Overschrijding KDW, afname oppervlakte van habitattype	Herstel en instandhouding van heischrale graslanden (H6230) en droge heiden (H4030)	Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld	Voordat er binnen de deelgebieden geplagd en of gechopperd kan worden moet eerst de hydrologie op orde zijn. Vlak voordat het grondwaterpeil omhoog wordt gebracht dienen de plagwerkzaamheden uitgevoerd te worden

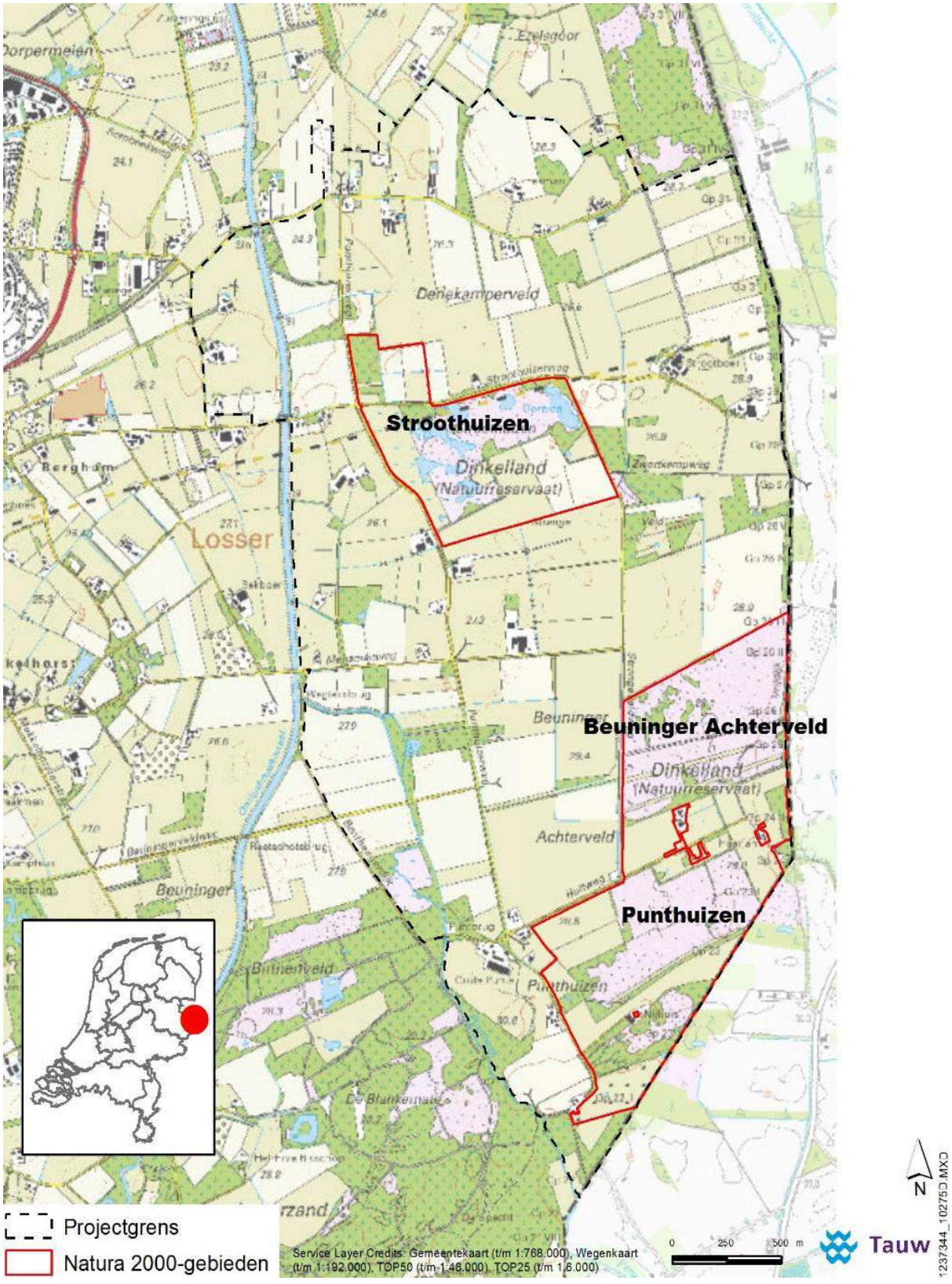
M21	Periodiek verwijderen van opslag van bomen en struiken. H4010a 18,3 ha.; H4030 47,1 ha.		Verwijderen ongewenste vegetatie (grove den en berk), circa 36 ha.. Opslag met een stamdikte < 3 cm: uittrekken en laten liggen. Opslag met een stamdikte > 3 cm: afzagen en afvoeren. Nabeweiding na verwijderen opslag is gewenst op opnieuw opkomen van opslag te remmen.	Verruiging, struweelvorming door ontwatering en te weinig/ ongeschikt beheer. Overschrijding KDW	Herstel en instandhouding van vochtige heiden (H4010A) en droge heiden (H4030). Door opslag te verwijderen wordt de kwaliteit van de heideterreinen verhoogd en ontstaat er een open landschap.	Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld	Het verwijderen van opslag hoeft niet in relatie met de externe maatregelen te gebeuren. Het is niet afhankelijk van hydrologisch herstel in het plangebied. Het is noodzakelijk de berken over een groot stuk tegelijk te verwijderen om hergroei via zaailingen te voorkomen. Kappen en/of zagen moet liefst gebeuren in het groeiseizoen wanneer er zoveel mogelijk voedingstoffen in het blad zitten. Het groeiseizoen valt samen met het broedseizoen. Daarom wordne opslag verwijderd in de periode vavn 1 - 15
M22	Eenmalig kleinschalig plaggen. H6410 5,1 ha.	Voorstel om maatregel te verplaatsen naar 2e beheerplanperiode, omdat eerst hydrologisch situatie binnen Stroothuizen hersteld moet zijn	Eenmalig plaggen van lage deel van de slenk in Stroothuizen			Stroothuizen	Wordt pas in de tweede PAS-periode uitgevoerd omdat eerst de hydrologische situatie (basenverzadiging) binnen Stroothuizen hersteld moet zijn. Middels het PAS-procesindicatoren monitoringsplan wordt dit in beeld gebracht
M29	Dempen greppel in Beuninger Achterheide	Dempen van greppels en zandafgravingen in Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen	Dempen van greppels in Stroothuizen (0,45 km),Beuninger Achterveld (3,25 km) en Punthuizen (1,31 km)	Verlaging waterstand, verstoren lokale hydrologie, vermindering kwel en overschrijding KDW	Herstel en instandhouding van vochtige heiden (H4010A), Blauwgraslanden (H6410) en zwakgebufferde vennen (H3130)	Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen	De lengte van de te dempen greppels zijn groter dan in de PAS-gebiedsanalyse is opgenomen. De greppels in Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen zijn geinventariseerd en op kaart gezet. Ook in Stroothuizen en Punthuizen dienen greppels en evt. zandafgravingen (van circa 3 m diep) gedempt te worden om het gebied te vernatten

		Dempen van bomkraters en zandafgravingen	Dempen van bomkraters en zandafgravingen in Beuninger Achterveld en Punthuizen	Verstoring lokale hydrologie. Verdroging vochtige heiden	Herstel en instandhouding van vochtige heiden (H4010A	Beuninger Achterveld, Punthuizen	De gaten moeten worden gedempt met, waar mogelijk, gebiedseigen materiaal (bv plagsel). In twee kraters is in het verleden afval van onbekende oorsprong gedumpt. Voordat de gaten gedicht kunnen worden, is het van belang om dit te verwijderen. I.v.m. mogelijke explosieven wordt voor verwijdering van grond een beveiligde kraan ingezet

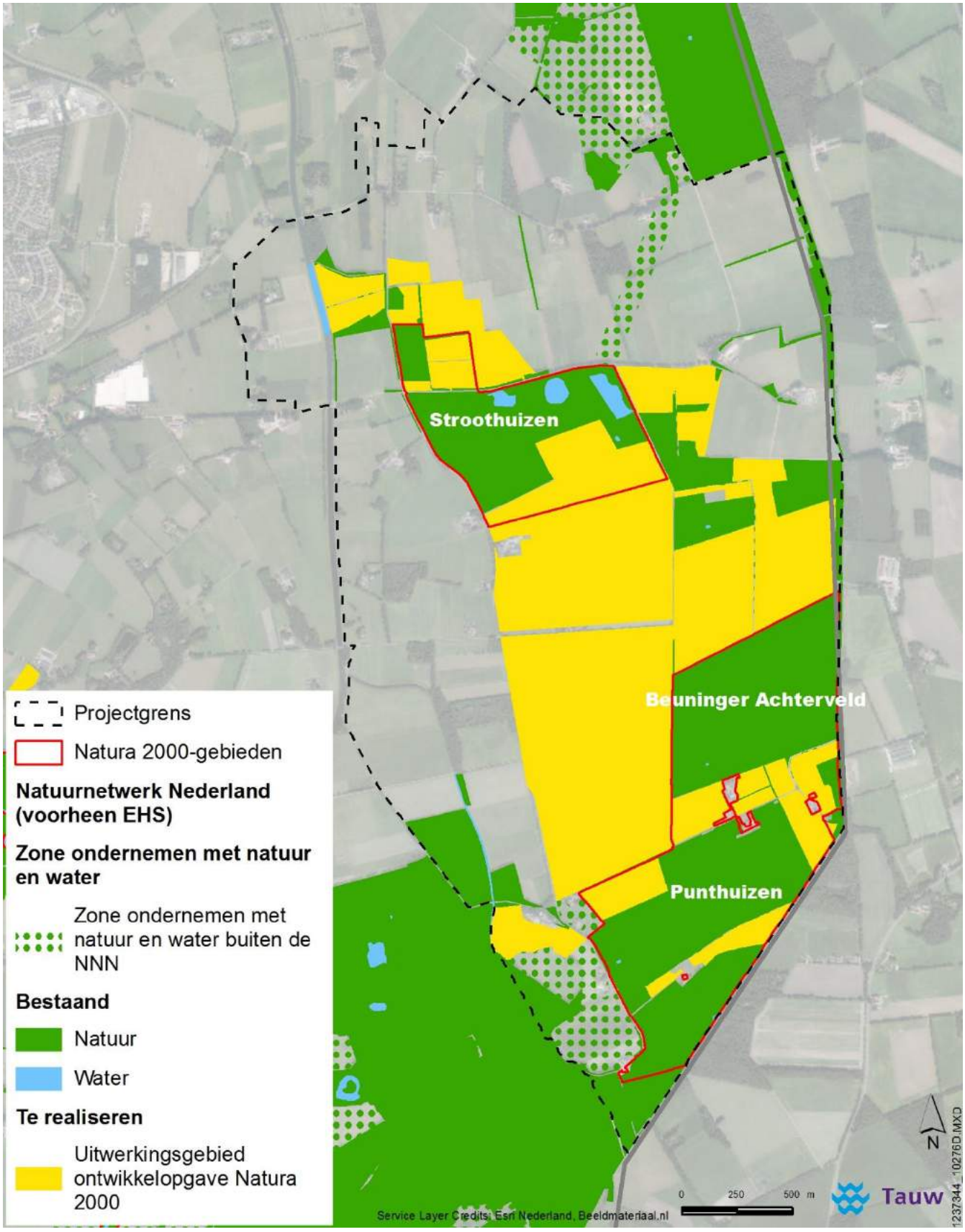
Bijlage 4

Kaartenbijlage
Inrichtingsplan

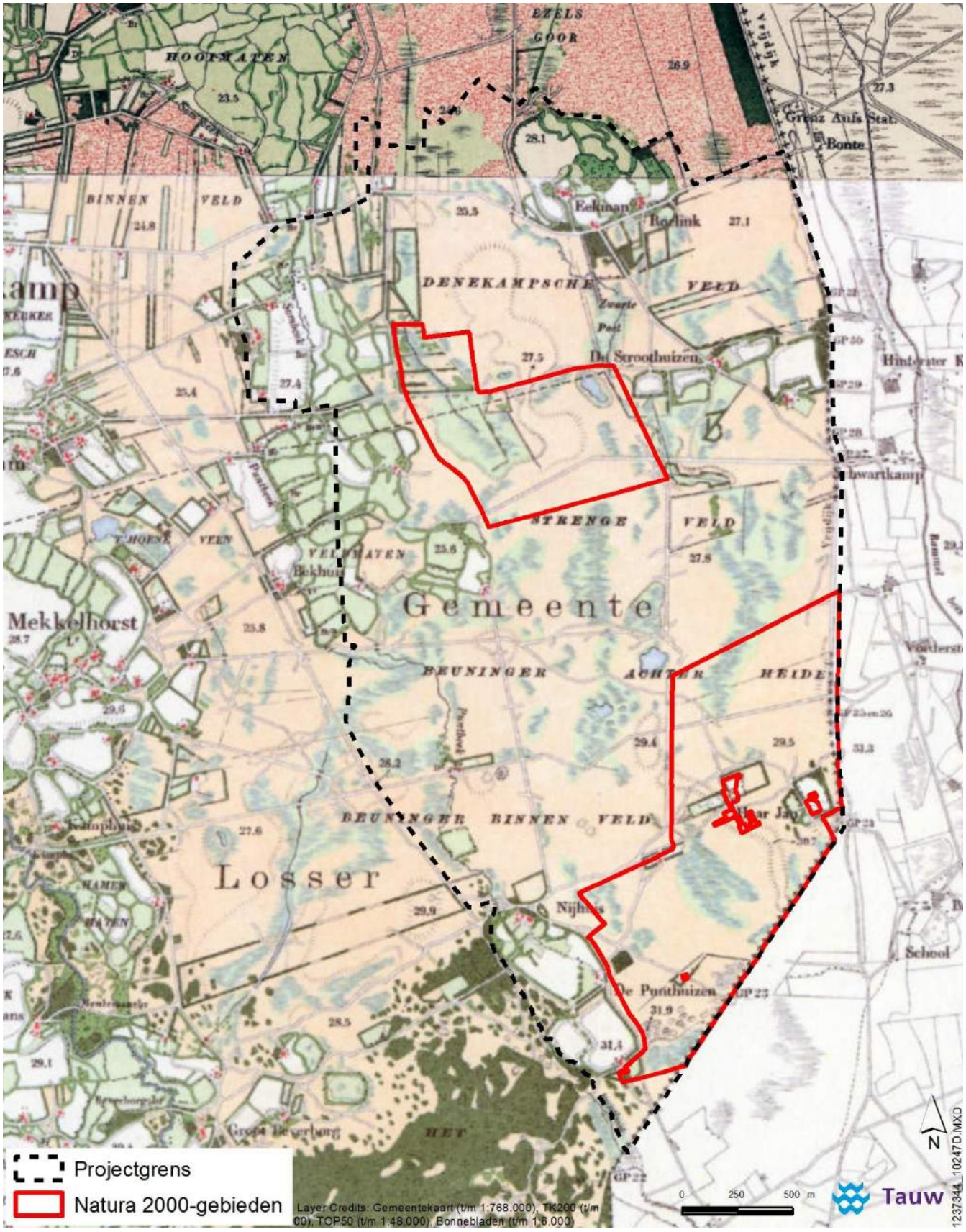
Kaartenbijlage bij Inrichtingsplan Punthuizen-Stroothuizen-Beuninger Achterveld



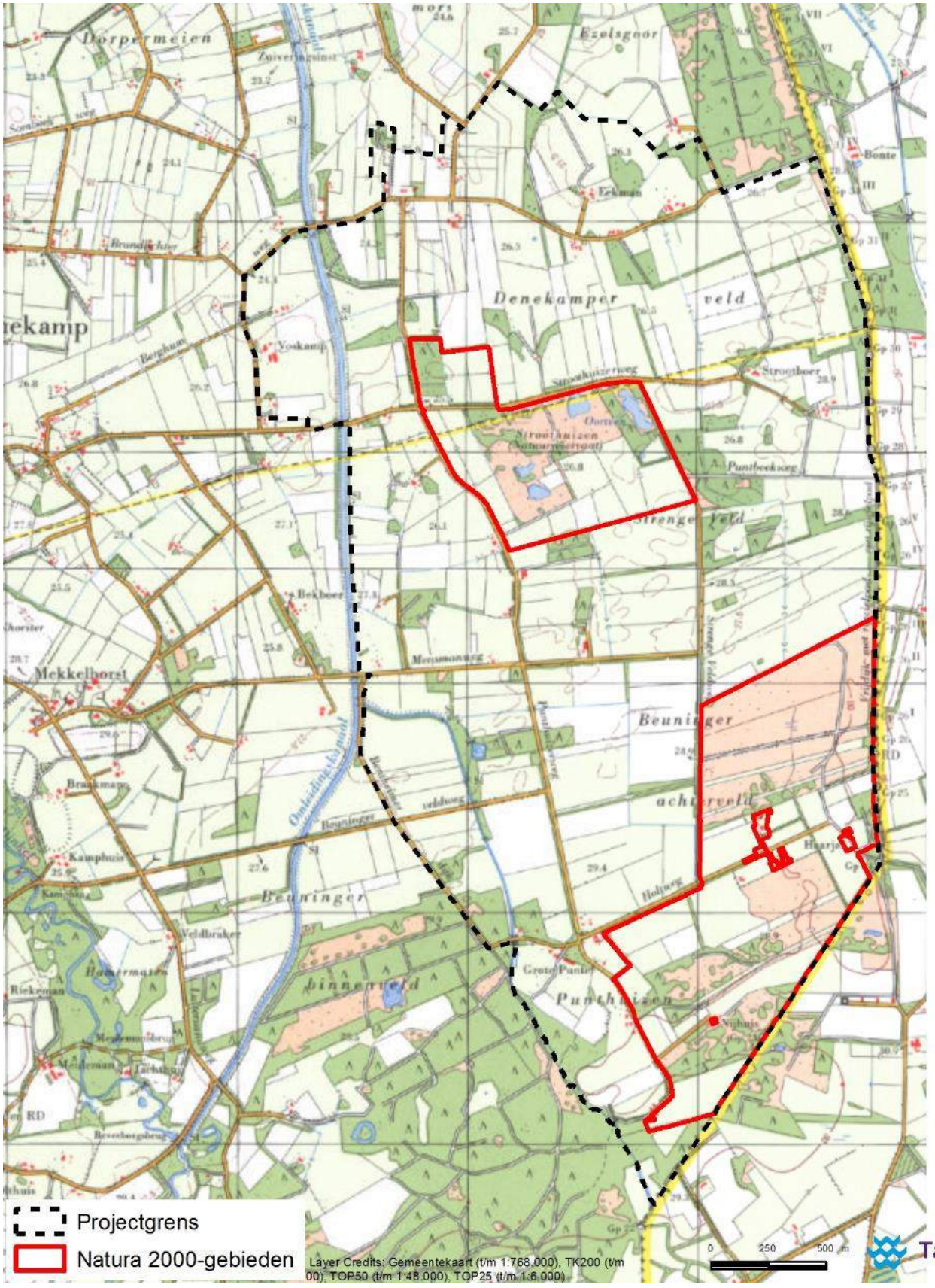
Figuur 1.1 Ligging van de deelgebieden Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld



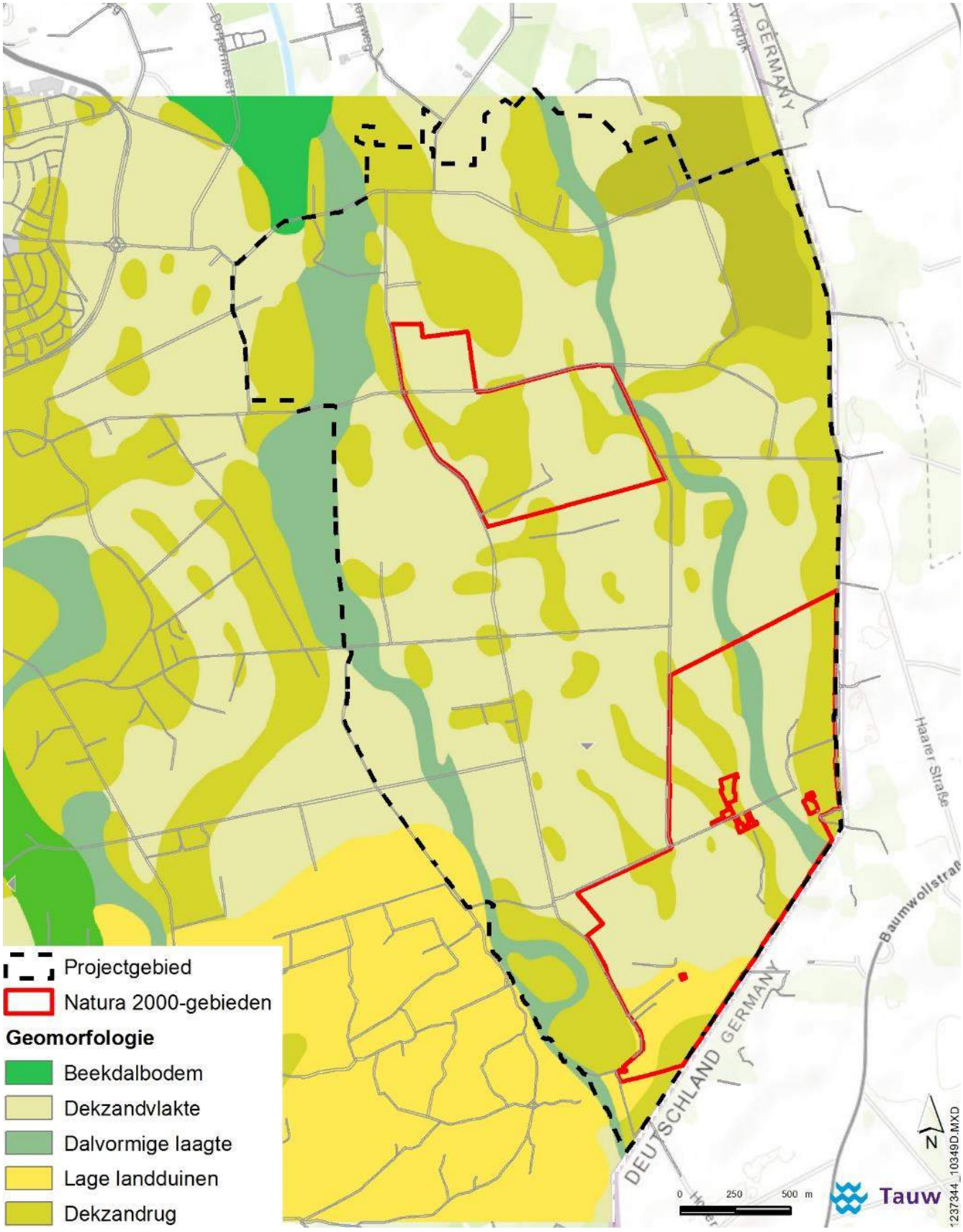
Figuur 1.2 Ligging van het NNN ten opzichte van het uitwerkingsgebied Punthuizen-Stroothuizen



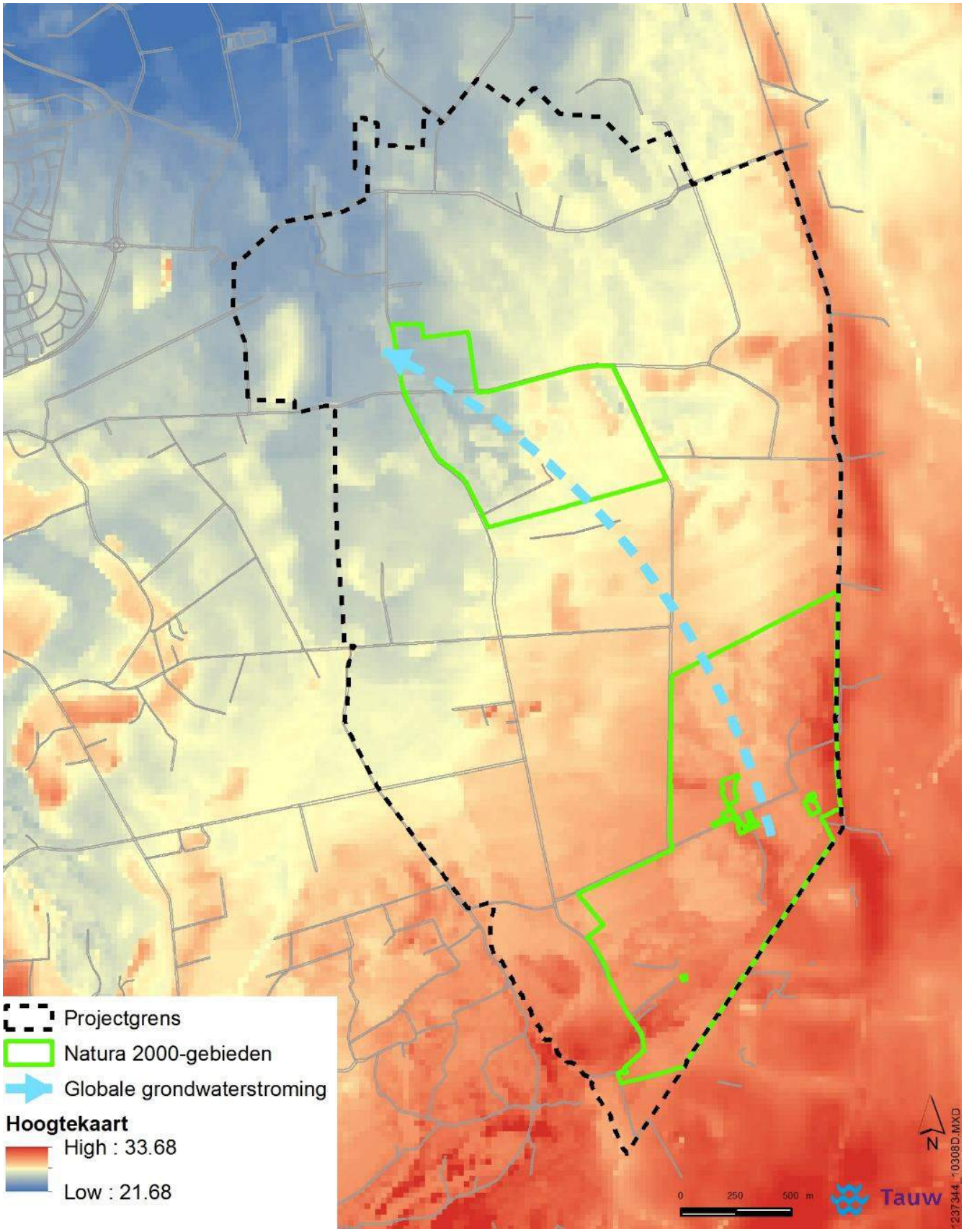
Figuur 2.1 Topografische kaart van 1920



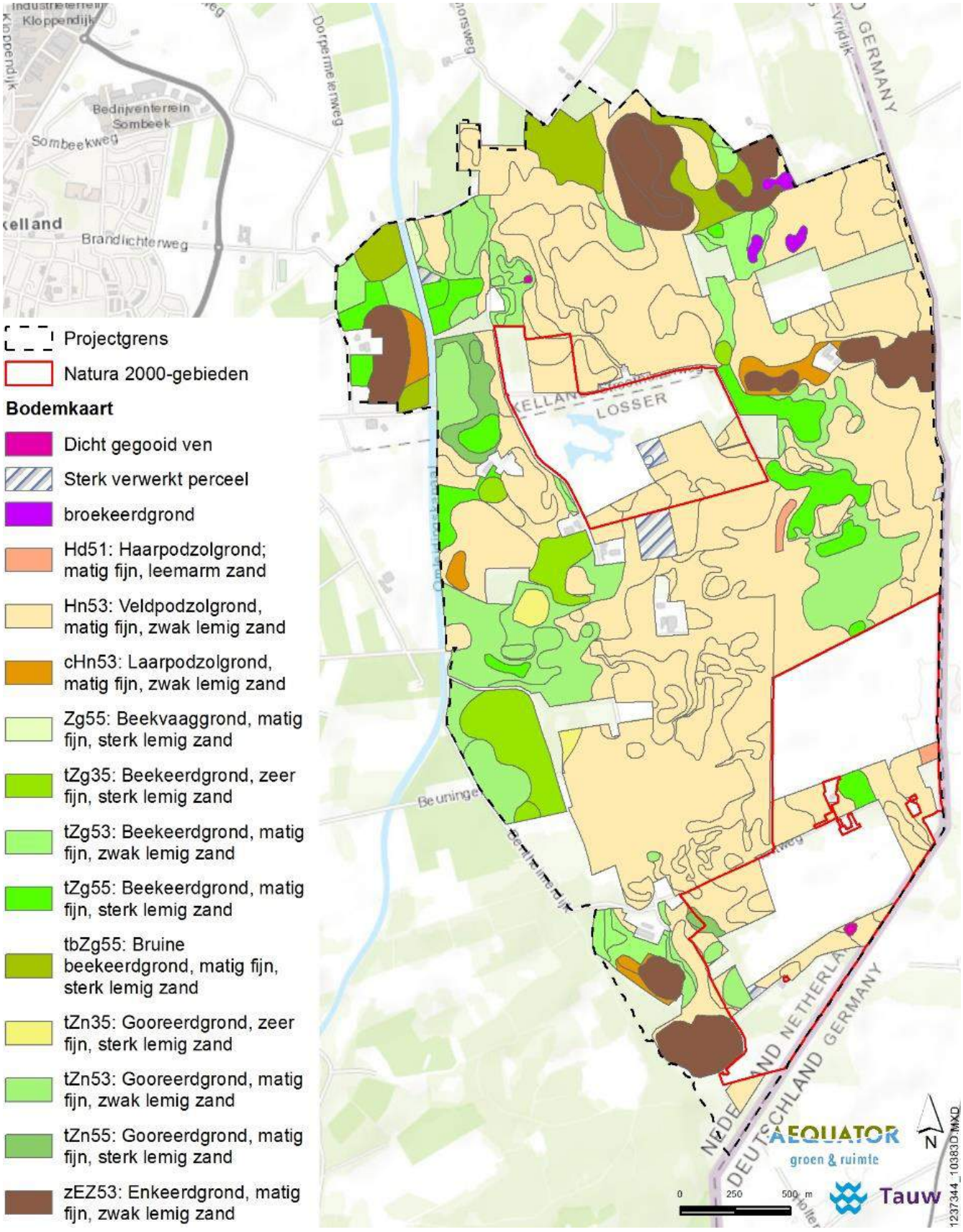
Figuur 2.2 Topografische kaart van 1980



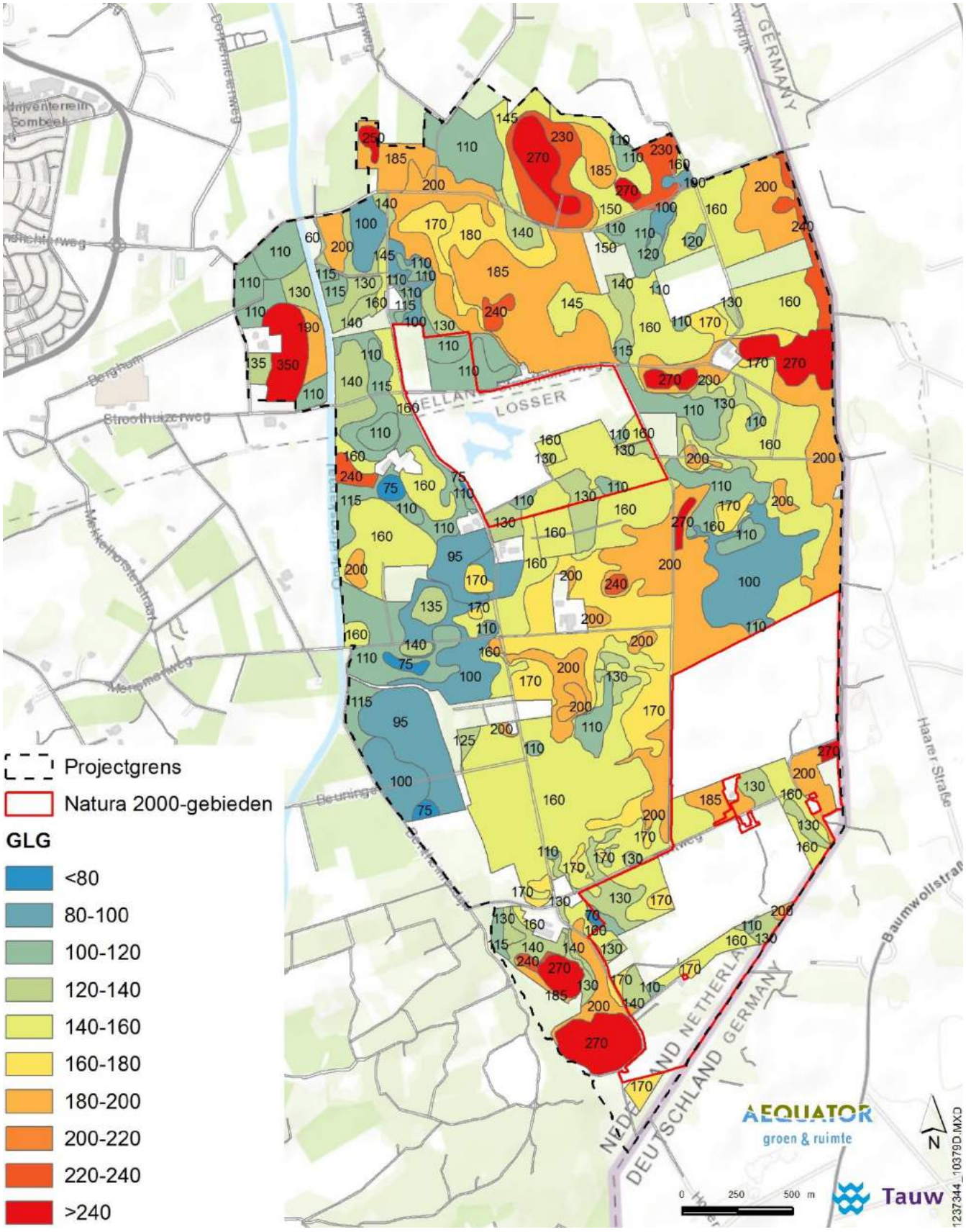
Figuur 2.3 Geomorfologische kaart (atlas van province Overijssel, 2017)



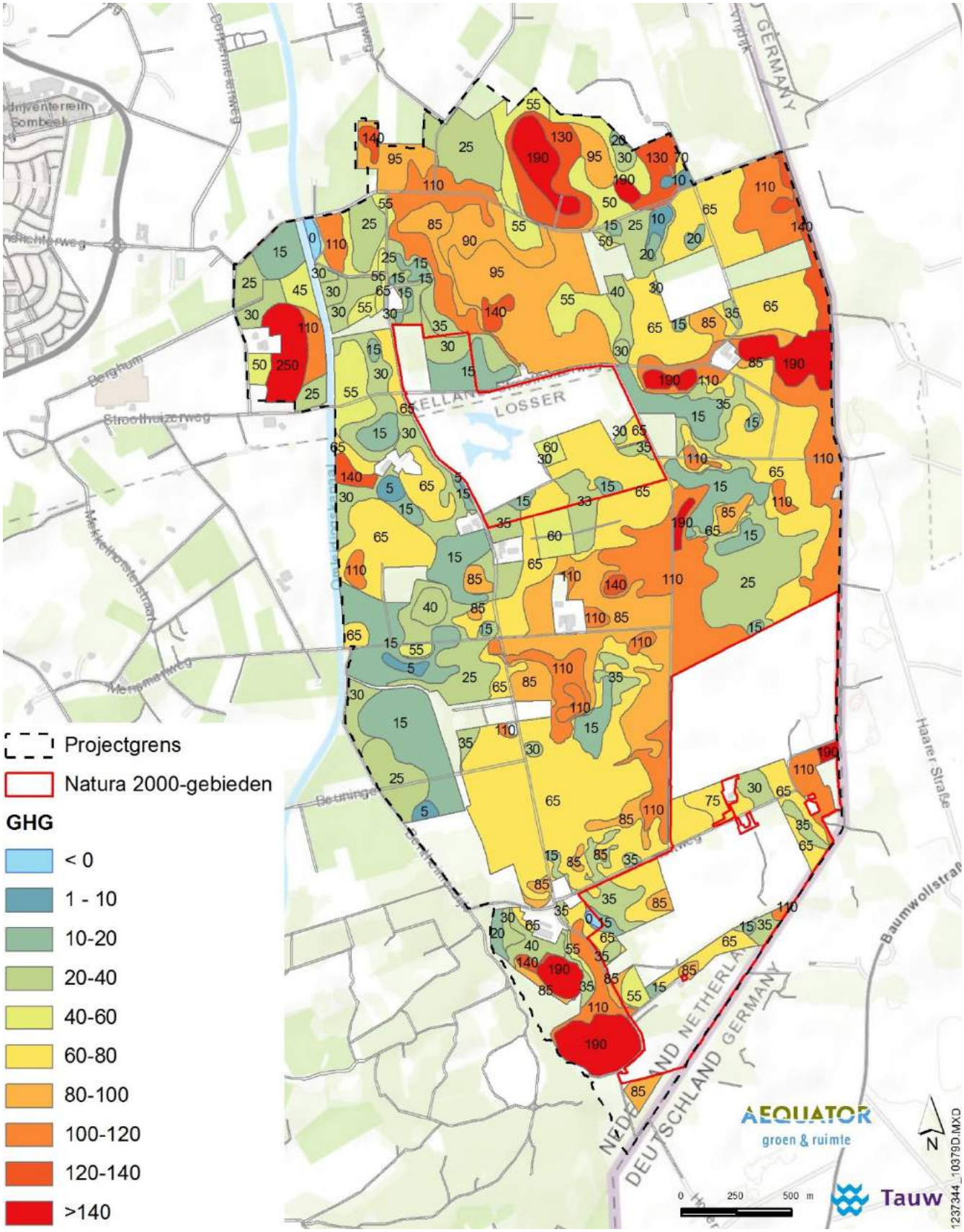
Figuur 2.4 De hoogtekaart van het plangebied met globale richting grondwaterstroming (AHN, 2017)



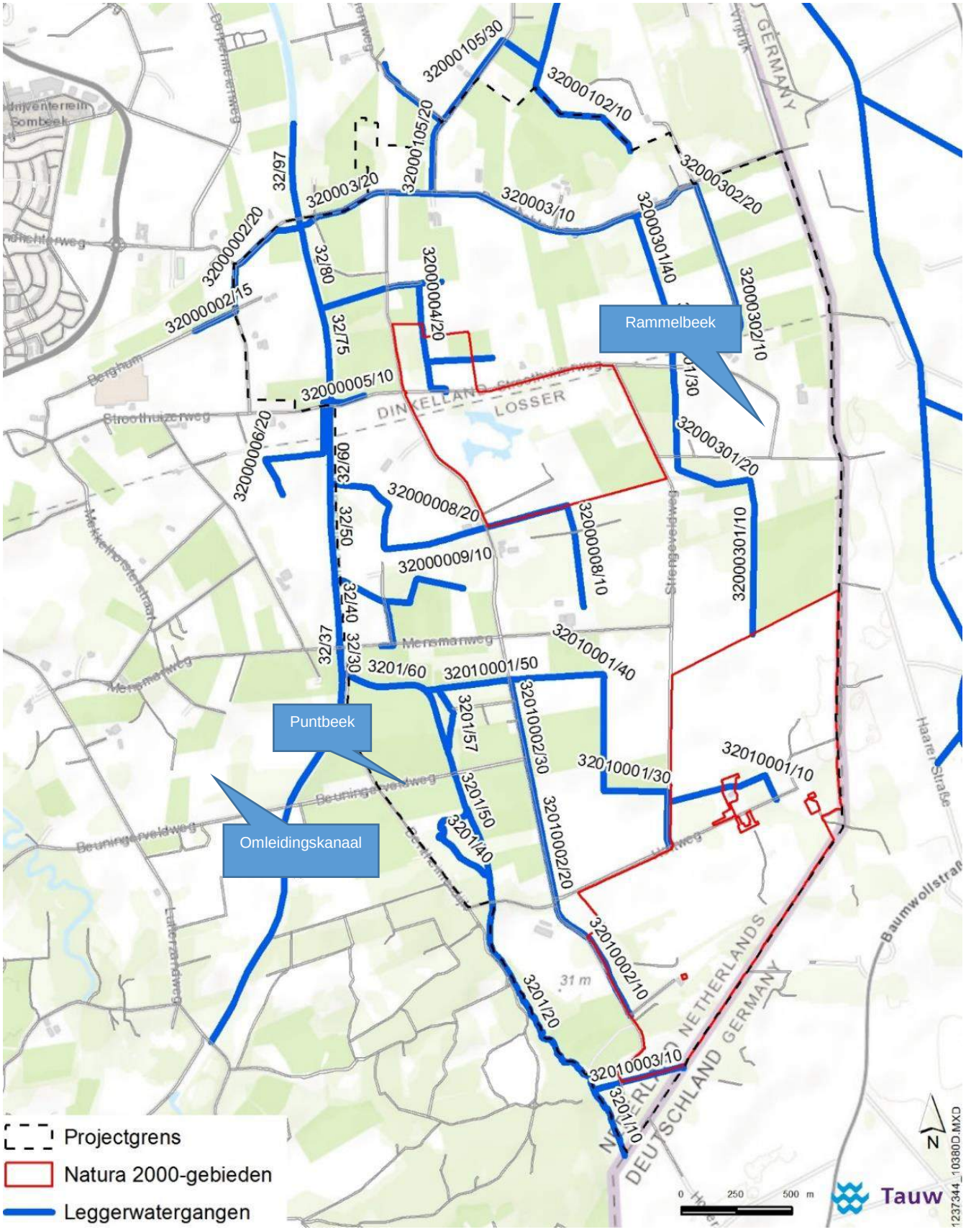
Figuur 2.5 Bodemkaart (Aequator, 2017)



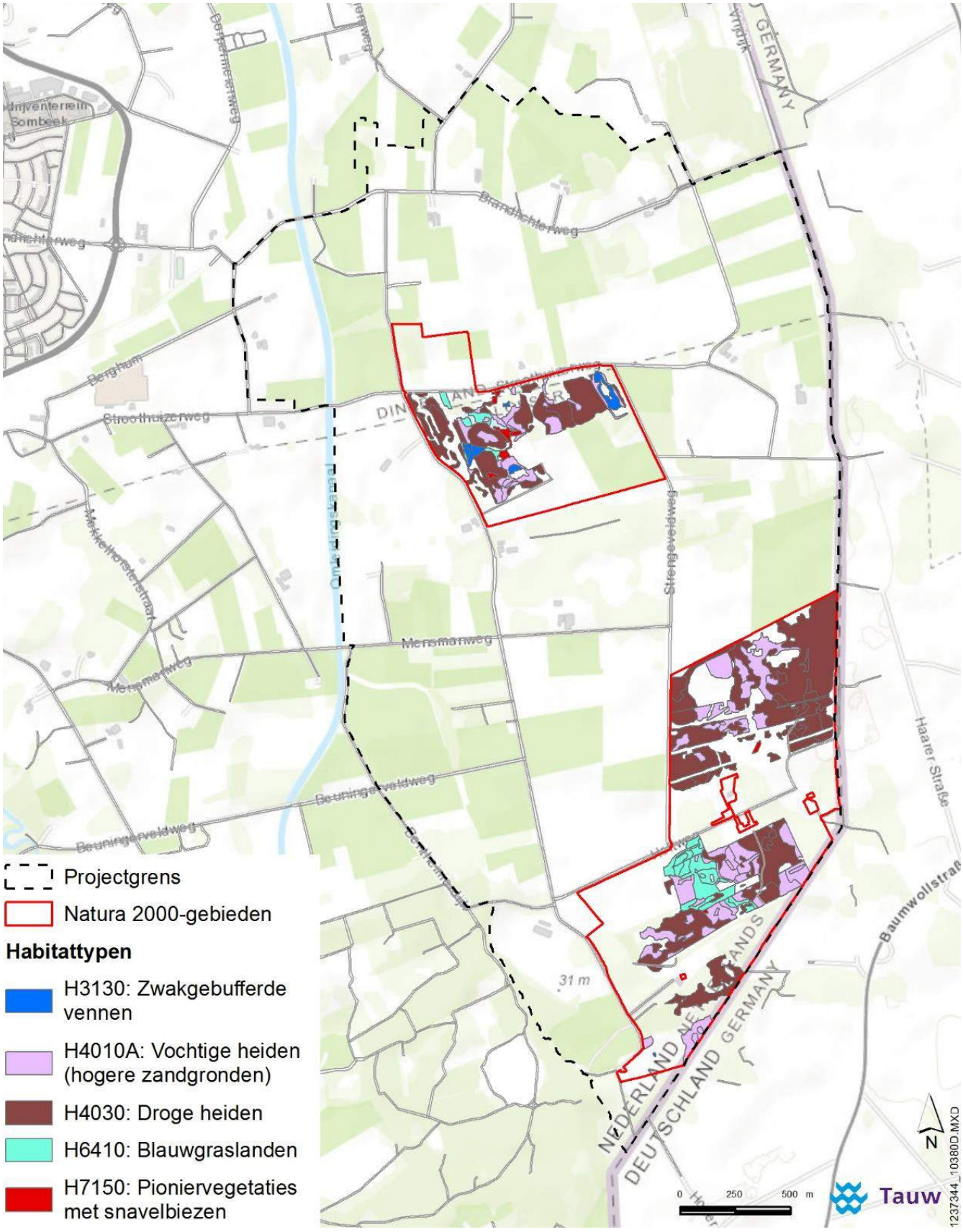
Figuur 2.6 De gemiddelde laagste grondwaterstand in de huidige situatie (Aequator 2017)



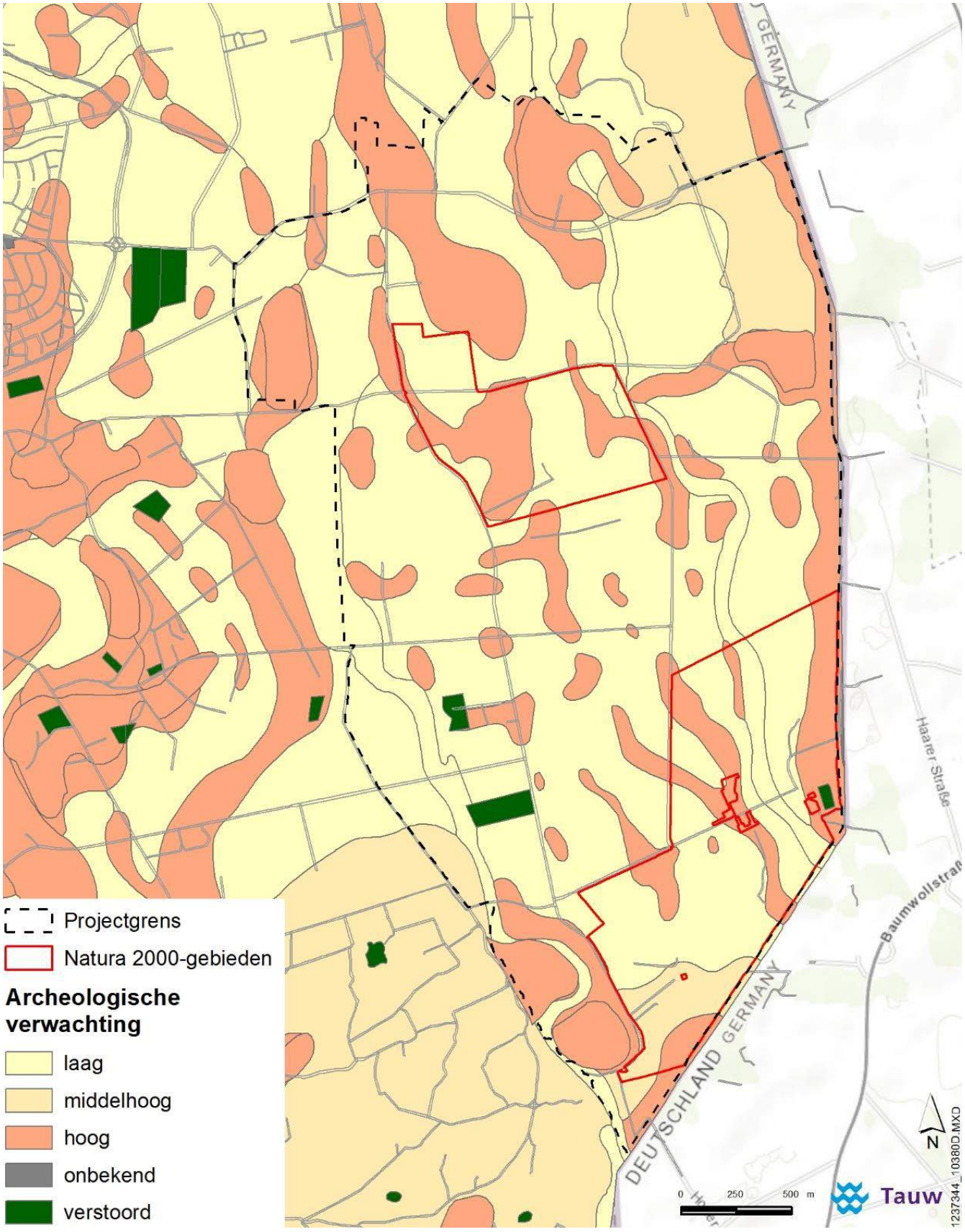
Figuur 2.6 De gemiddelde hoogste grondwaterstand in de huidige situatie (Aequator 2017)



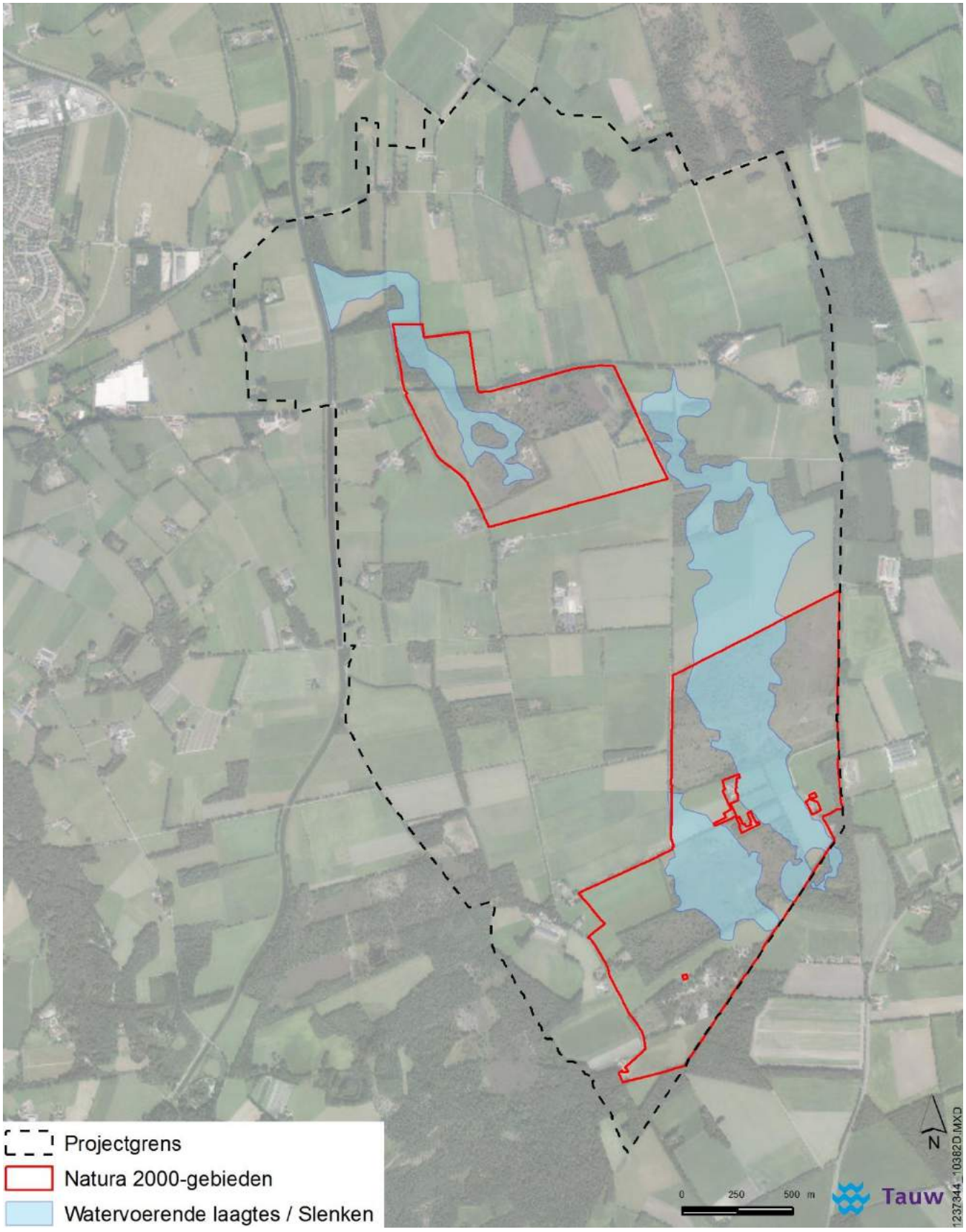
Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.**.2 Het hoofdwatersysteem in de omgeving van Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld**



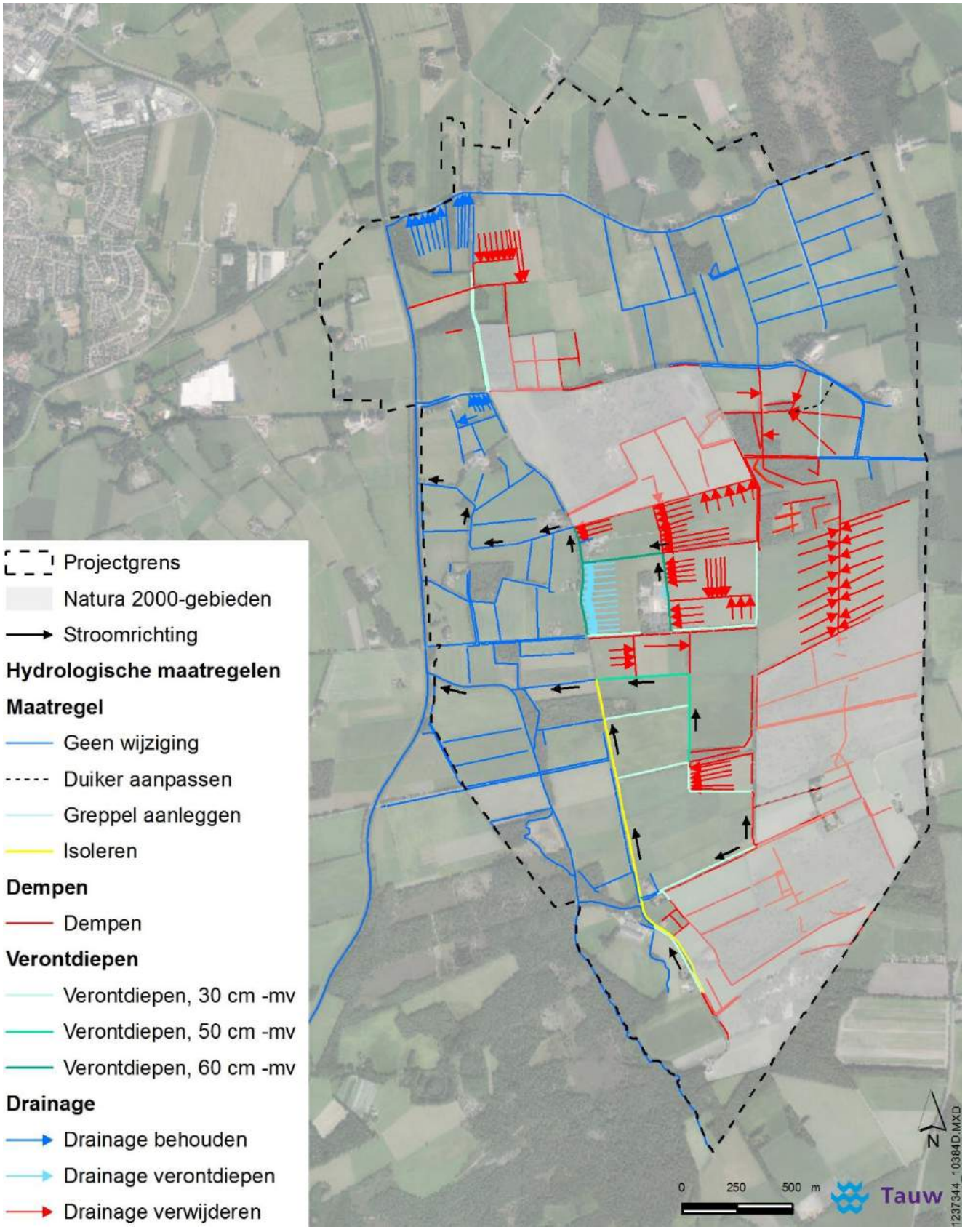
Figuur 2.11 Habitattypekaart Punthuizen-Stroothuizen



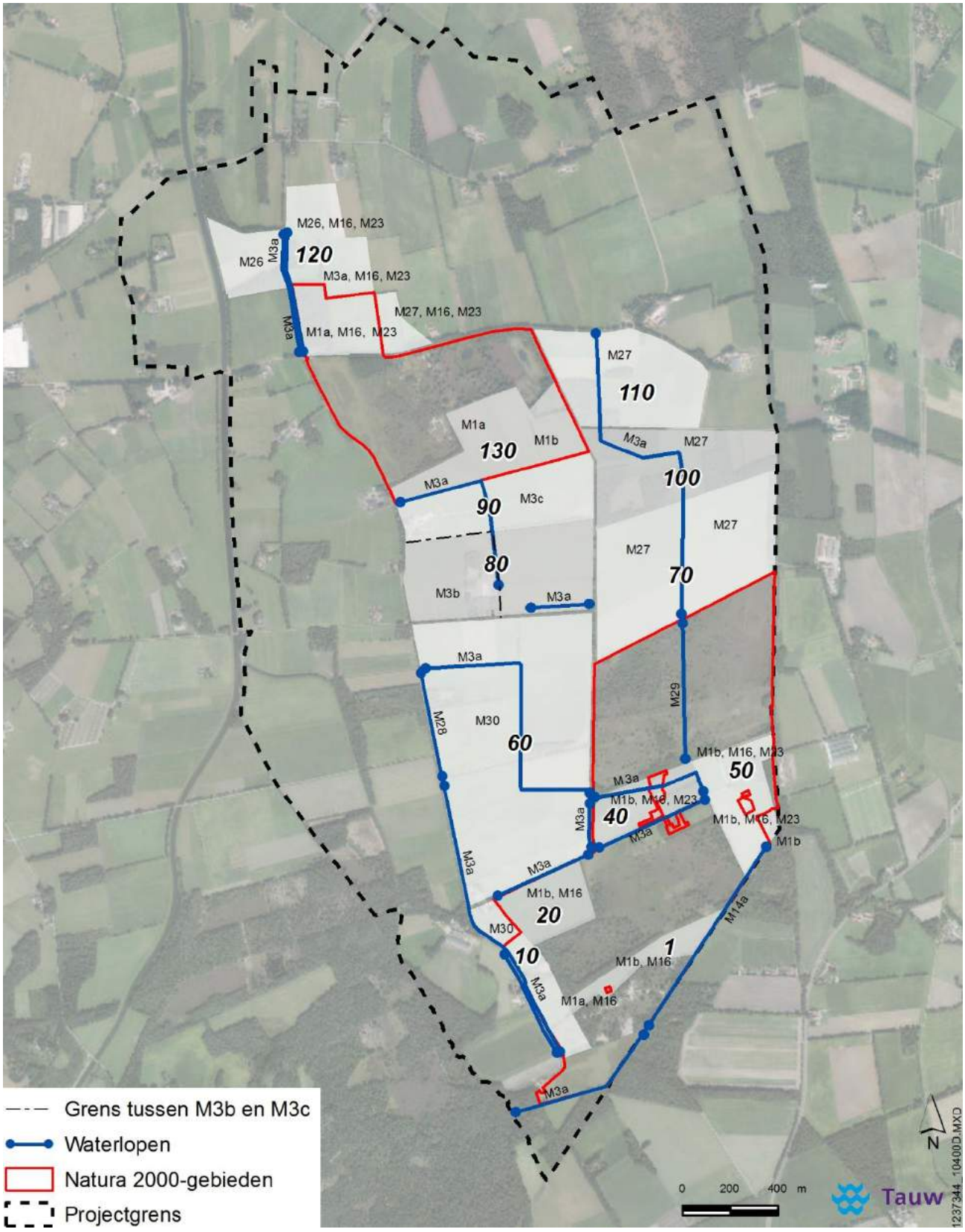
Figuur 2.36 Archeologische verwachtingskaart (Provincie Overijssel, 2013)



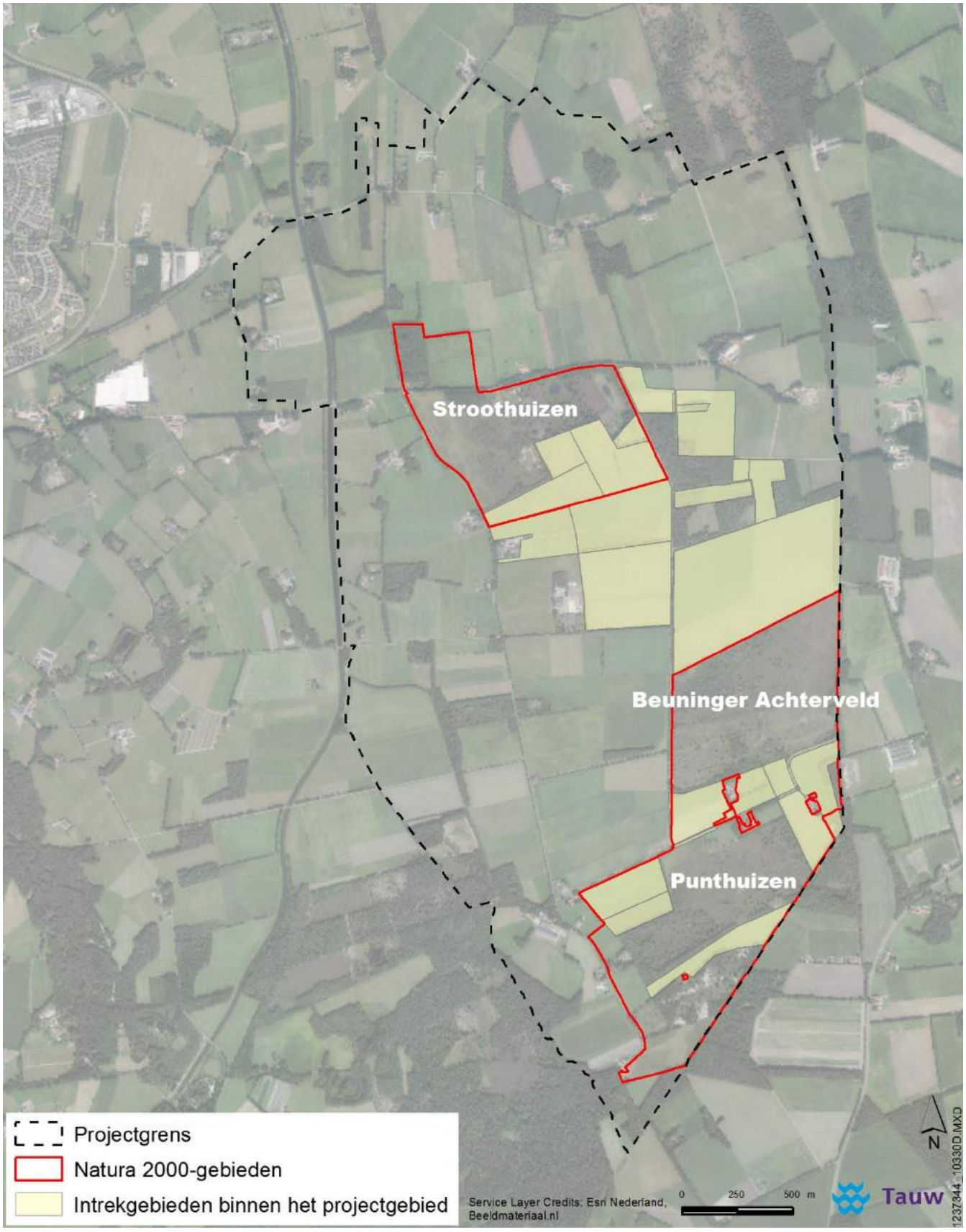
Figuur 4.1 Slenkenstructuur



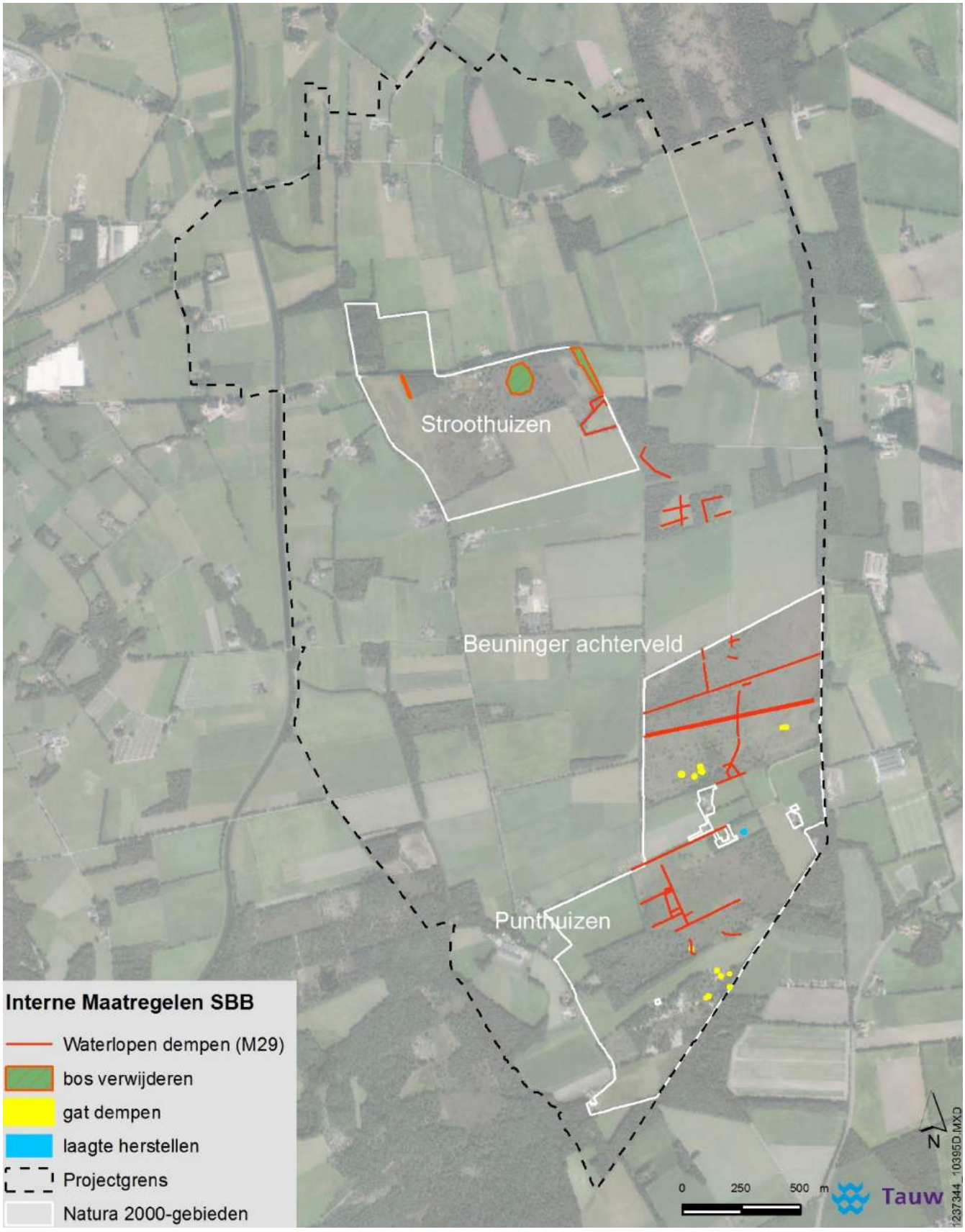
Figuur 4.2 Hydrologische maatregelen in uitwerkingsgebied Punthuizen Stroothuizen



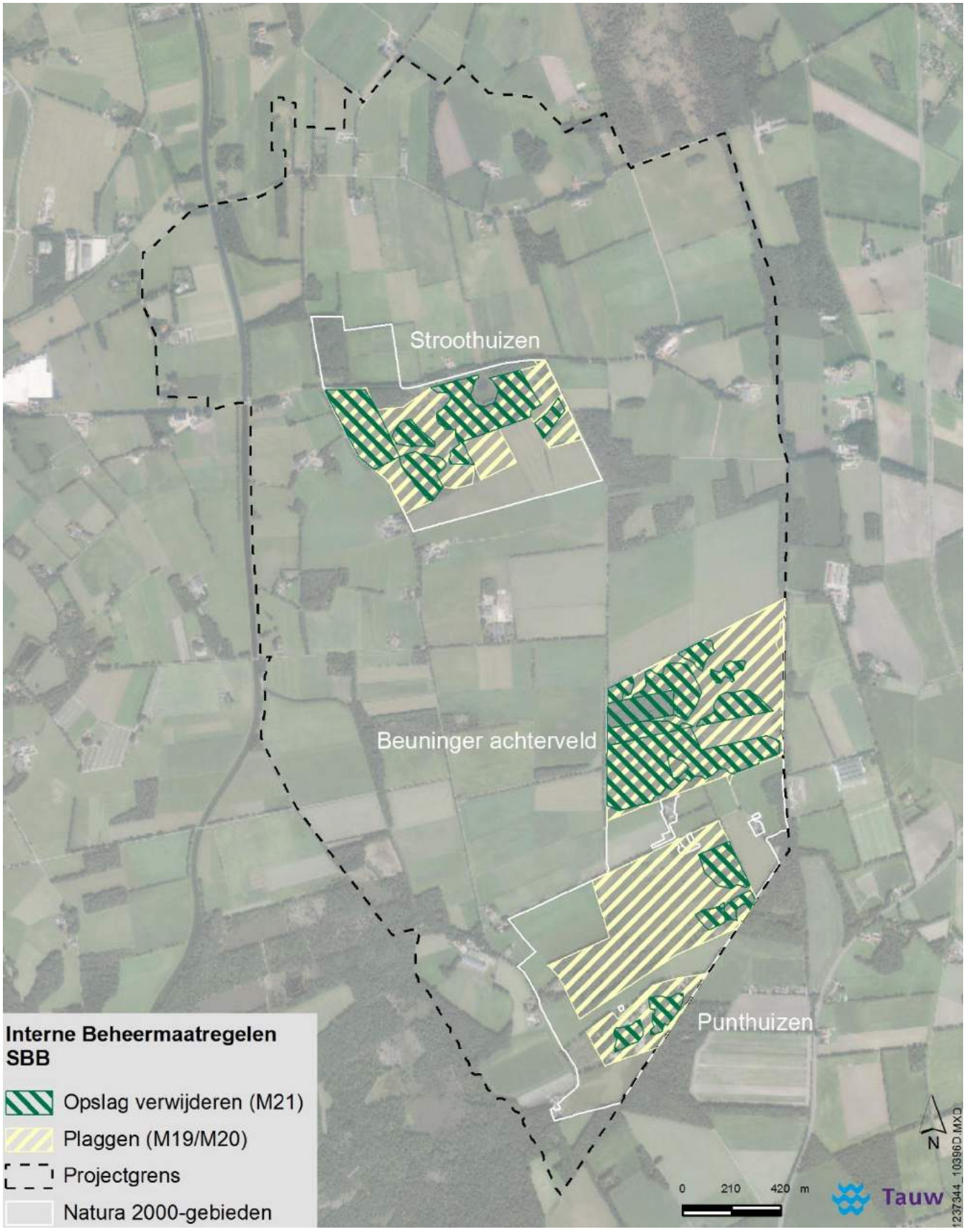
Figuur 4.3 Zonering van de maatregelen in uitwerkingsgebied Punthuizen Stroothuizen



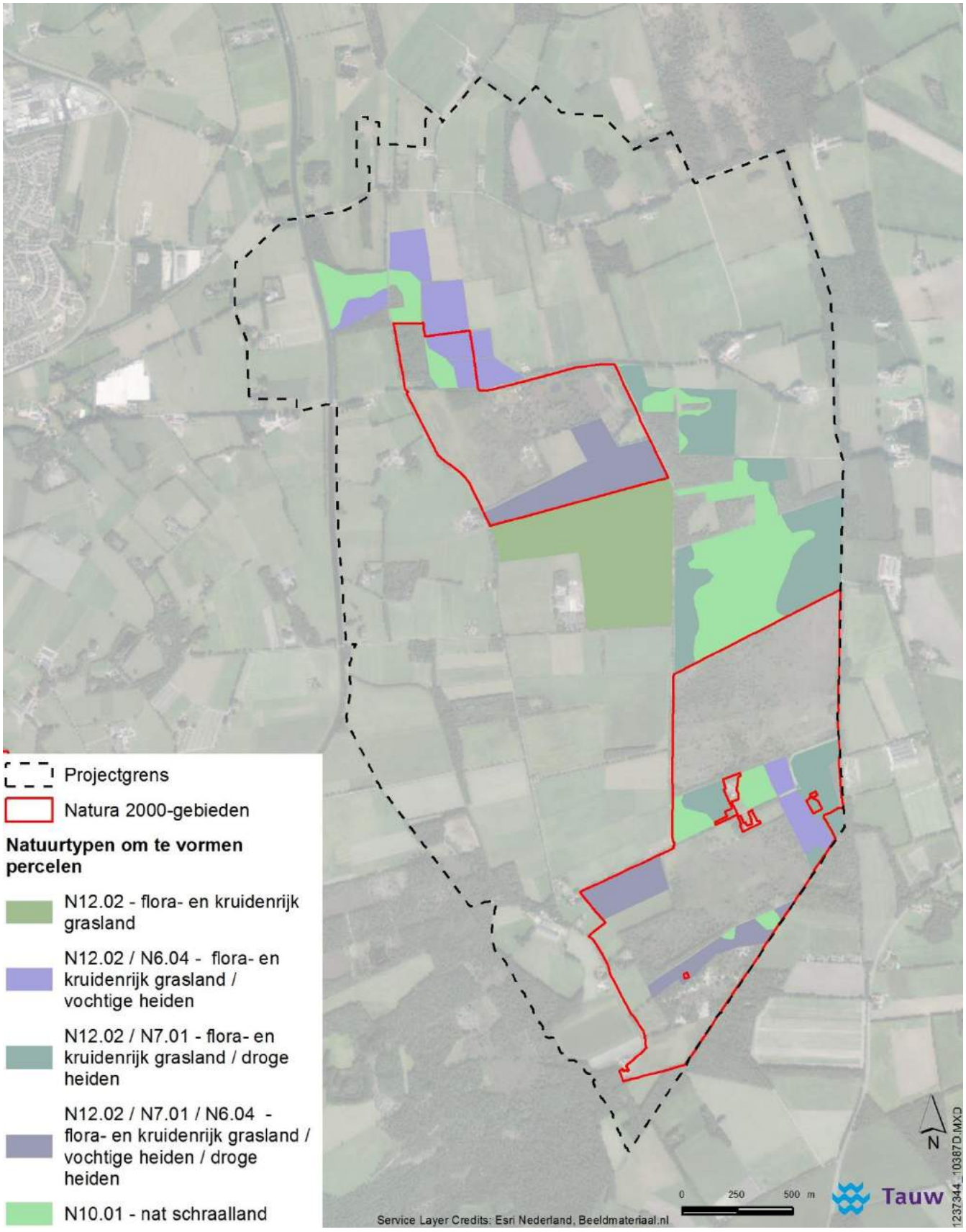
Figuur 4.4 Intrekgebieden van Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld binnen plangebied



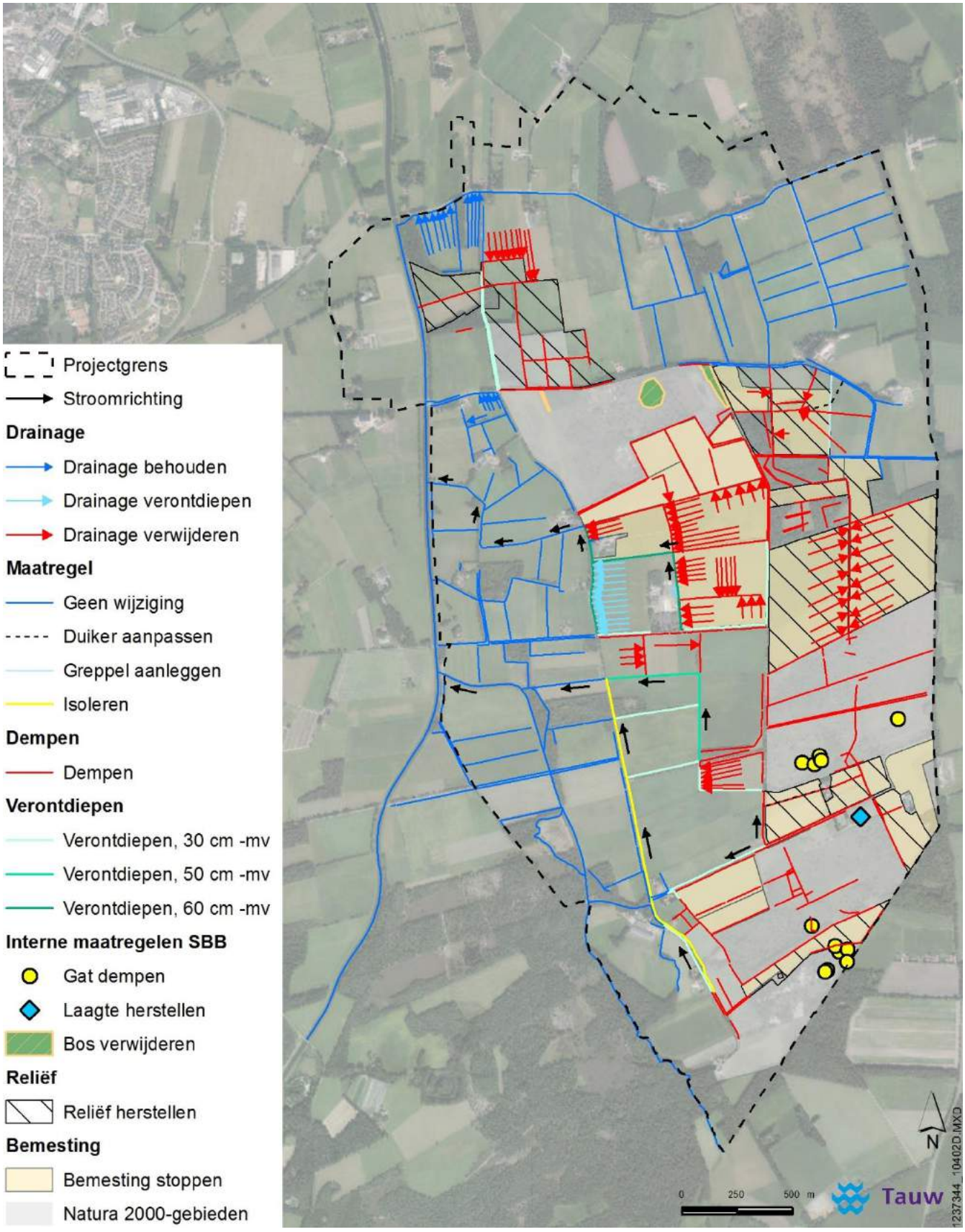
Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.**.5 Interne inrichtingmaatregelen in Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld**



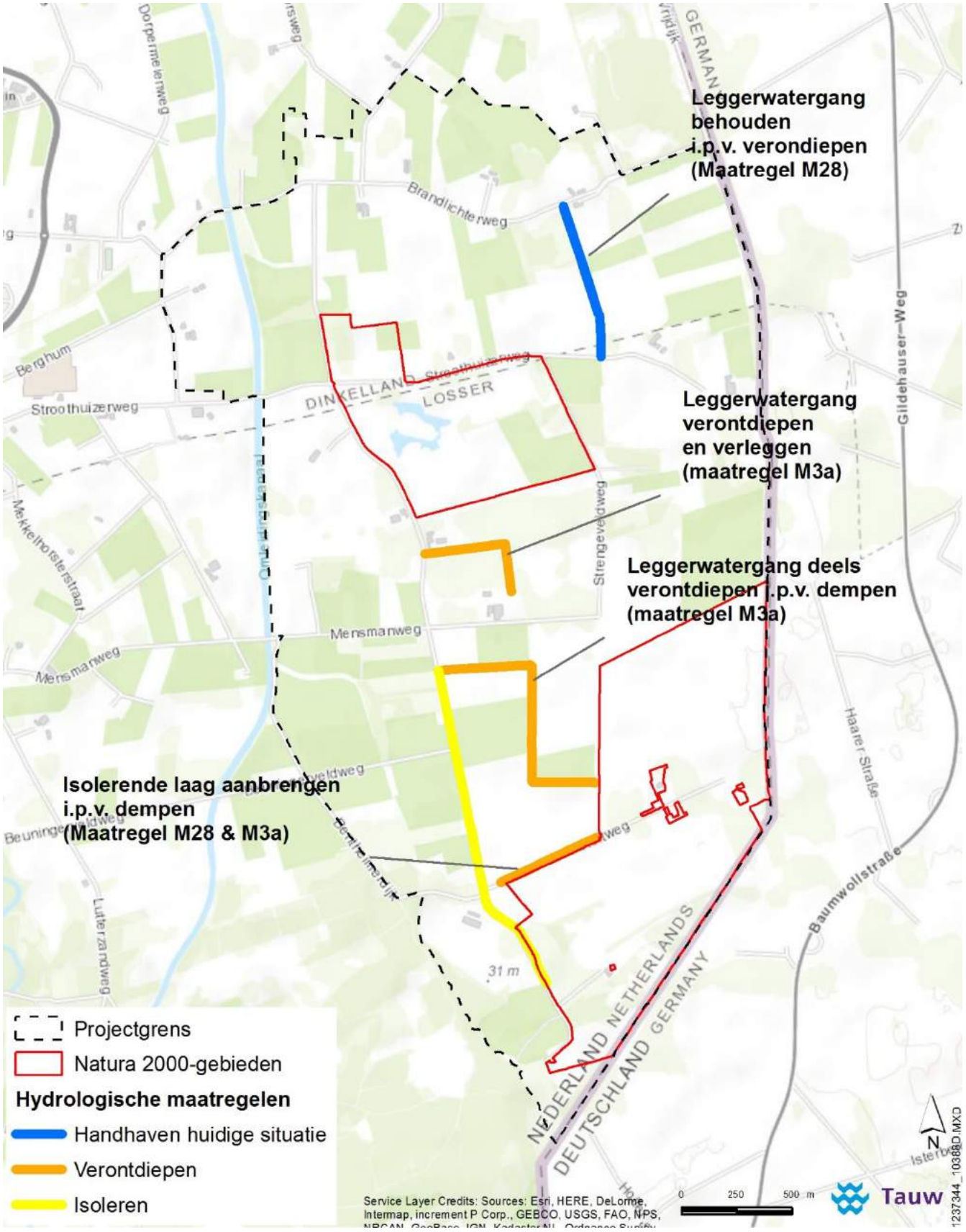
Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.**.6 Interne beheermaatregelen in Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld**



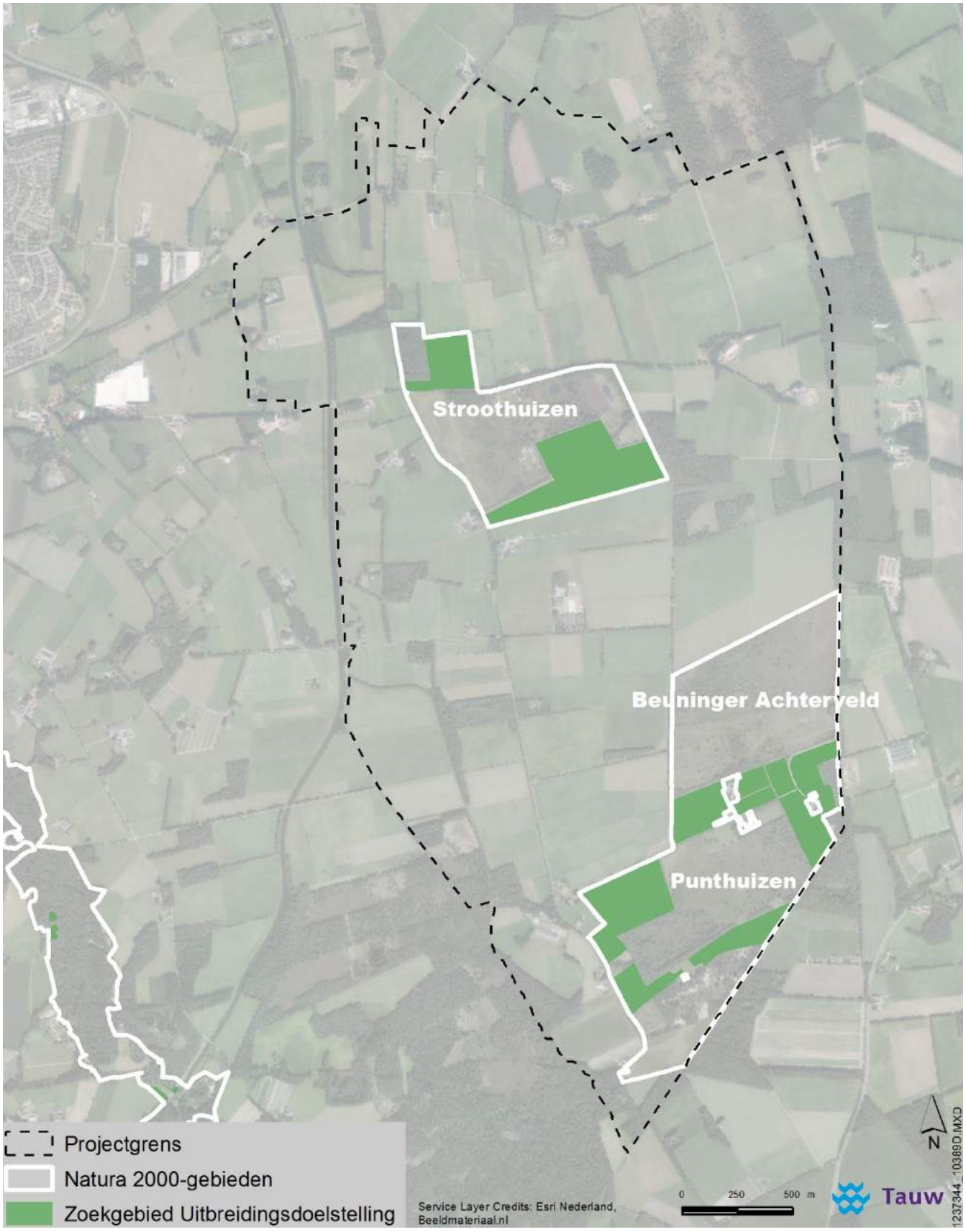
Figuur 4.7 Potentiekaart natuurtypen van om te vormen percelen



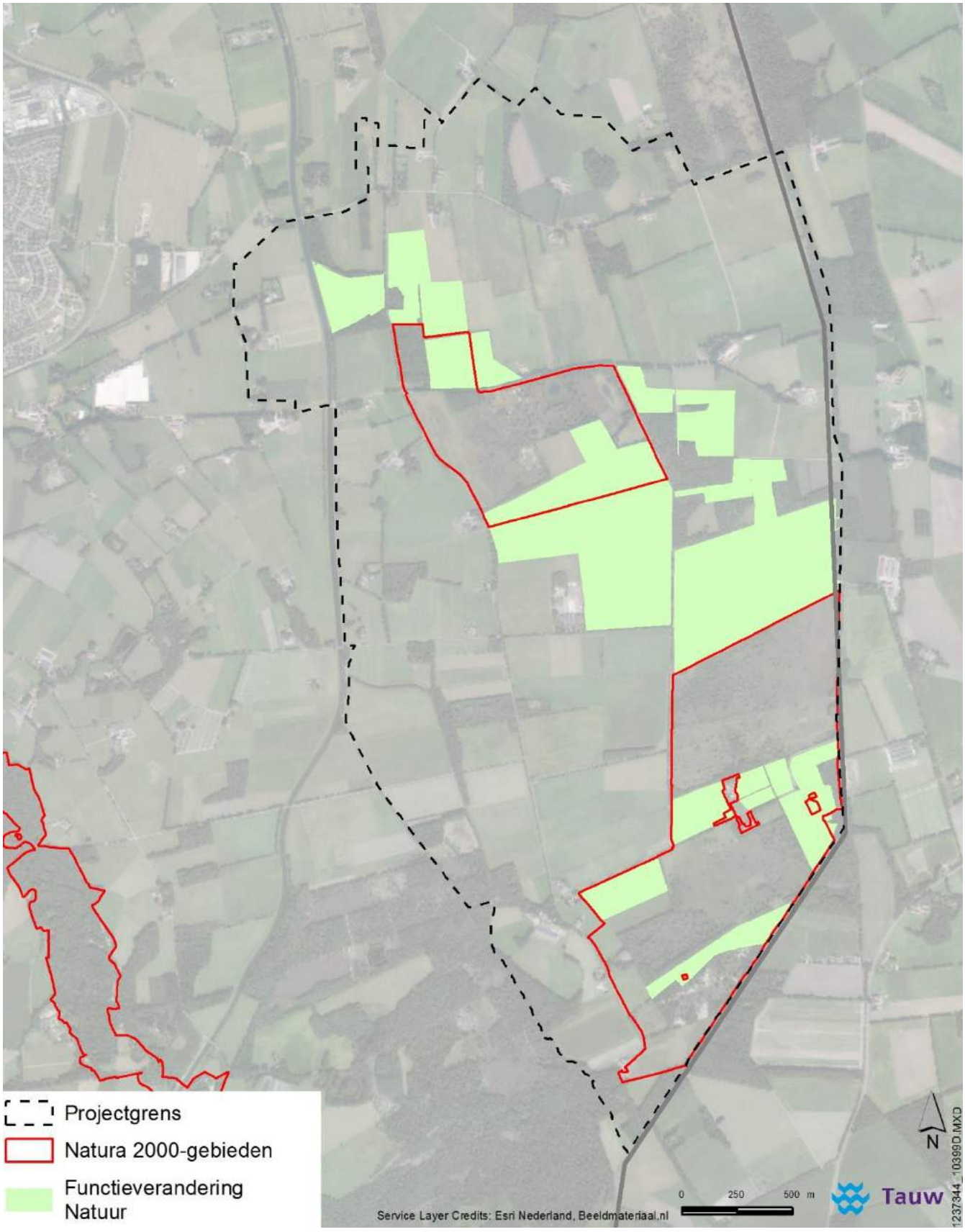
Figuur 4.8 Maatregelenkaart plangebied



Figuur 4.9 Wijzigingen ten opzichte van de PAS-gebiedsanalyse

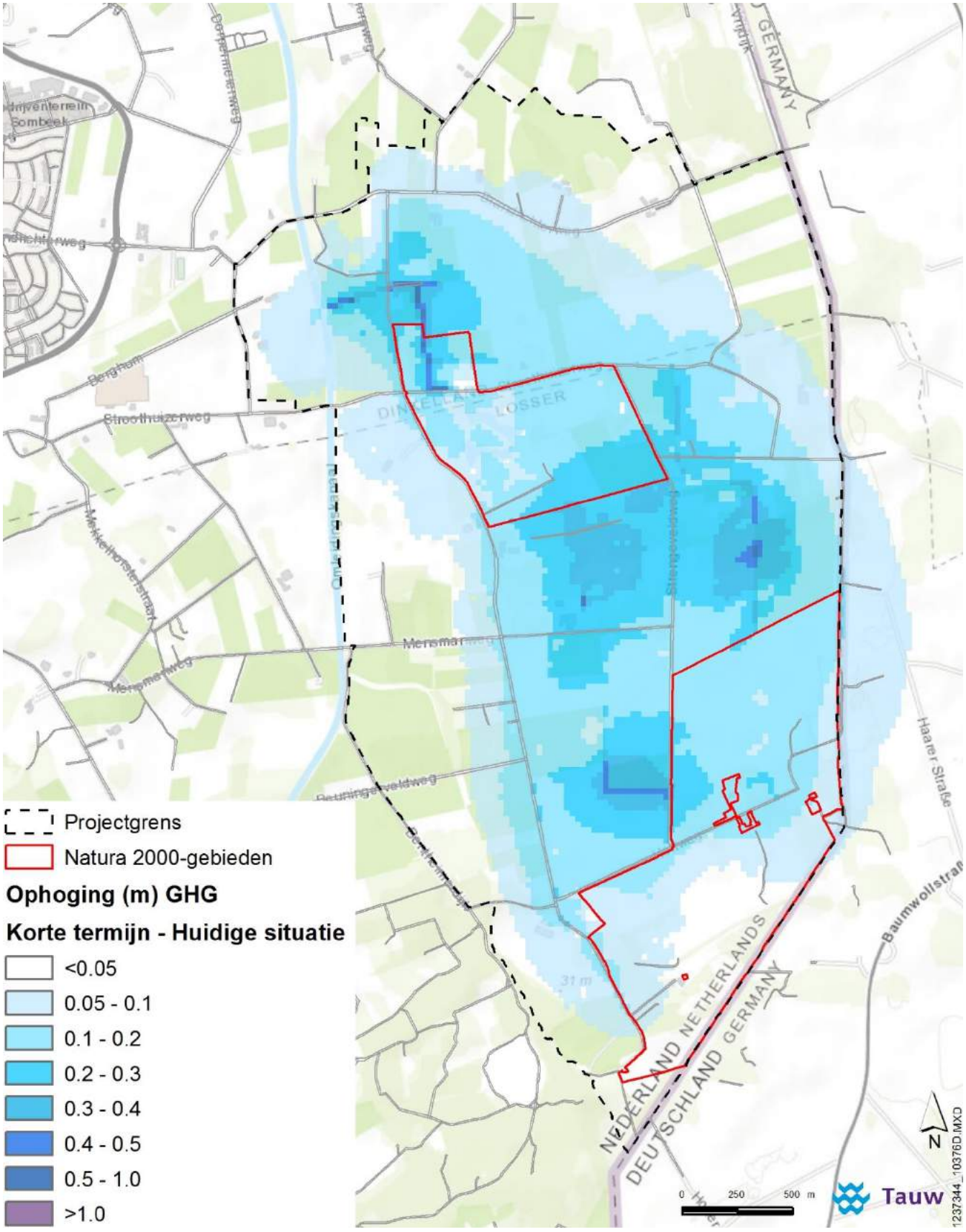


Figuur 4.10 Zoekgebieden voor uitbreidingsdoelstellingen

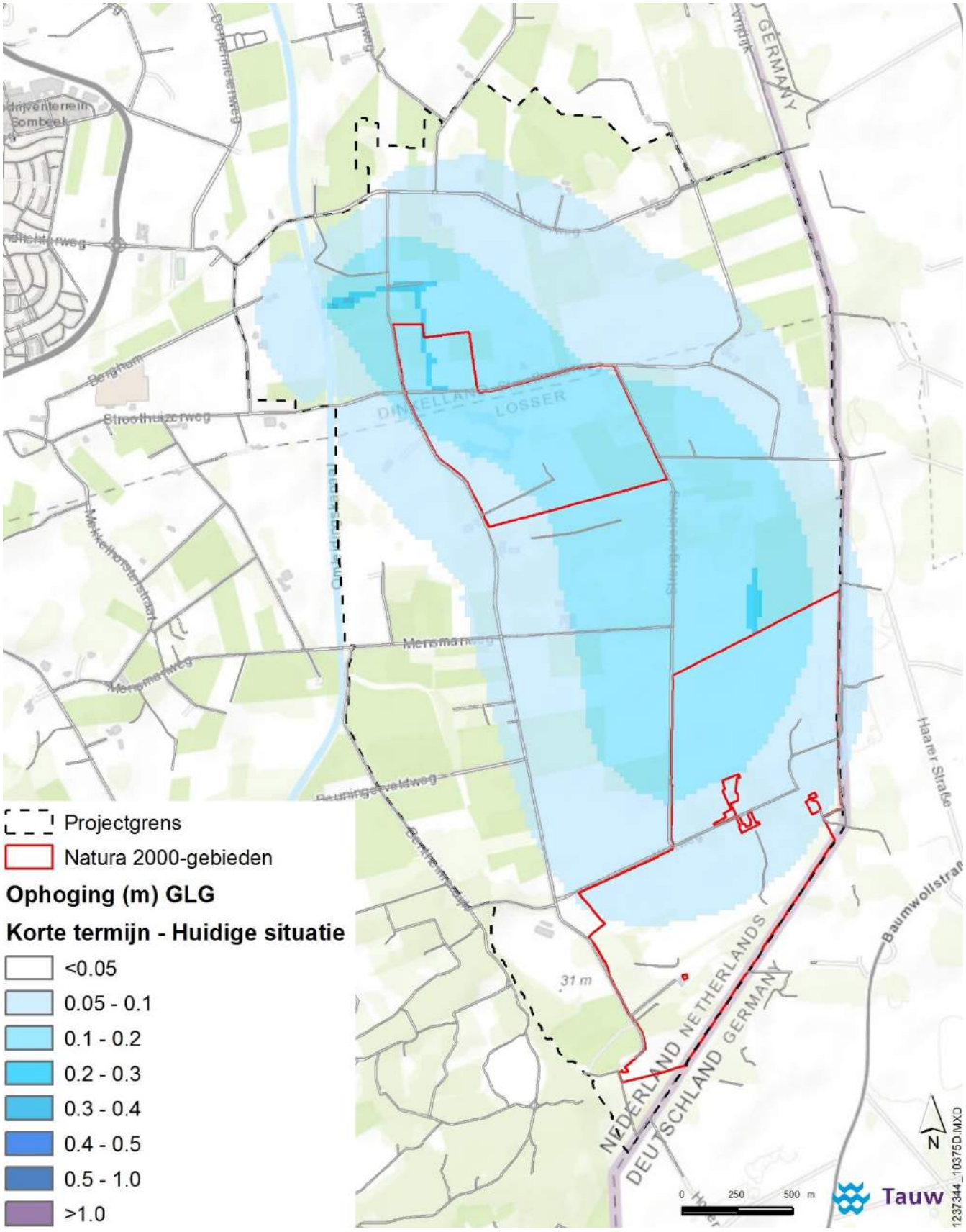


Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document..**11 Percelen met functieverandering naar natuur**

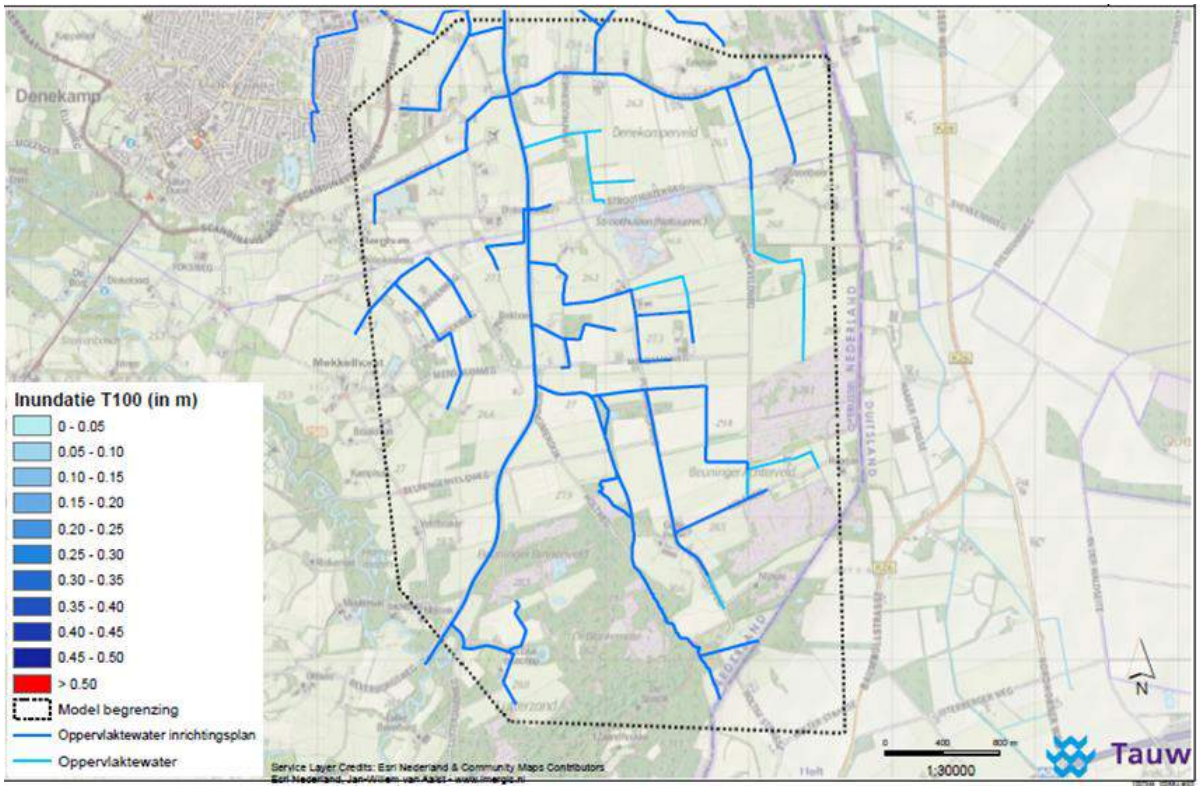
Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document..**12 Concept eindbeeld inrichtingsplan Punthuizen-Stroothuizen**



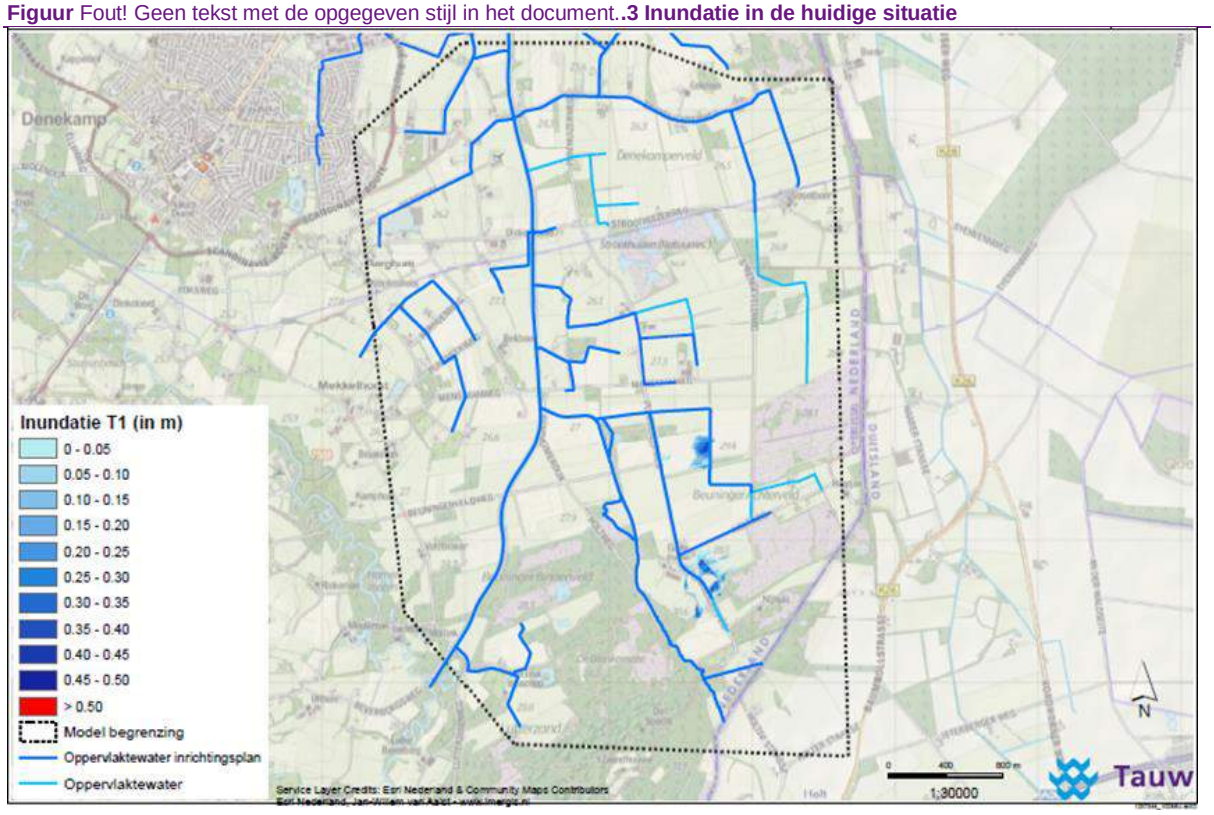
Figuur 5.1 Berekende verhoging van de wintergrondwaterstand (GHG) (links) gevolg van de maatregelen



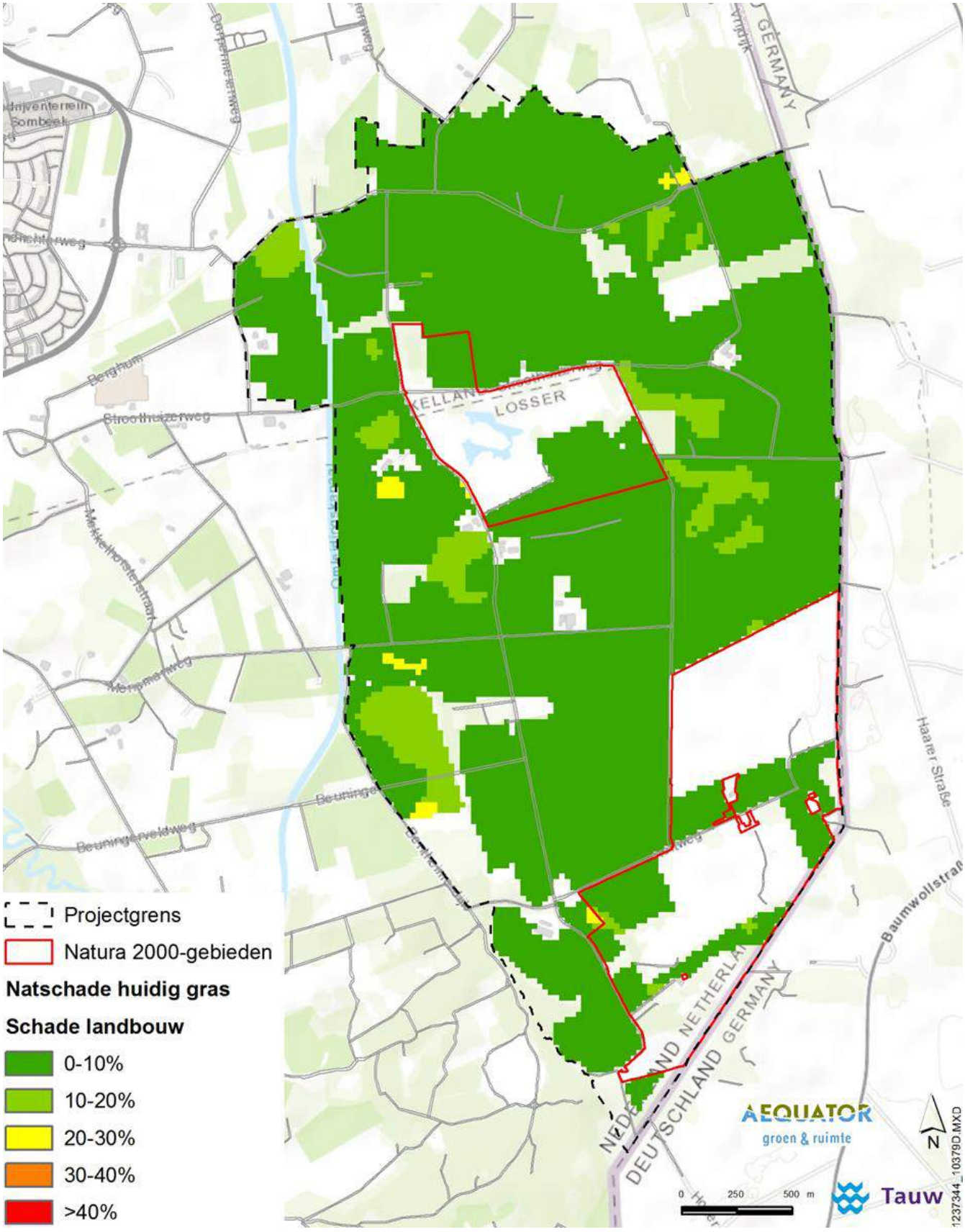
Figuur 5.1 Berekende verhoging van de zomergrondwaterstand (GLG) als gevolg van de maatregelen



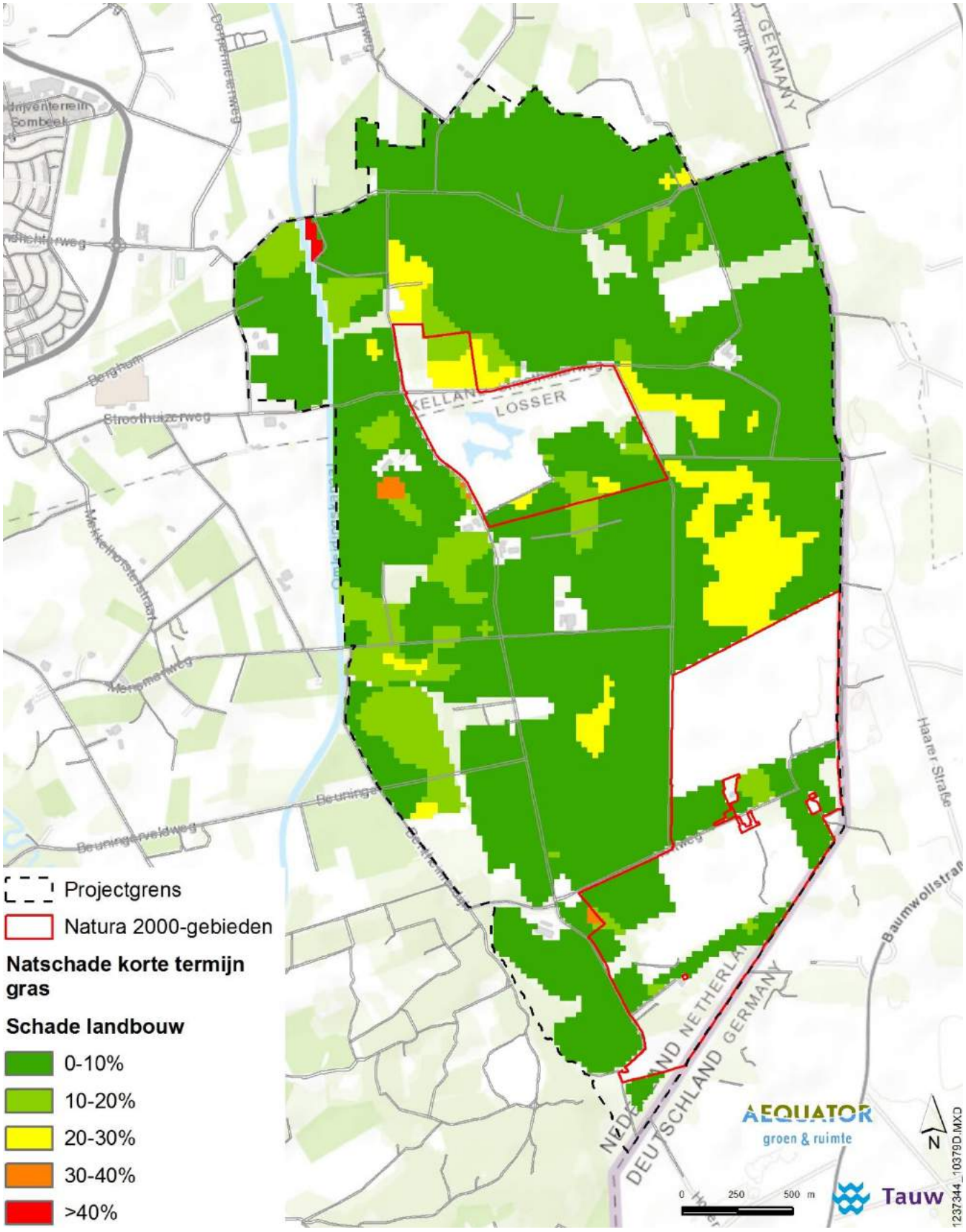
Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.**.3 Inundatie in de huidige situatie**



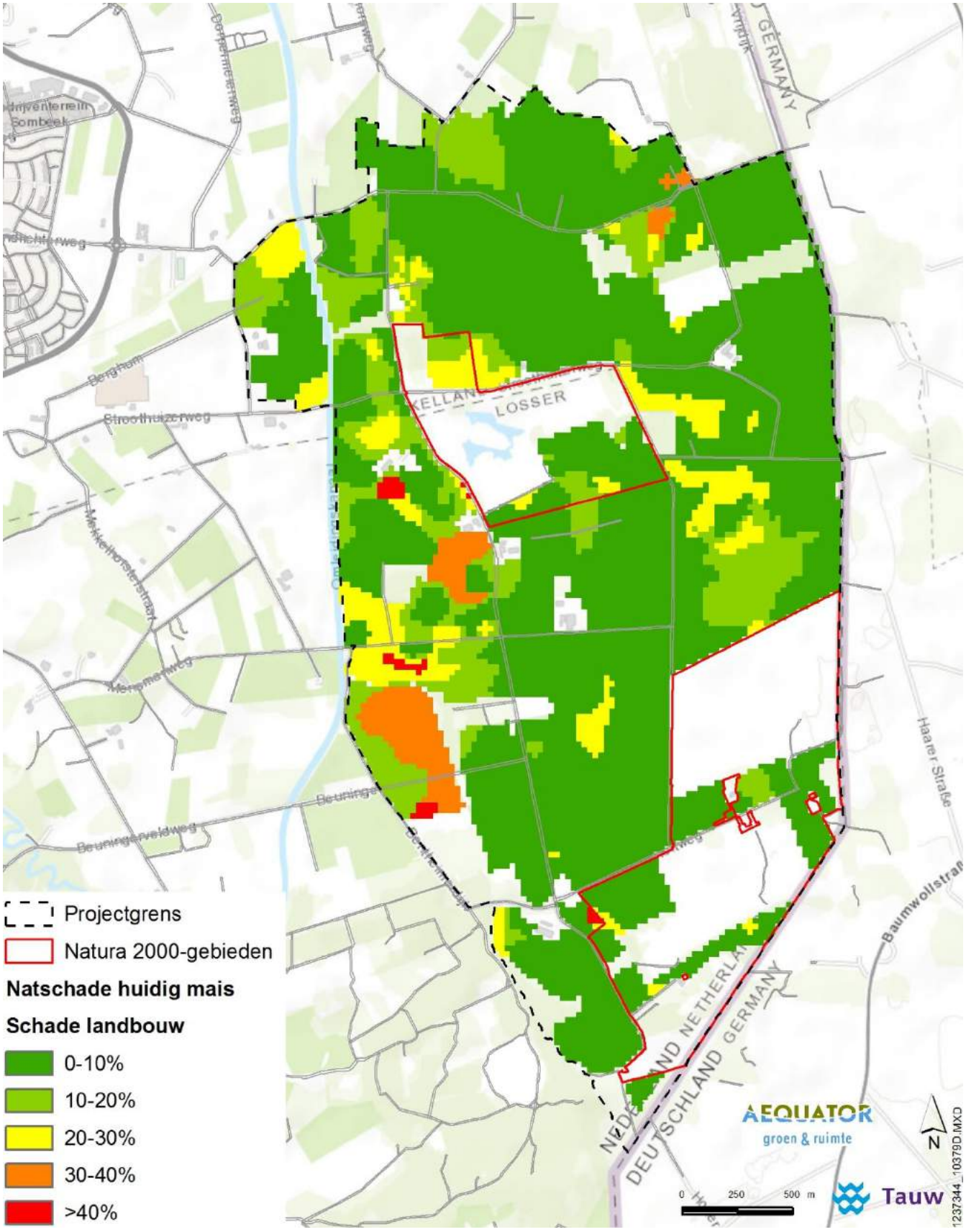
Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.**.4 Inundatielocaties waar het systeem niet aan de afwateringsnormen voldoet bij T1 na realisatie van de maatregelen. Let op: tijdens deze toetsing is de leggerwatergang langs de punthuizerweg als te verondiepen meegenomen. In dit inrichtingsplan wordt deze leggerwater hydrologisch geïsoleerd.**



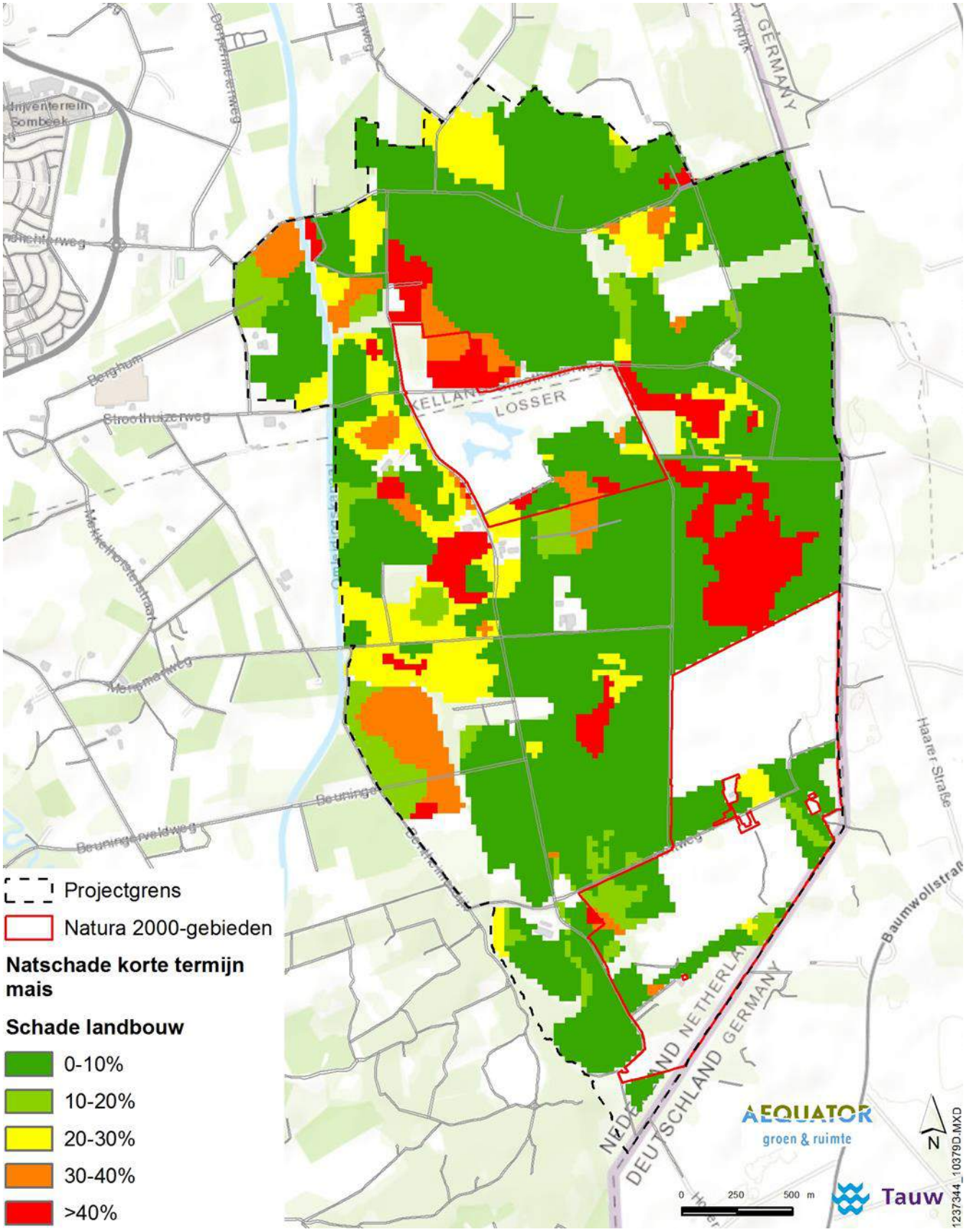
Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.**.5 Natschade voor grasland in (1) de huidige situatie, en (2) na realisatie inrichtingsplan**



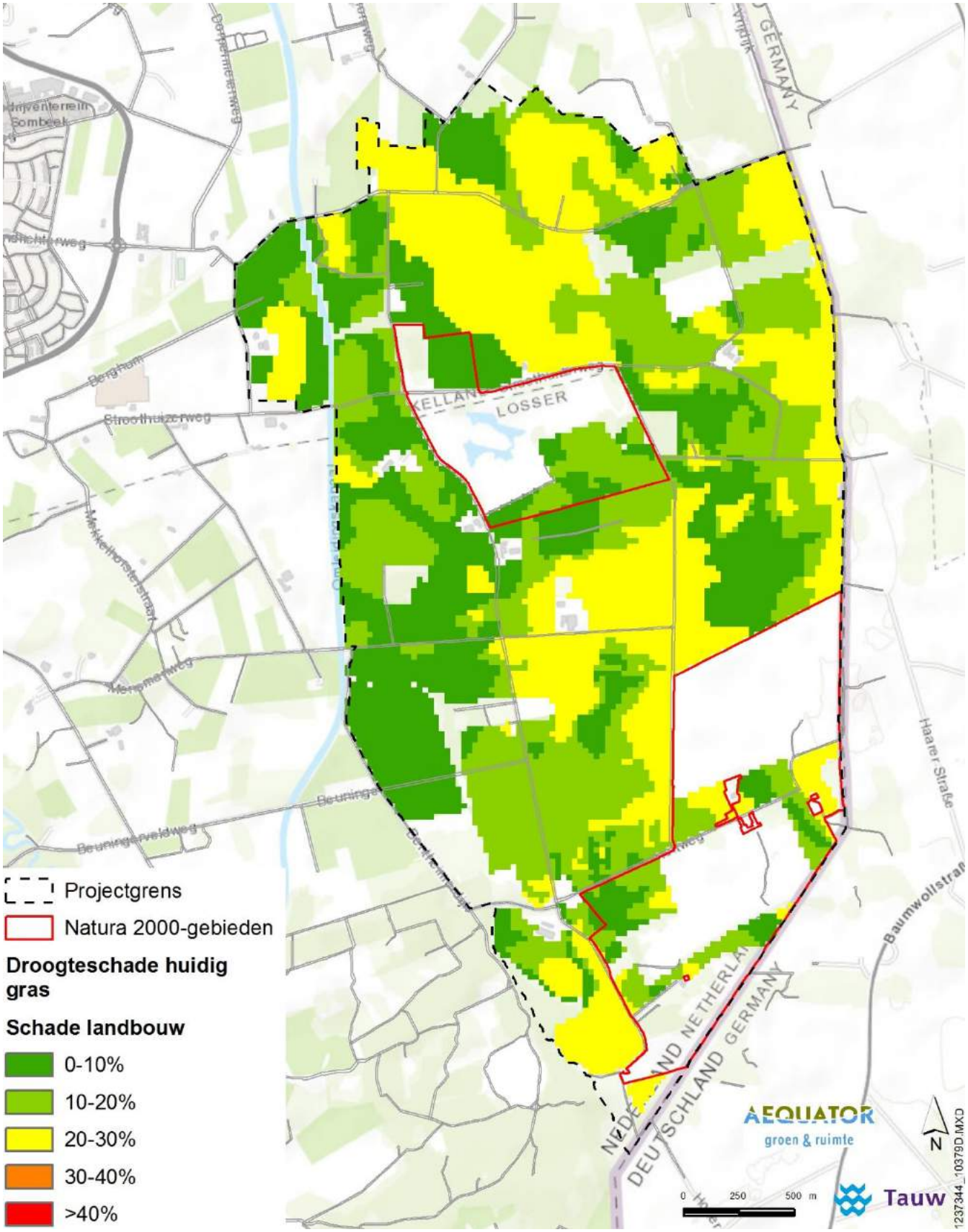
Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.**.5 Natschade voor grasland in (1) de huidige situatie, en (2) na realisatie inrichtingsplan**

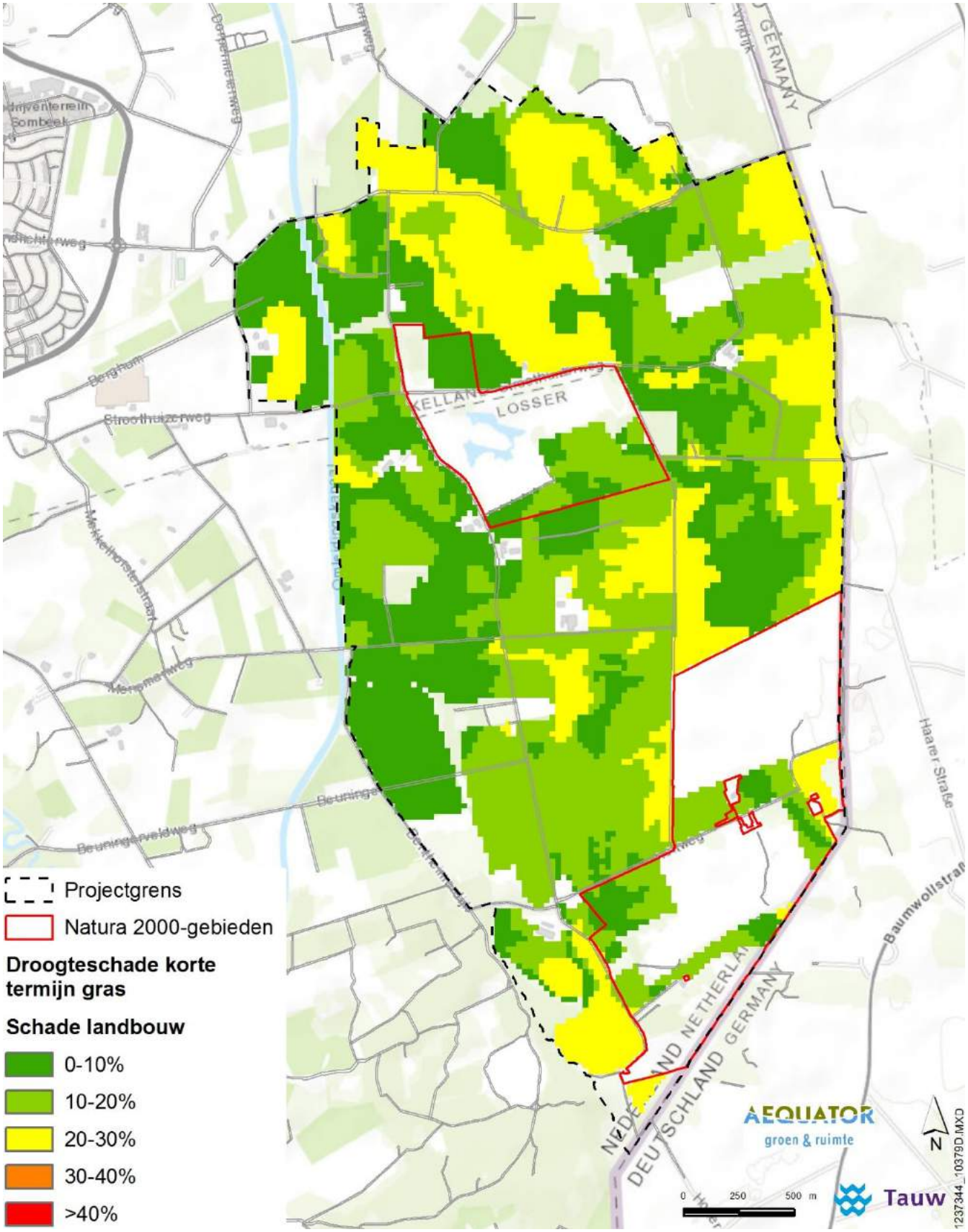


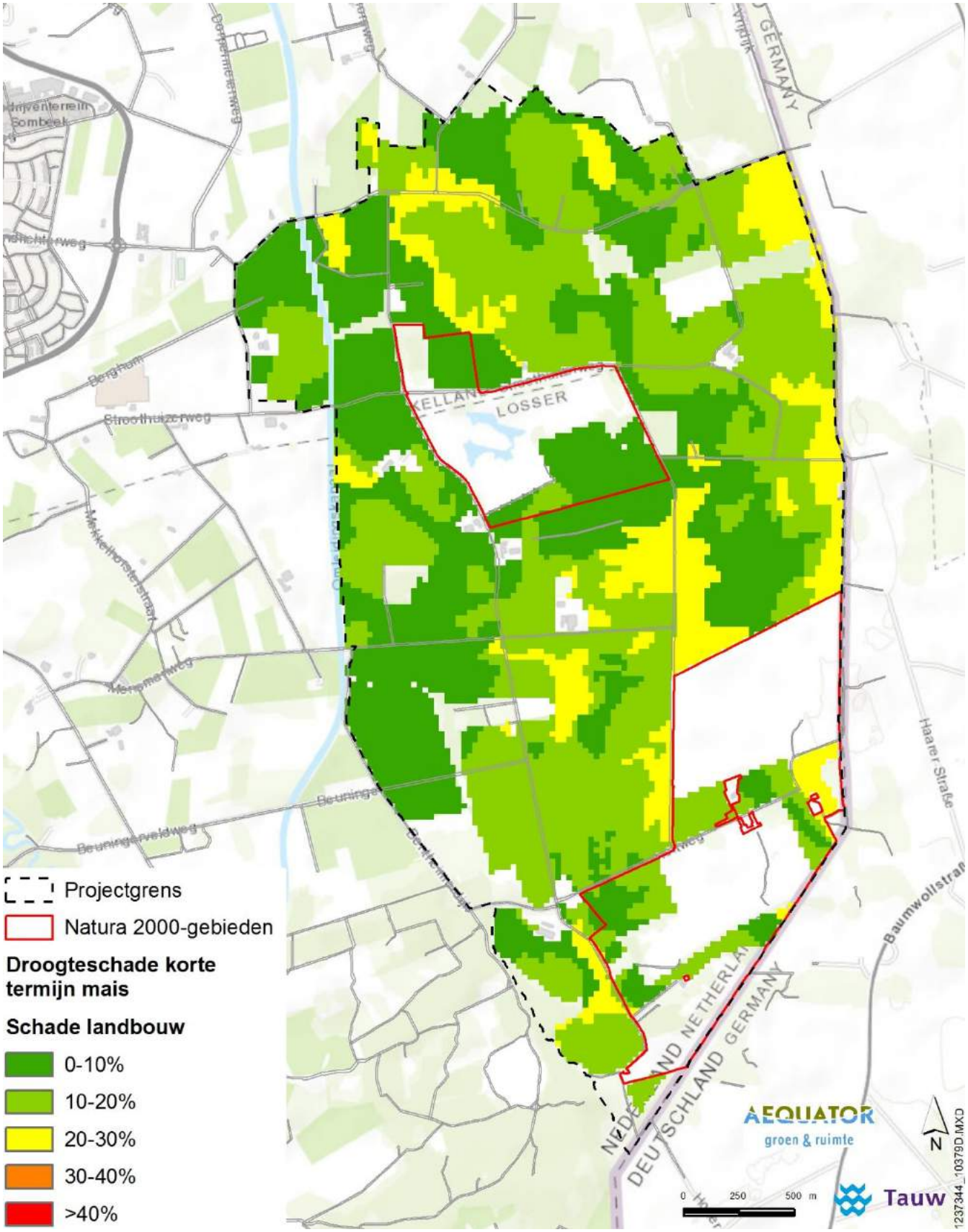
Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document.**.6 Natschade voor maïs in (1) de huidige situatie, (2) na realisatie inrichtingsplan**

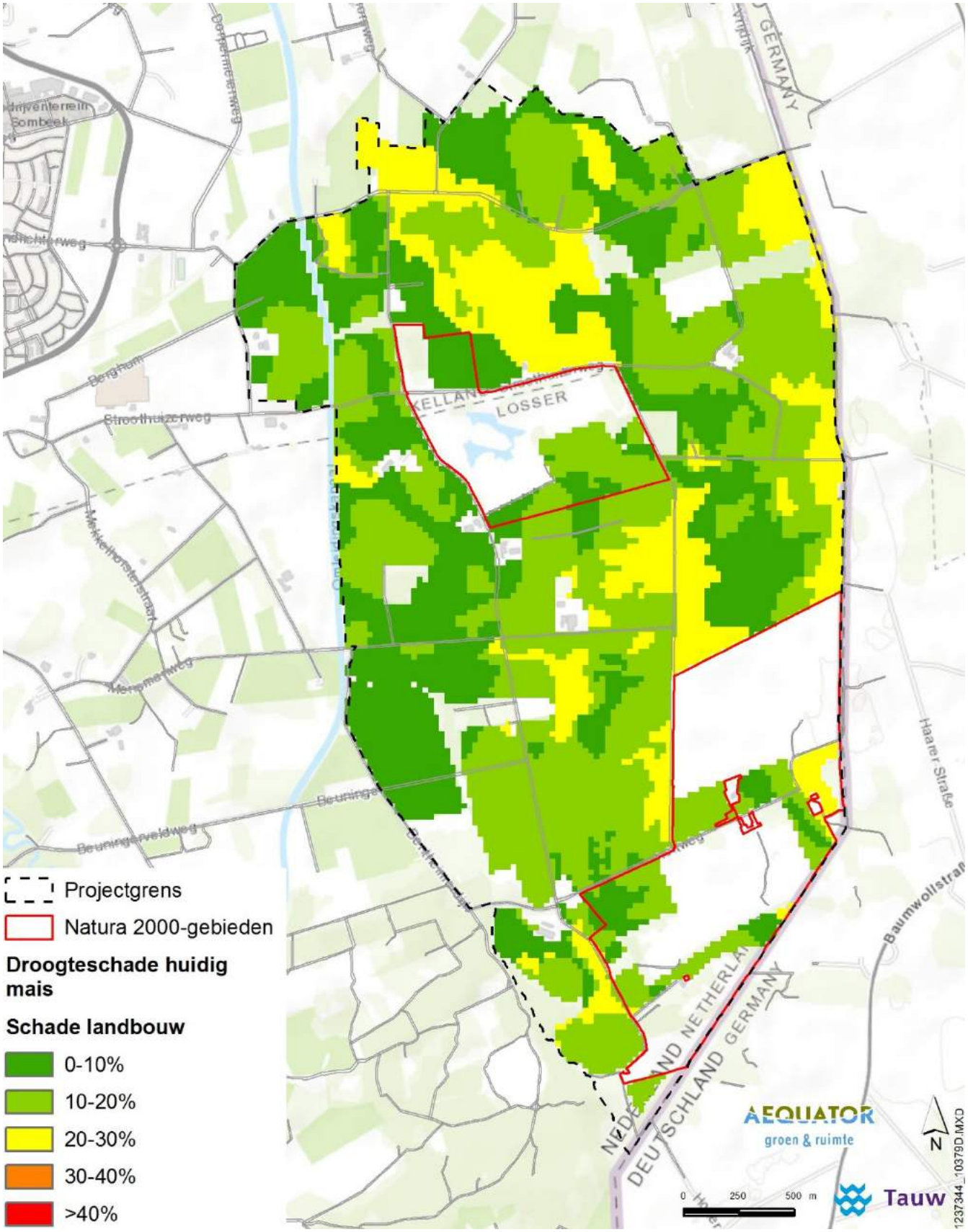


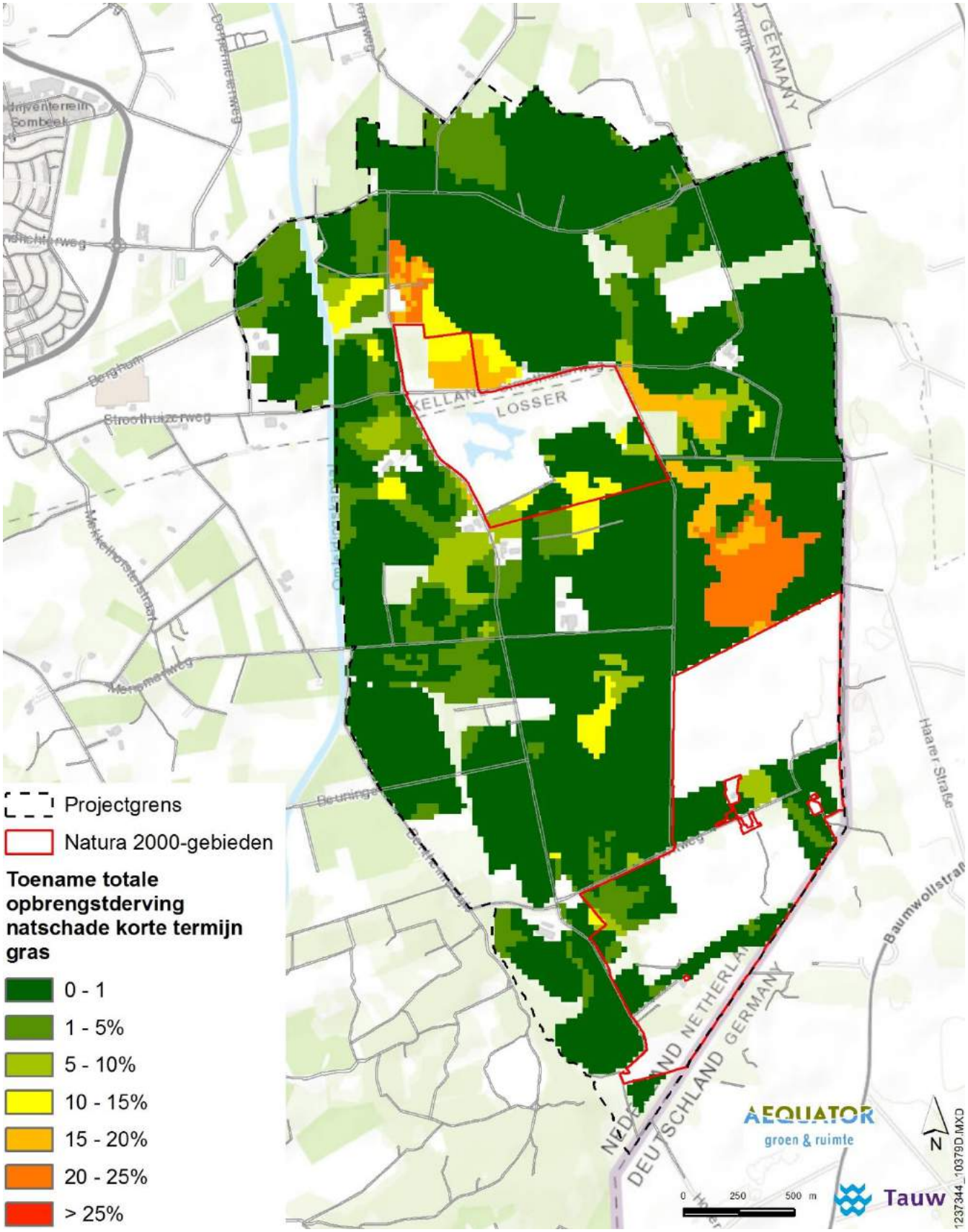
Figuur Fout! Geen tekst met de opgegeven stijl in het document..**6 Natschade voor maïs in (1) de huidige situatie, (2) na realisatie inrichtingsplan**

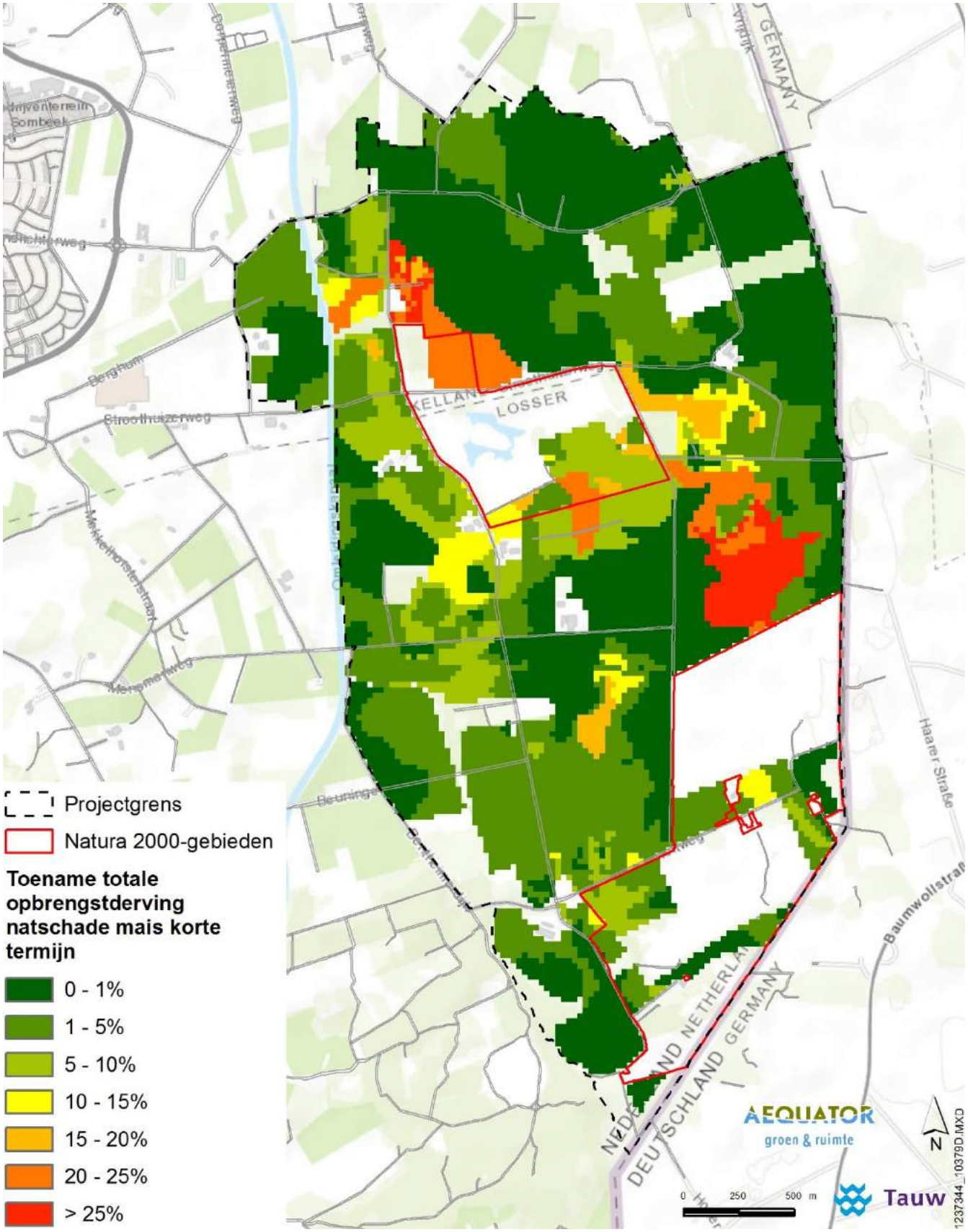

Projectgrens
Natura 2000-gebieden
Droogteschade huidig gras
Schade landbouw
0-10%
10-20%
20-30%
30-40%
>40%
LOSSER
GERMANY
Haarer Straße
Baumwollstraße
DEUTSCHLAND GERMANY
AEQUATOR
groen & ruimte
Tauw
N
0
250
500 m
1237344_10379D.MXD

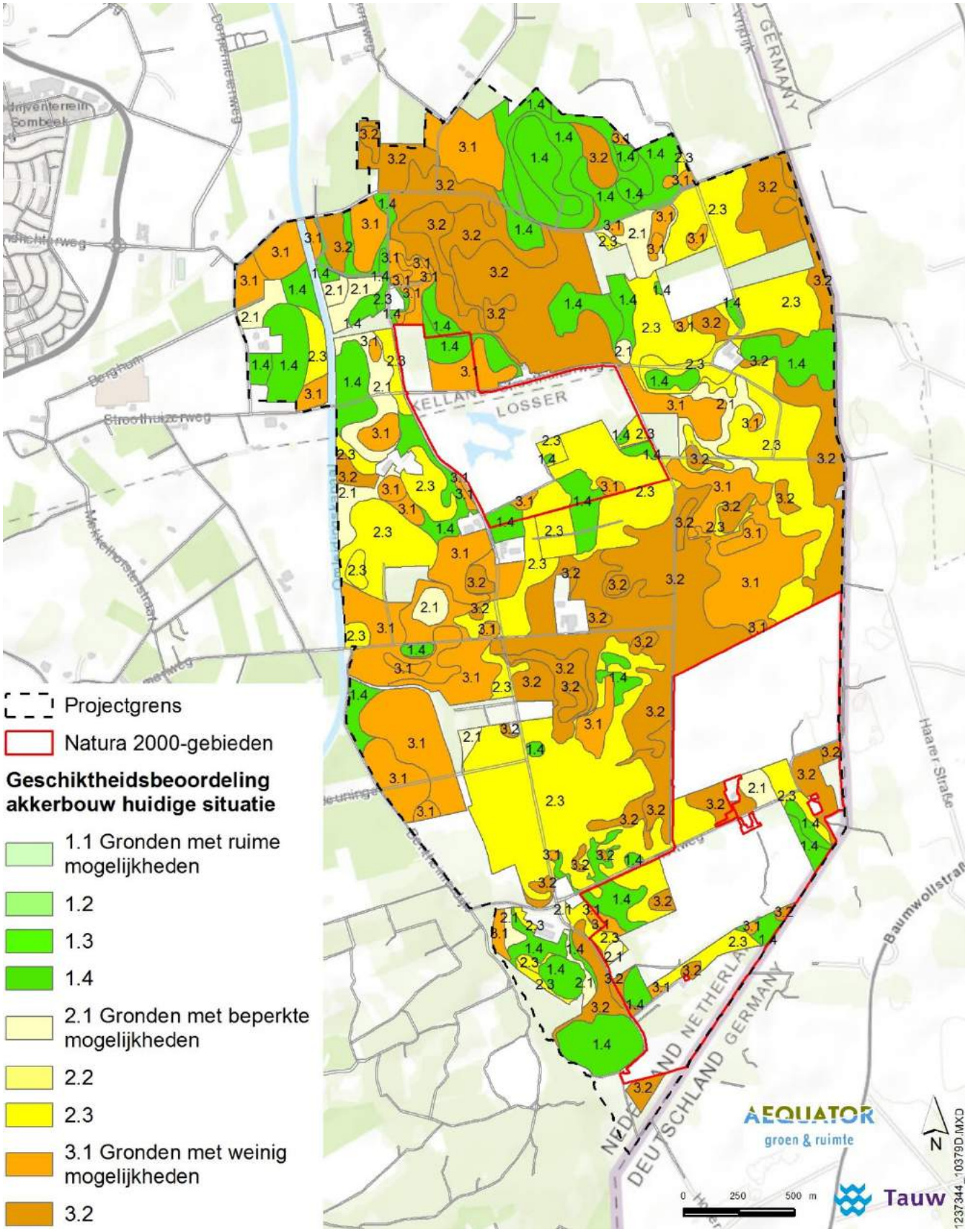

Projectgrens
Natura 2000-gebieden
Droogteschade korte termijn gras
Schade landbouw
0-10%
10-20%
20-30%
30-40%
>40%
LOSSER
GERMANY
Haarer Straße
Baumwollstraße
DEUTSCHLAND GERMANY
AEQUATOR
groen & ruimte
Tauw
N
0
250
500 m
1237344_10379D.MXD

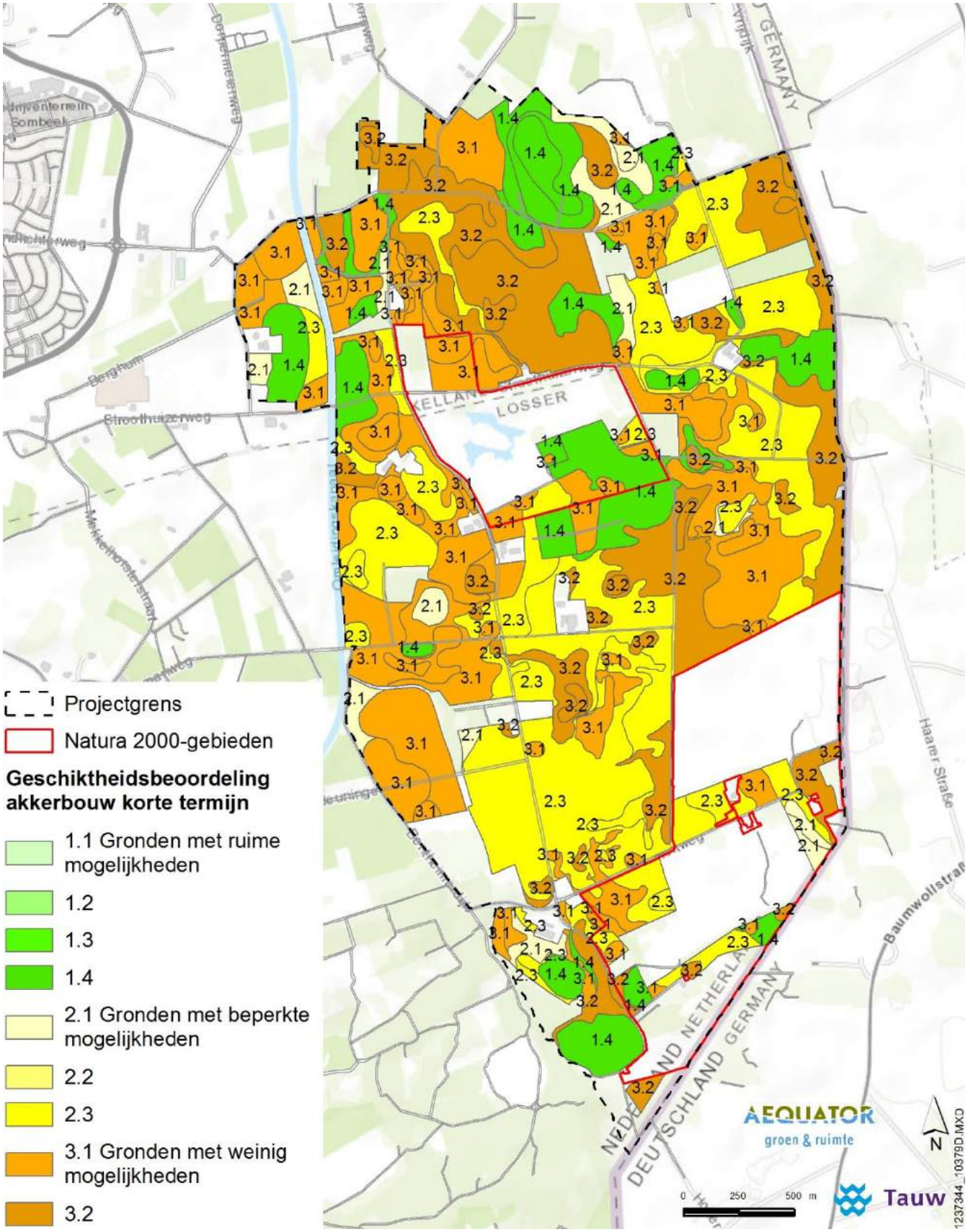

Projectgrens
Natura 2000-gebieden
Droogteschade korte termijn mais
Schade landbouw
0-10%
10-20%
20-30%
30-40%
>40%
LOSSER
GERMANY
Haarer Straße
Baumwollstraße
DEUTSCHLAND GERMANY
AEQUATOR
groen & ruimte
Tauw
N
0
250
500 m
1237344_10379D.MXD

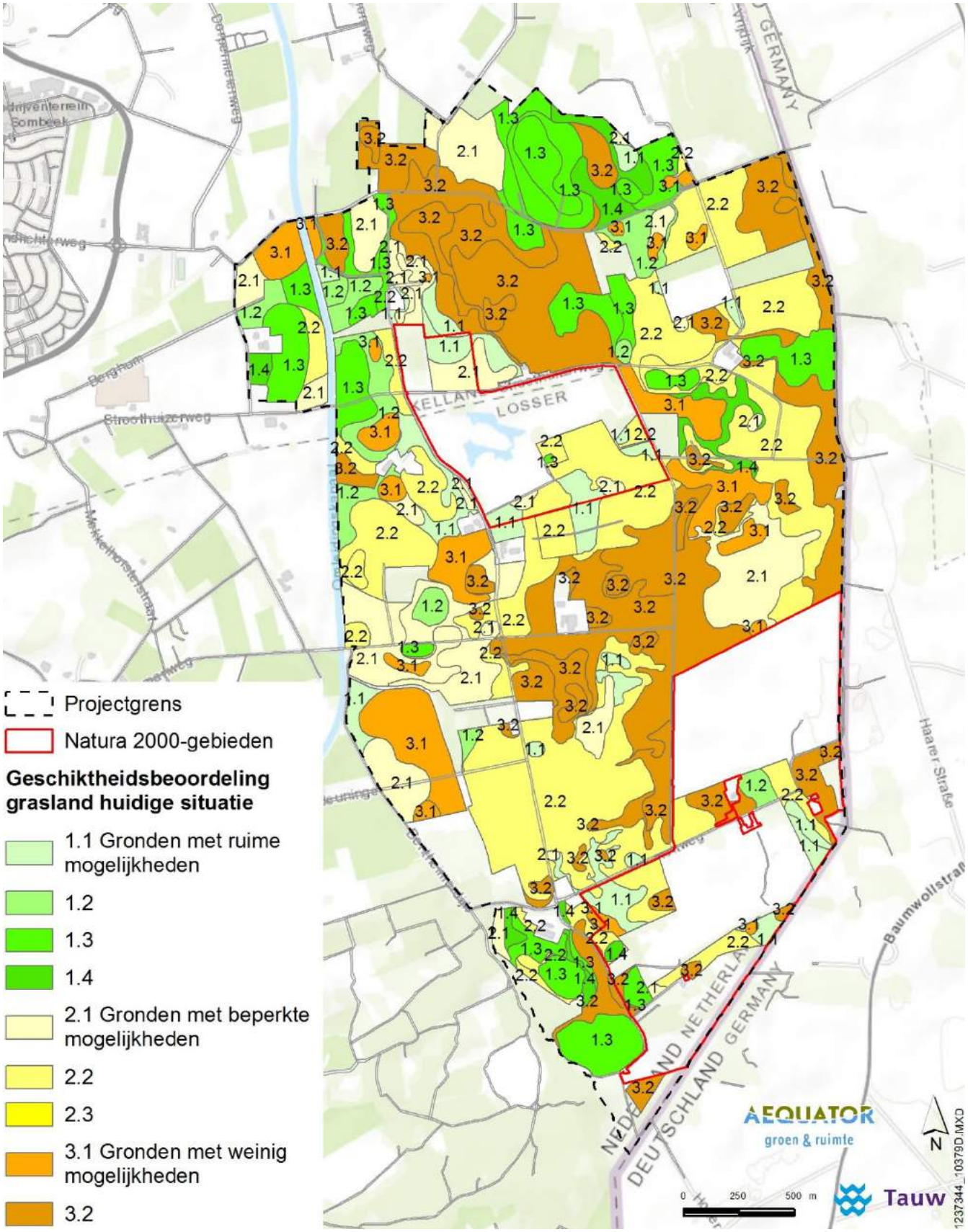

Projectgrens
Natura 2000-gebieden
Droogteschade huidig mais
Schade landbouw
0-10%
10-20%
20-30%
30-40%
>40%
LOSSER
Stroothuizerweg
Beuningerveldweg
Haarer Straße
Baumwollstraße
DEUTSCHLAND GERMANY
AEQUATOR
groen & ruimte
Tauw
N
0
250
500 m
1237344_10379D.MXD

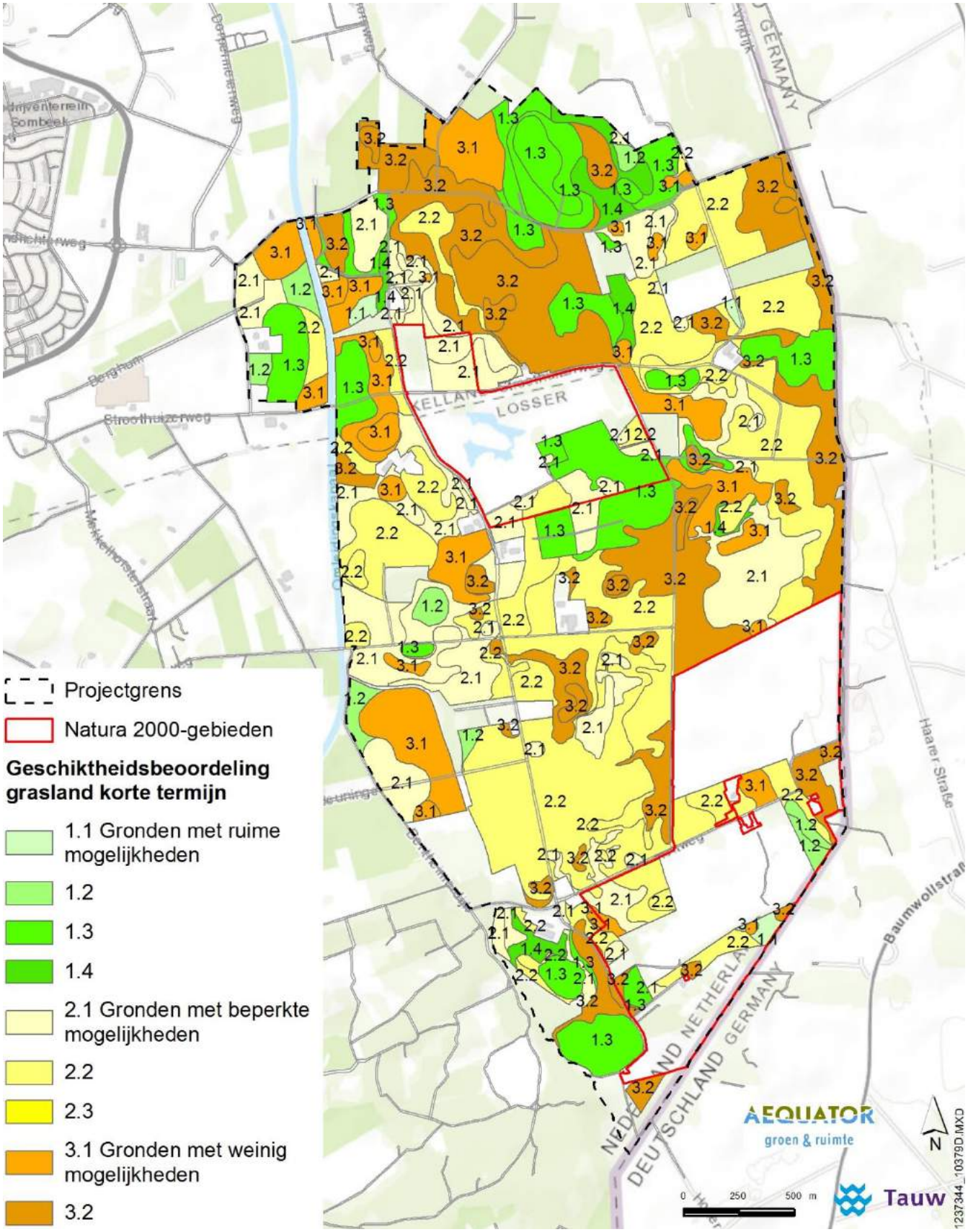

Projectgrens
Natura 2000-gebieden
Toename totale opbrengstderving natschade korte termijn gras
0 - 1
1 - 5%
5 - 10%
10 - 15%
15 - 20%
20 - 25%
> 25%
GERMANY
LOSSER
Berghem
Stroothuizerweg
Haarer Straße
Baumwollstraße
DEUTSCHLAND
GERMANY
AEQUATOR
groen & ruimte
Tauw
0
250
500 m
N
1237344_10379D.MXD

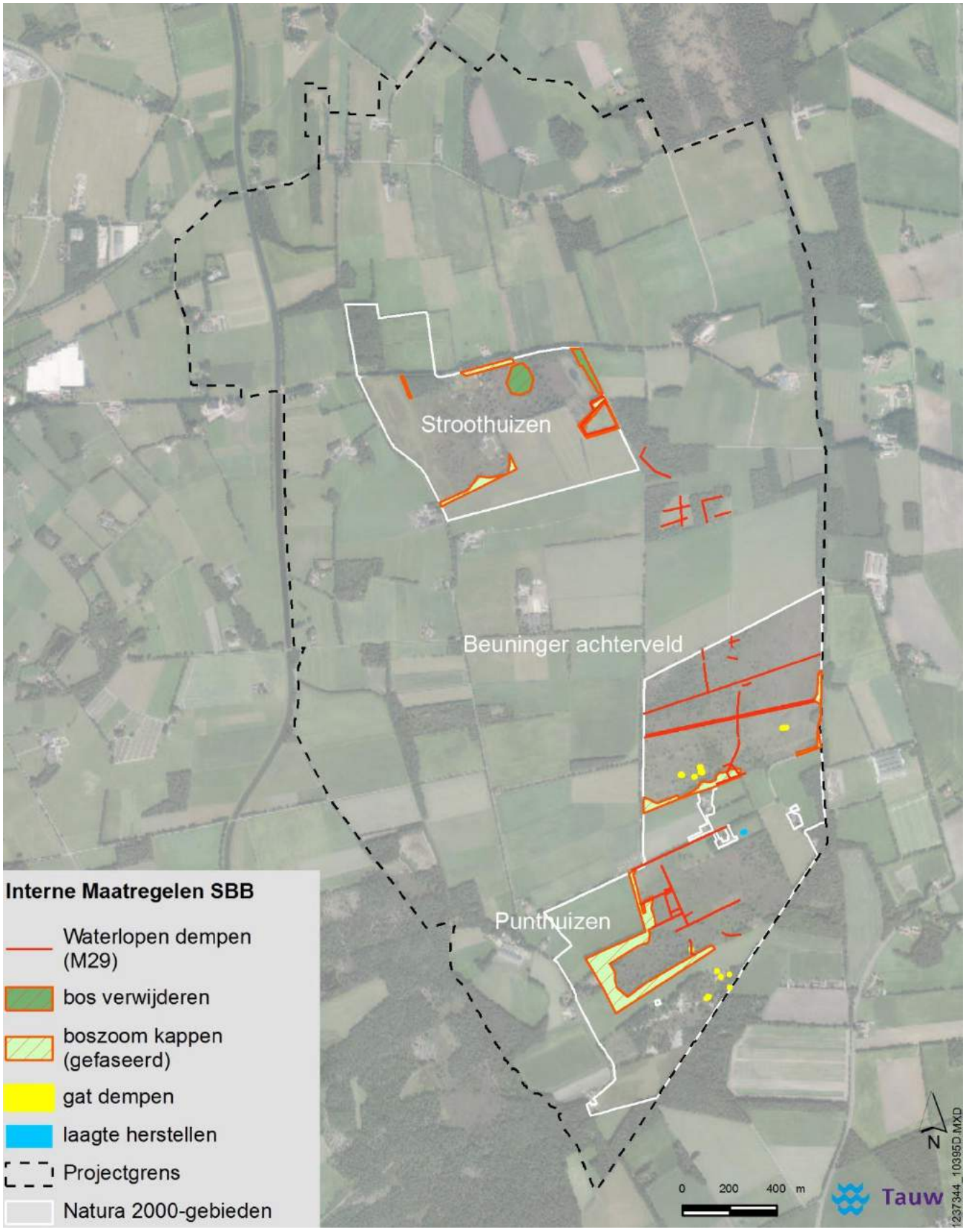

Projectgrens
Natura 2000-gebieden
Toename totale opbrengstderving natschade mais korte termijn
0 - 1%
1 - 5%
5 - 10%
10 - 15%
15 - 20%
20 - 25%
> 25%
GERMANY
LOSSER
Berghem
Stroothuizerweg
Haarer Straße
Baumwollstraße
DEUTSCHLAND
NETHERLAND
GERMANY
AEQUATOR
groen & ruimte
Tauw
0
250
500 m
N

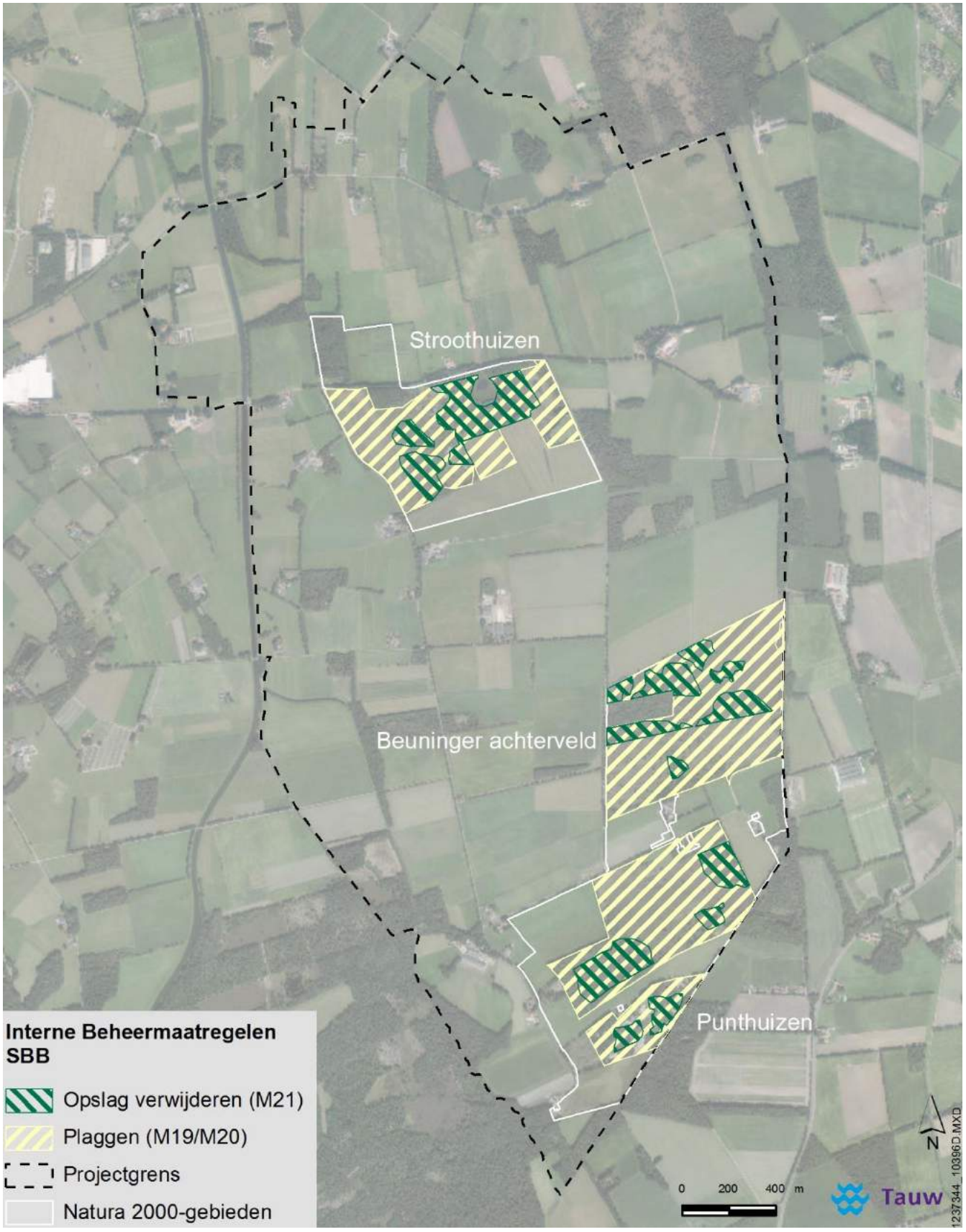

Projectgrens
Natura 2000-gebieden
Geschiktheidsbeoordeling akkerbouw huidige situatie
1.1 Gronden met ruime mogelijkheden
1.2
1.3
1.4
2.1 Gronden met beperkte mogelijkheden
2.2
2.3
3.1 Gronden met weinig mogelijkheden
3.2
LOSSER
GERMANY
NETHERLAND
DEUTSCHLAND
Haarer Straße
Baumwollstraße
Strooihuizerweg
Berghem
AEQUATOR
groen & ruimte
Tauw
N
0
250
500 m
1237344_10379D.MXD


Projectgrens
Natura 2000-gebieden
Geschiktheidsbeoordeling akkerbouw korte termijn
1.1 Gronden met ruime mogelijkheden
1.2
1.3
1.4
2.1 Gronden met beperkte mogelijkheden
2.2
2.3
3.1 Gronden met weinig mogelijkheden
3.2
LOSSER
GERMANY
NETHERLAND
DEUTSCHLAND
Haarer Straße
Baumwollstraße
AEQUATOR
groen & ruimte
Tauw
N
0 250 500 m
1237344_10379D.MXD


Projectgrens
Natura 2000-gebieden
Geschiktheidsbeoordeling grasland huidige situatie
1.1 Gronden met ruime mogelijkheden
1.2
1.3
1.4
2.1 Gronden met beperkte mogelijkheden
2.2
2.3
3.1 Gronden met weinig mogelijkheden
3.2
LOSSER
GERMANY
NETHERLAND
DEUTSCHLAND
Haarer Straße
Baumwollstraße
AEQUATOR
groen & ruimte
Tauw
N
0 250 500 m
1237344_10379D.MXD


Projectgrens
Natura 2000-gebieden
Geschiktheidsbeoordeling grasland korte termijn
1.1 Gronden met ruime mogelijkheden
1.2
1.3
1.4
2.1 Gronden met beperkte mogelijkheden
2.2
2.3
3.1 Gronden met weinig mogelijkheden
3.2
LOSSER
GERMANY
NETHERLAND
DEUTSCHLAND
Haarer Straße
Baumwollstraße
AEQUATOR
groen & ruimte
Tauw
N
0 250 500 m
1237344_10379D.MXD


Stroothuizen
Beuninger achterveld
Punthuizen
Interne Maatregelen SBB
Waterlopen dempen (M29)
bos verwijderen
boszoom kappen (gefaseerd)
gat dempen
laagte herstellen
Projectgrens
Natura 2000-gebieden
N
0
200
400 m
Tauw
1237344_10395D.MXD


Stroothuizen
Beuninger achterveld
Punthuizen
Interne Beheermaatregelen SBB
Opslag verwijderen (M21)
Plaggen (M19/M20)
Projectgrens
Natura 2000-gebieden
N
0
200
400 m
Tauw
1237344_10396D.MXD

Bijlage 5

Ecologische onderbouwing planuitwerking Punthuizen-Stroothuizen

(Van Dongen et al, 2017)

Ecologische onderbouwing maatregelenpakket gebiedsuitwerking

Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

Ecologische onderbouwing maatregelenpakket gebiedsuitwerking

Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

Kennisteam gebiedsuitwerking Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld

Rob van Dongen (Staatsbosbeheer)
Fons Eysink (Unie van Bosgroepen)
Evelyn van der Ent (Tauw)
Henk Brummelman (Braam werkt)

Opdrachtgevers: Staatsbosbeheer en Provincie Overijssel
Oktober 2017
Status uitgave: definitief rapport (versie 5)

Inhoudsopgave

Ecologische onderbouwing maatregelenpakket gebiedsuitwerking 1
1 Inleiding 4
2 Systeembeschrijving 5
2.1 Ontwikkelingen in de afgelopen eeuw 6
2.2 Trendanalyse vegetatietypen en soorten 11
2.3 Geohydrologie, grond- en oppervlaktewater 34
2.4 Sturende hydrologische processen in Punthuizen en Stroothuizen 39
2.5 Ecologische randvoorwaarden 52
3 Synthese systeemfunctioneren en huidige situatie (doelgat) per deelgebied 56
3.1 Punthuizen 57
3.2 Stroothuizen 59
3.3 Beuninger Achterveld 61
4 Werkwijze uitwerking PAS maatregelen (korte termijn) 62
4.1 Uitwerking hydrologische maatregelen 62
4.2 Uitwerking maatregelen bemesting 63
5 Onderzoeksresultaten PAS kennislacunes 66
5.1 Onderzoek vermesting grondwater Stroothuizen 66
5.2 Onderzoek basenverzadiging 67
6 Definitief maatregelenpakket korte termijn 71
6.1 Hydrologische maatregelen 71
6.2 Maatregelen bemesting 78
6.3 Uitwerking natuurpotenties 81
6.4 Overgangs- en eindbeheer 83
6.5 Uitbreidingsdoelen 84
6.6 Volgordelijkheid uitvoering maatregelen 84
6.7 Eindbeeld 85
7 Lange termijn maatregelen hydrologie 87
8 Conclusies en aanbevelingen 90
Literatuurlijst 92
Bijlagen 93

1 Inleiding

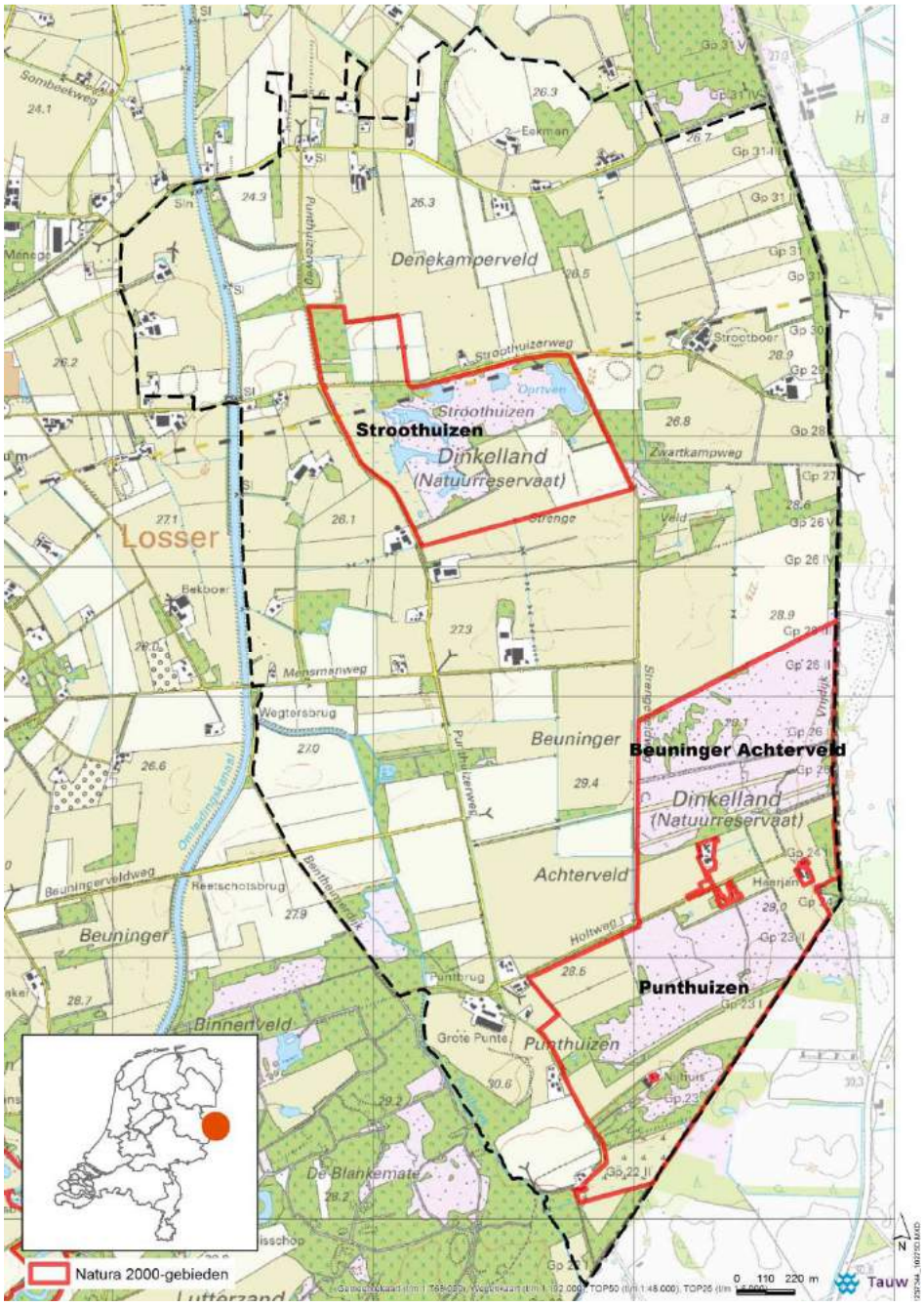
Dit rapport vormt de onderbouwing bij het maatregelenpakket dat door het kennisteam is uitgewerkt als onderdeel van het gebiedsproces voor het Natura 2000-gebied Dinkelland, deelgebied Punthuizen-Stroothuizen. Centraal in dit rapport staat de onderbouwing van ecologische randvoorwaarden en een beschrijving van de effecten van de verschillende maatregelenscenario's op de instandhoudingsdoelen. Het rapport vormt één van de bouwstenen die zijn gebruikt voor de onderbouwing van het Inrichtingsplan en bijbehorend Provinciaal Inpassingplan

Naast een uitwerking van het maatregelenpakket bevat het rapport ook de conclusies van onderzoeken die zijn uitgevoerd om de kennislacunes uit de PAS gebiedsanalyse op te lossen.

Om dit rapport enigszins beknopt te houden wordt in dit rapport veelvuldig verwezen naar achtergrondrapporten. Daarnaast zijn de figuren opgenomen in een kaartenbijlage, die als bijlage 1 bij deze notitie is gevoegd. Deze notitie en bijbehorende achtergrondrapporten vormen samen de onderbouwing van maatregelen en effecten op instandhoudingsdoelen en omgeving.

2 Systeembeschrijving

Het Natura 2000-gebied Dinkelland bestaat uit een aantal deelgebieden (zie figuur 1). De gebiedsuitwerking Punthuizen-Stroothuizen omvat de drie deelobjecten Punthuizen, Beuninger Achterveld en Stroothuizen. Deze drie gebieden liggen ten oosten - zuidoosten van Denekamp tegen de Duitse grens tussen de beekdalen van de Rammelbeek aan de oostzijde in Duitsland en de Puntbeek aan de westzijde bij de buurtschap Punthuizen.



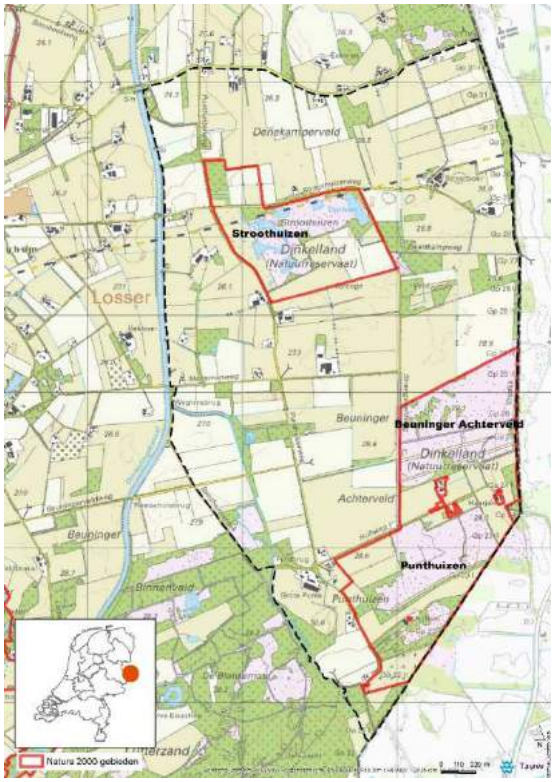
Figuur 1: Ligging Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld. De rode lijn geeft de Natura 2000-begrenzing. De zwarte stippellijn geeft de begrenzing van het uitwerkingsgebied

Het nat zandlandschap heeft hier een zwak golvend reliëf. In het gebied worden, op basis van de landschapsecologische inbedding van de habitattypen (Hoofdstuk 3, nat zandlandschap; Everts et al, 2014) meerdere gradiënttypen onderscheiden.
Punthuizen en Beuninger Achterveld behoren tot het gradiënttype basenrijke afvoerloze laagte. In feite voldoet deze typering niet helemaal omdat in natte perioden wel degelijk een beperkte hoeveelheid water uit de laagte wordt afgevoerd. De overstromingsdrempel aan de noordzijde bepaald het afvoerniveau van de laagte. Stroothuizen behoort tot het gradiënttype "beekdalen met lokale kwel in de bovenloop". Ook hier is enige nuancering op zijn plaats omdat de centrale slenk in het westen ook door dieper basenrijk water wordt gevoed. Het Beuninger Achterveld vormt de oorsprong van het Strengeveld en kan daarmee ook getypeerd worden als beekdal met lokale kwel in de bovenloop. In Punthuizen en het Beuninger Achterveld wordt de vegetatiegradiënt aangestuurd wordt door overstroming van die laagte met regenwater en basenrijk grondwater en in Stroothuizen de aanvoer van jong basenarm grondwater uit lokale systemen en door afvoer van basenrijk dieper grondwater over maaiveld. Deze laagten zijn onderdeel van de historische slenkenstructuur van dit gebied, zie figuur 3.

De oorsprong van de overstromingslaagte van Punthuizen ligt direct ten zuiden in een smalle enclave cultuurgrond, waaiert vervolgens breed uit in Punthuizen en versmald aan de noordzijde, waar de laagte wordt onderbroken door de Holtweg. Ten noorden van de Holtweg is deze laagte gedempt.
De oorsprong van de overstromingslaagte van het Beuninger Achterveld ligt op ongeveer dezelfde hoogte als die van Punthuizen, maar dan iets oostelijker tussen de dekzandrug van Punthuizen en de dekzandrug die samenvalt met de Nederlands-Duitse grens, plaatselijk bekend als Holt und Haar en Haarjan. Deze laagte heeft zijn natuurlijk verloop in noordelijke richting met een serie overstromingslaagten met afvoerdrempels beginnend ten noorden van de Holtweg, in het Beuninger Achterveld en het Strengeveld en direct oostelijk van Stroothuizen.
De oorsprong met lokale kwel in de bovenloop in Stroothuizen ligt direct ten westen van de dekzandrug midden in het gebied. De laagte met lokale kwel in de bovenloop heeft zijn natuurlijke verloop in noordwestelijke richting, kruist met de Stroothuizerweg en meer westelijk met de Punthuizerweg en eindigt bij het omleidingskanaal van de Dinkel.

2.1 Ontwikkelingen in de afgelopen eeuw

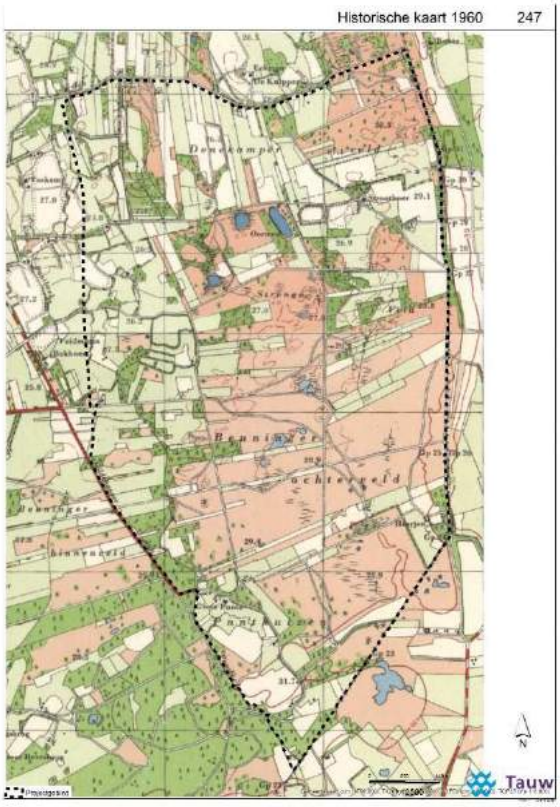
Ontwikkelingen in de landbouw in relatie tot de natuurgebieden
Het Natura 2000-gebied Punthuizen Stroothuizen ligt in het Denekamper Veld (figuur 1). Het heidelandbouwsysteem heeft vanaf de middeleeuwen tot begin 1900 het landschap gevormd. De drie-eenheid: akker – groenland – heide zijn dan de basis van het agrarische bedrijf. Naast een magere productie levert dit landbouwsysteem vooral ook een grote bijdrage aan de natuur- en landschapswaarden van het Denekamperveld. Naast de vruchtbare enkeerdeerdgronden zijn vennen, heischrale graslanden, blauwgraslanden, moerasbosjes, vochtige en droge heiden het resultaat van menselijk gebruik en natuurlijke omstandigheden van bodem en water; het halfnatuurlijke landschap.
De topografische kaart van 1901 geeft een goede impressie van het gebruik van het heidelandschap. De weinige erven, akkers en hooilanden zijn omzoomd door houtopstanden en staan in schril contrast met de uitgestrektheid van de heide (licht bruin) en moerassige laagten en vennen (blauw) (figuur 2). In *Ons Dinkelland* (Bernink, 1916) is dit landschap met veel gedetailleerde informatie over planten- en dierenwereld beschreven o.a. in de hoofdstukken *Naar de vochtige heide aan den rietzoom* en *Naar het land der Arnica*. De uitvinding van kunstmest en prikkeldraad markeren het eind van het heidelandbouwsysteem en een nieuw tijdperk van economische vooruitgang.



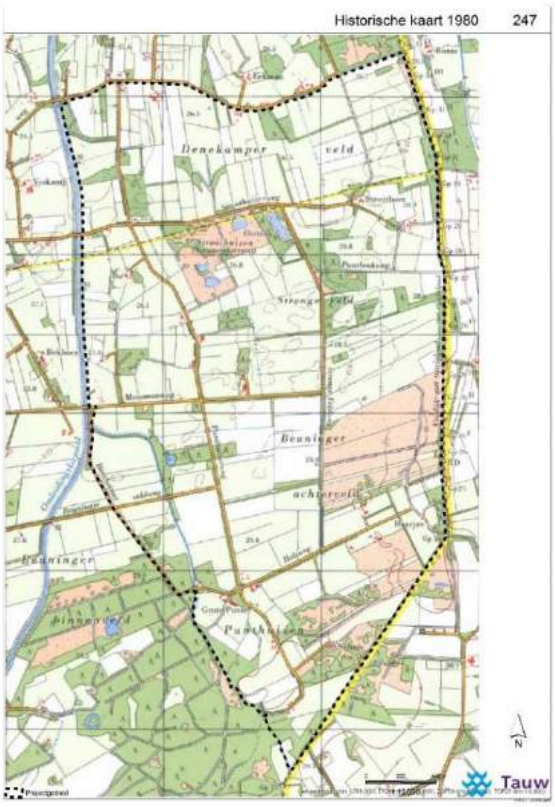
Figuur 2: Ligging Natura 2000-gebied Punthuizen Stroothuizen (binnen rode lijnen) in het jonge heideontginningslandschap.

Figuur 3: Het halfnatuurlijke heidelandschap, waarin natuur een vanzelfsprekend onderdeel van de bedrijfsvoering is.

Enkele decennia later worden in het *Land van de Dinkel* (Dingeldein, 1948) land- en volksgebruiken in hun onderlinge verband beschouwd. In het hoofdstuk Langs de oostgrens beschrijft Dingeldein de schoonheid van het heidelandschap, maar probeert daarin ook de door hem opgemerkte veranderingen in de natuur te verklaren. Waarom de ene soort blijft en de ander verdwijnt. De behoefte aan opbrengstverbetering heeft de boeren aangezet tot kleinschalige ontginningen van het heidelandschap. De min of meer organische vormen van heide (licht bruin) en moerassige laagten en vennen (blauw) worden doorbroken door rechthoekige jonge ontginningen (figuur 3). In 1938 is voor een gedeelte van het gebied een ruilverkavelingsaanvraag gedaan en in 1948 volgt een nieuwe aanvraag. In de tussentijd worden kleinschalige ontginningen en ontwateringen voortgezet. Door afsplitsing zijn nieuwe boerderijtjes ontstaan. Onder de naam Denekamperveld wordt in 1960 de ruilverkaveling aangenomen (Wittgen et al., 1986). De grote opgaven voor landbouw, waterhuishouding, natuur en landschap worden in dit kader geregeld. De kanalisatie van de Puntbeek en de aanleg van het omleidingskanaal van de Dinkel worden midden jaren 1960 gerealiseerd. Een netwerk van ontsluitingswegen en waterlopen wordt aangelegd, verkavelingsstructuur verbeterd en boerderijen verplaatst. Het heidelandschap verandert tussen 1960 en 1970 in een jong heideontginningslandschap met bijpassende rechtlijnige kavelstructuren en beplantingen. Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen krijgen de status van natuurgebied. De Puntbeek behoudt zijn natuurlijke karakter tussen de Duitse grens en de Holtweg. De scheiding tussen landbouw en natuur krijgt hiermee zijn beslag. Maar niet ten koste van alles. Zo wordt overeen gekomen dat het oppervlaktewater van het landbouwperceel ten zuiden van Punthuizen beter door het natuurgebied kan worden geleidt dan via het westen met een ontwateringssloot om te leiden. In de jaren 1980 zijn in het kader van de schaalvergroting in de landbouw ook perceelsvergroting en verbeteringswerken in de waterhuishouding toegepast door opheffen detailontwatering, verruimen van sloten en aanpassingen in het peilbeheer.



Figuur 4: Rechthoekige jonge ontginningskavels doorbreken het halfnatuurlijke heidelandschap.



Figuur 5: Het heidelandschap is door de ruilverkaveling Denekamperveld veranderd in een jong heide ontginningslandschap.

Reeds uitgevoerde hydrologische herstelmaatregelen

Vanuit natuur wordt duidelijk dat de ontwateringseffecten niet beperkt blijven tot de landbouwgronden. Ook landbouw ervaart verdroging en er wordt beregend. Een integraal anti-verdroging plan om de verdroging terug te dringen krijgt geen draagvlak (van Gerven et al., 1993). Toch zijn er wel een aantal kleine successen vanuit natuur in samenspraak met landbouw. Vanaf 1980 worden reeds een aantal herstelmaatregelen uitgevoerd. In figuur 6 zijn de uitgevoerde hydrologische herstelmaatregelen die zijn uitgevoerd in de periode 1989-2016 weergegeven. Hieronder worden deze herstelmaatregelen in chronologische volgorde toegelicht.

In het midden van de jaren 1980 is de waterloop aan de noordkant van Punthuizen langs de Holtweg verondiept tot een greppel en deels verduikerd (figuur 6). Deze maatregelen hebben de lokale opbolling en stroming van jong grondwater in de aangrenzende dekzandrug versterkt. Daarnaast heeft het voor uitbreiding van de zuurdere varianten van Blauwgrasland gezorgd, maar een zeer beperkt effect gehad op de grondwaterstanden en de buffering met basenrijk grondwater vanuit het grondwatersysteem (Aggenbach en Jansen, 2004).

In 1990 is bij Stroothuizen de bermsloot langs de Strengeveldweg ter hoogte van het Oortven gedempt om de waterhuishouding voor dit ven te verbeteren, zie figuur 6. Na deze maatregel is de kwaliteit van vochtige heide verbeterd (Pranger en Tolman, 2011). Ook is de lokale opbolling en stroming van jong grondwater versterkt, maar de invloed van gebufferd grondwater voor de zeer zwak gebufferde vennen kon daarmee niet worden hersteld.

Verder is aan de westzijde van Stroothuizen begin jaren 1990 het eerste ‘grootschalige’ natuurherstelproject op perceel Groener (7 hectare) uitgevoerd, zie figuur 6. De belangrijkste maatregelen betroffen hier het dempen van een diepe landbouwsloot, het verwijderen van drainage, de inrichting van perceel Groener, het verwijderen een dam om stagnatie van zuur regenwater te voorkomen en het plaggen van laagtes in het gebied. Met name alle vegetaties die afhankelijk zijn van alleen lokaal grondwater zijn sterk verbeterd, waaronder de vochtige heide (veenmosrijke variant) en zwak gebufferde vennen. De meer basenminnende vegetaties van de veldrussschraallanden hebben zich gevestigd, maar blijven ‘hangen’, terwijl soorten als Spaanse ruiter, Parnassia en Vetblad van het Blauwgrasland na vestiging zich nauwelijks kunnen handhaven. Uit monitoring (Aggenbach en Jansen, 2004; Aggenbach en Cirkel 2017a) is gebleken dat de maatregelen onvoldoende zijn geweest om de basenverzadiging te herstellen. Daarnaast speelt ophoping van organische stof en toestroming van voedselrijk grondwater (Aggenbach en Cirkel 2017b) een belangrijke reden dat herstel uitblijft en basenminnende vegetatietypen in de centrale slenk verder achteruit gaan.

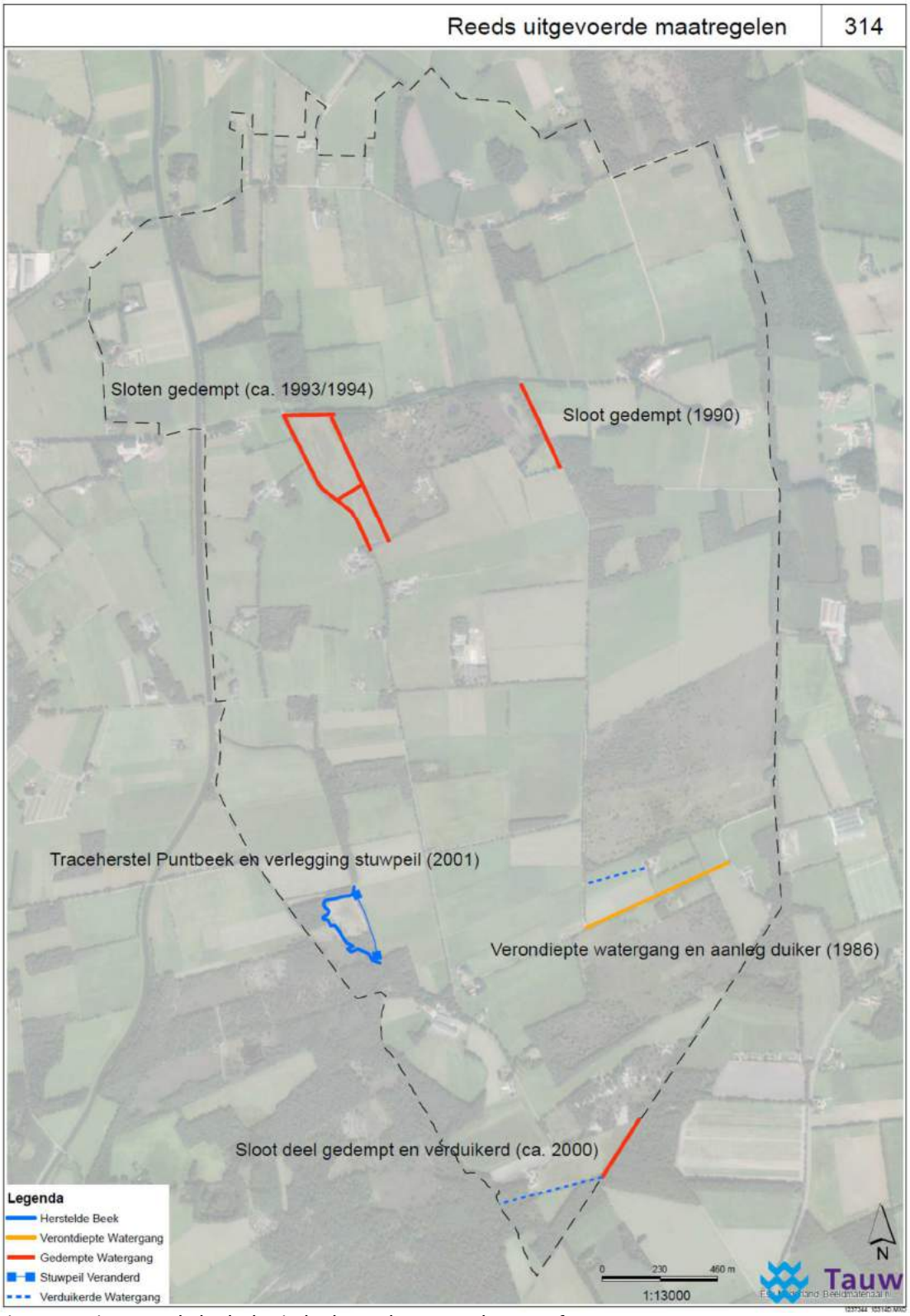
In 2000 is de landbouwenclave, het meest zuidelijke deel van de Natura 2000 aanwijzing Punthuizen, op vergelijkbare wijze als Stroothuizen west ingericht. Daarbij wordt een waterloop deels gedempt en deels verduikerd, zie figuur 6. Daarnaast zijn de opgevulde laagtes ontgraven.
In deze periode (begin 2000) is ook de Puntbeek tussen de Holtweg en de Beuningerveldweg in zijn oorspronkelijke tracé terug gelegd en is het stuwpeil bij de Holtweg verplaatst naar de eerst volgende stuw stroomafwaarts met als gevolg vernatting van de aangrenzende verdroogde vochtige heide en herstel van vochtig beekdalgrasland (figuur 6 grenzend aan tracéherstel Puntbeek).

Maatregelen in of direct grenzend aan de deelgebieden hebben tot nu toe vooral effect gehad op vegetaties die van lokale grondwatersystemen afhankelijk zijn. Effecten op vegetaties, die afhankelijk zijn van basenrijk grondwater zijn, zoals veldrusschraallanden, blauwgraslanden en (zeer) zwak gebufferde venvegetaties zijn beperkt. De maatregelen hebben weinig effect gehad op het 'dieper' basenrijke grondwater. In Stroothuizen is een diepe perceelssloot aan de westzijde (tussen het bestaande natuurgebied en perceel Groener) met een permanente afvoer van ijzerrijke kwel in 1994 gedempt. Basenminnende plantensoorten hebben zich hier en daar gevestigd, maar herstel van veldrusschraalland en blauwgrasland vegetaties laat op zich wachten. De zwak gebufferde venvegetaties maken daar op dit moment de beste ontwikkelingen door. In 2017 is 55 jaar na dato opnieuw Moerassmele aangetroffen (vondst Eysink en van Dongen, juli 2017).

Hiermee zijn de ontwikkelingen voor landbouw en natuur in vogelvlucht geschetst en in tabel 1. weergegeven.

tijdslijn	landbouw	natuur	waterhuishouding
1900 Integraal gebruik landschap	Einde heide-landbouwsysteem (zelf voorziend).	Geen noodzaak tot bescherming.	Watersysteem sturend.
1933-1960 Kleinschalige ontginningen	Lichte toename voedselproductie.	Afname areaal natuur en toename versnippering.	Lichte ontwatering.
1960-1970 Ruilverkaveling Denekamper Veld	Ruimte voor efficiëntere voedselproductie.	Aanwijzing natuurgebieden Punthuizen, Beuninger Achterveld en Stroothuizen.	Aanleg omleidings-kanaal van de Dinkel en netwerk aan wegen en diepe ontwatering.
1970-1983 Intensivering grondgebruik	Behoefte om te groeien. Droogte gevoelige grond.	Kwaliteiten natuur worden beïnvloed door verdroging en verzuring (Zwavel depositie) en vermesting.	Te snelle afvoer van water verminderen door verdieping hoofdwaterlopen en optimalisatie stuwen t.b.v. landbouw.
1983-2017 Productierechten	Schaalvergroting leidt tot groeiers en stoppers.	Kwaliteiten natuur worden beïnvloed door verdroging en verzuring (Stikstof depositie) en vermesting. Lokale maatregelen bieden perspectief op herstel.	Noodzaak herziening ontwatering en afwatering vanuit Natura 2000 doelen.

Tabel 1 Grootschalige ontwikkelingen natuur en landbouw in het projectgebied



Figuur 6: Uitgevoerde hydrologische herstelmaatregelen vanaf 1989

2.2 Trendanalyse vegetatietypen en soorten

Ter onderbouwing van het maatregelenpakket is een trendanalyse uitgevoerd op basis van informatie over soortverspreiding en diverse beschikbare vegetatiekarteringen. Deze trendanalyse is een aanvulling op de trendanalyse uit de PAS gebiedsanalyse. De Natura 2000/PAS doelen en trends uit de gebiedsanalyse voor Punthuizen Stroothuizen zijn in tabel 2 weergegeven. Deels gaat het om behoudsdoelstelling van oppervlakte en deels om uitbreiding van oppervlakte. Ook met betrekking tot de kwaliteit is het deels behoudsdoelstelling en deels gaat het om kwaliteitsverbetering. Vocht, zuurgraad en voedselrijkdom bepalen in belangrijke mate de standplaatscondities van de habitattypen/vegetatietypen. De processen die daarbij een cruciale rol spelen zijn grondwaterstanden, inundatie, opbolling van grondwater in dekzandruggen en basenverzadiging. Daarnaast speelt beheer een belangrijke rol; het gaat immers om half-natuurlijke habitattypen/vegetatietypen. Herstelbeheer is vanaf begin jaren 1980 opgepakt en verder geeffectueerd eind jaren 1980 tot midden jaren 1990 met de subsidieregeling effect gerichte maatregelen tegen verdroging en verzuring (subsidieregeling EGM). De hydrologische maatregelen zijn beschreven in paragraaf 2.1.

		Doel		Huidig		Trend	
		Oppervlakte	Kwaliteit	Areaal (opp) in ha	Kwaliteit	Areaal (tot nu toe)	Kwaliteit (tot nu toe)
Habitattypen							
H3130	Zwakgebufferde vennen	=	>	1,1	Gm**	-en+*	=/-*
H4010A	Vochtige heiden (hogere zandgronden)	=	>	18,5	Mg	-	-
H4030	Droge heiden	>	=	47,7	M	<	-
H6230	*Heischrale graslanden	=	=	0,0	Nvt	Nvt	Nvt
H6410	Blauwgraslanden	>	>	5,2	GM	-en+*	-*
H7150	Pioniervegetaties met snavelbiezen	=	=	1,8	GM?	+	?

*vanaf begin jaren '90
**meest natte vormen met de behoren tot goede kwaliteit ontbreken.

Legenda
Doelstelling en huidige kwaliteit
= Behoudsdoelstelling;
> Uitbreiding- of verbeterdoelstelling;
G Goede kwaliteit;
M Matige kwaliteit;
Gm Overwegend goede kwaliteit, lokaal matig ontwikkeld;
Mg Overwegend matige kwaliteit, lokaal goed ontwikkeld
? Informatie ontbreekt

Trend in oppervlakte of kwaliteit
+ Positieve trend
- Negatieve trend
= Stabiele trend
? Trend onbekend

Tabel 2 Habitattypen Punthuizen Stroothuizen doelen en opgaven (KWR et al., 2015).

Hieronder zijn voor de deelgebieden Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld de trend van een aantal plantensoorten beschreven om een beeld te geven van de ontwikkeling.
Voor de trends zijn de habitattypen, vegetatietypen en plantensoorten gebruikt die het meest gevoelig zijn voor veranderingen in de waterhuishouding, voedselrijkdom en zuurgraad. Dat betreft voor het Natura 2000-gebied Punthuizen Stroothuizen Blauwgraslanden (H6410) Zwak gebufferde vennen (H3130), Vochtige heiden (H4010A) en Pioniervegetatie met snavelbiezen (H7150). Daarnaast worden enkele relevante ontwikkelingen in de vegetatie van de heischrale graslanden, zure kleine zeggen gemeenschap en de eenjarige pioniers van het Dwergbiezen-verbond beschreven. De aangewezen habitattypen kunnen bestaan uit meerdere vegetatietypen met kenmerkende soorten, zie bijlage 2. Voor de trendanalyse zijn trends van de vegetaties van de habitattypen gebruikt, op basis van de vegetatiekarteringen van 1989 (Croese), 2001 (Tolman en Pranger) en 2010 (Pranger en Tolman) gebruikt. De vegetatiekarteringen zijn volgens vaste richtlijnen van Staatsbosbeer uitgevoerd. Bij de kartering van

1989 is de soortverspreiding met aantalsklassen en symbolen in beeld gebracht en in 2001 en 2010 met aantalsklassen per vegetatievlak.
Verder zijn de hydro-ecologische systeemanalyses Punthuizen (Jansen, 1996), Beuninger Achterheide (Jansen, 1996), Stroothuizen (Jansen en Aggenbach, 1991) en het rapport OBN-Monitoring Middelduinen, Stroothuizen, Punthuizen en Lemselermaten. Eindrapport monitoringperiode 1989-2003 (Aggenbach en Jansen, 2004) gebruikt waarin veranderingen in de soortensamenstelling zijn verklaard. Om iets over de lange termijn ontwikkelingen te kunnen zeggen zijn diverse bronnen geraadpleegd. Deels betreft het data uit eerder gepubliceerde werken aangevuld met niet eerder gepubliceerde data uit excursierapporten. Daaruit is een aantal plantensoorten geselecteerd en gerangschikt naar vegetatietype (Horsthuis, 2017). Voor Punthuizen, Beuninger Achterveld en Stroothuizen zijn afzonderlijke lijsten gemaakt en zijn de soorten gescoord op aanwezigheid. Het rapportages en excursieverslagen hadden vaak een gericht doel, waardoor de informatie tussen de auteur(s) bij de verschillende momentopnames niet geheel vergelijkbaar is, maar gezien de relatief lange periode waarin deze data is verzameld, is er wel een trend uit te destilleren.

1 = Hoogervorst et al., 1953
2 = Wesselink et al., 1960
3 = Schulte, 1964
4 = Hofstra, 1982
5 = De Haan & Siebum, 1987 + Eysink & de Bruijn, 1994
6 = Weeda, 1988 + Eysink & de Bruijn, 1994
7 = Van Leeuwen, 1962
8 = Van der Ven, 1958
9 = Van der Steeg, 1965
10 = Florakartering 1989
11 = Tolman en Pranger, NDFF, 2001
12 = Pranger en Tolman, 2010
13 = NDFF, 2016

De tabel met daarin per deelgebied trends voor soorten per vegetatietype is weergegeven in bijlage 3.

Uit de reeks 'Indicatoren' zijn deel 2 beekdalen (Jalink en Jansen, 1995) en deel 5 vennen (Aggenbach et al., 1998) gebruikt om de trends van plantensoorten te kunnen verklaren met de thema's verdroging, verzuring, vermesting en of beheer. Voor een aantal plantensoorten zijn op basis van aantalsbedekkingen uit de vegetatiekarteringen voor de jaren 1989, 2001 en 2010 de verspreidingspatronen in beeld gebracht. Ter illustratie zijn een aantal voorbeelden opgenomen in de tekst.
Het systeemfunctioneren van Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld bestaat uit een samenspel van opbolling van water in dekzandruggen, inundatie van laagten en basenverzadiging wat in Punthuizen tot een andere vegetatiegradiënt leidt dan in Stroothuizen. Door de verschillen in systeemfunctioneren tussen Punthuizen (Jansen, 1996, Stroothuizen (Jansen en Aggenbach, 1991) en Beuninger Achterveld (Jansen, 1996) zijn de trends per terrein niet altijd hetzelfde en is een koppeling tussen de waargenomen trend en het optreden van verdroging en verzuring verschillend per deelgebied. De trends worden daarom per terrein uitgewerkt.

Kwaliteit vegetatie

De kwaliteit van de vegetatie is gebaseerd op de vegetatie- en plantensoortenkartering Dinkelland 2010 (Pranger en Tolman). Deze kartering is als basis gebruikt voor de habitattypenkaart en wordt daarom als uitgangspunt genomen in de trendanalyse. De vegetatietypologie in de kartering is gebaseerd op de SBB-catalogus versie 2002 en de Vegetatie van Nederland (Schaminée et al., 1995, 1996 en 1998). Bij vegetatiekarteringen worden de vegetaties zoveel mogelijk toegekend aan de hoogst eenheid (sub)associatie. Het onderscheid in associaties en rompgemeenschappen geeft een eerste indruk van de kwaliteit van de vegetatiekundige eenheden in gebieden. Waarbij associaties altijd het predicaat goed krijgen en rompgemeenschappen in de regel als matige kwaliteit worden beschouwd (Projectgroep habitatkartering, 2010). Van de vegetatievlakken met de hoofdaanduiding van een vegetatietype is het aantal geteld en in een percentage omgezet. Hiermee is een indruk verkregen van de kwaliteitsverhouding goed en matig. Dit is gedaan voor drie habitattypen: Blauwgraslanden, Zwak gebufferde vennen en Vochtige heide.

- **Blauwgraslanden**: Associaties van blauwgrasland komen alleen voor in Punthuizen. Meer dan de helft van alle locaties bestaat uit rompgemeenschappen (RG).
  - Toestand habitattype: **associaties goed (<50%)** en **RG matig (>50%)**.

- **Zwak gebufferde vennen**: Associaties van venoevervegetaties komen in Punthuizen en Stroothuizen voor. Driekwart van alle locaties bestaat uit rompgemeenschappen.
  - Toestand habitattype: **associaties goed (25%)** en **RG matig (75%)**.
- **Vochtige heide**: Associaties van bochtige heide komen in alle drie deelgebieden voor. Driekwart van alle locaties bestaat uit rompgemeenschappen.
  - Toestand habitattype: **associaties goed (25%)** en **RG matig (75%)**.

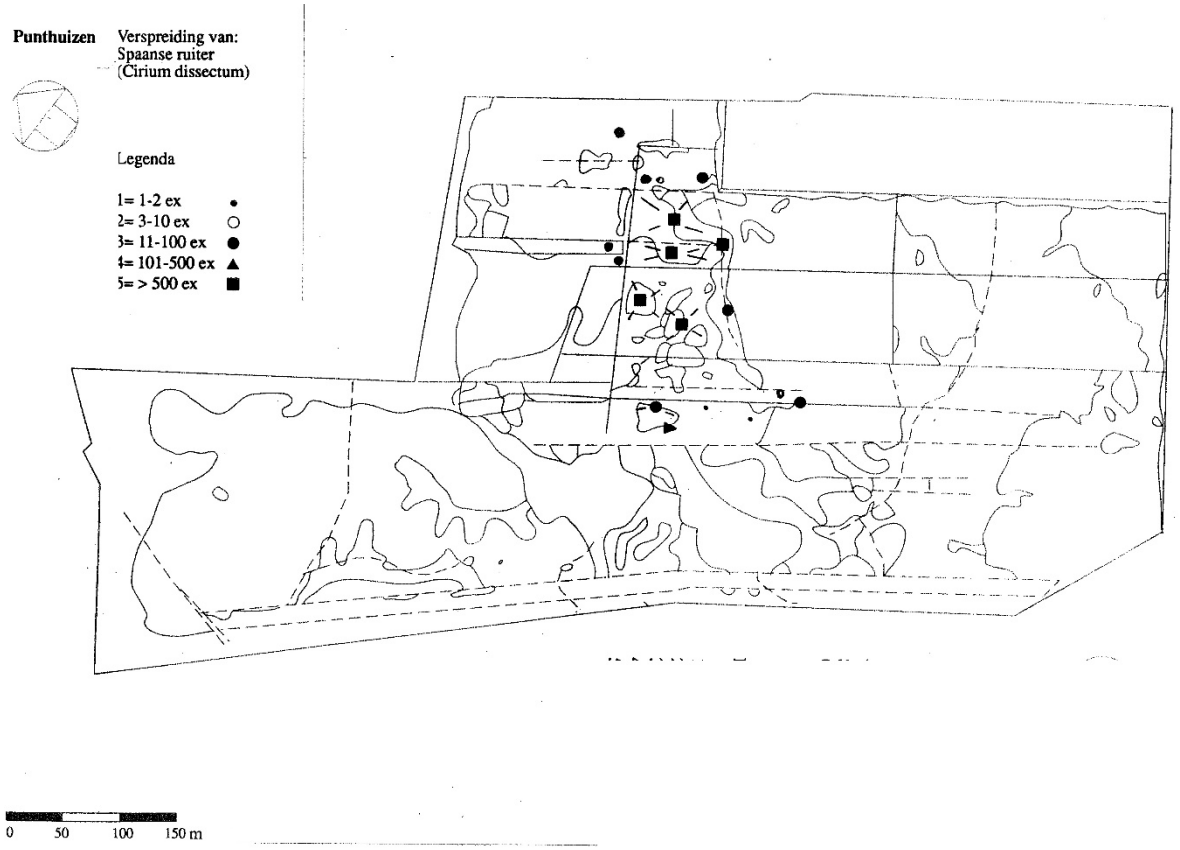
De kwaliteit van de habitattypen in de PAS-gebiedsanalyse is op meer criteria beoordeeld dan alleen het vegetatiekundige aspect. Vergelijk tussen beide is daarom indicatief. Op basis van het vegetatiekundige criterium associatie of rompgemeenschap blijkt dat 50 tot 75 % van de beoordeelde vegetaties een matige kwaliteit heeft en 25 tot 50% van goede kwaliteit is. Voor de Blauwgraslanden is de verhouding goed en matig gelijk. In tabel 2 is voor de kwaliteit de status goed en matig gegeven en past daarmee binnen de analyse die op basis van de vegetatiekartering is uitgevoerd. Voor de Zwak gebufferde vennen is de verhouding goed 25% en 75% matig. In tabel 2 wordt de kwaliteit als overwegend goed beoordeeld en lokaal matig. De kwaliteit van de vennen is op basis van de vegetatiekartering 2010 echter overwegend matig en lokaal goed. De analyse is op basis van de vegetatietypologie gedaan. Voor Vochtige heide is de verhouding goed 25% en matig 75%. In tabel 2 wordt de kwaliteit als overwegend matig beoordeeld en lokaal goed. Dit komt overeen met de typeaanduidingen van de vegetaties in de kartering 2010 (Tolman en Pranger, 2011).

In de kaartenbijlage zijn kaarten en tabellen opgenomen waarin een onderscheid is gemaakt tussen associaties en rompgemeenschappen.

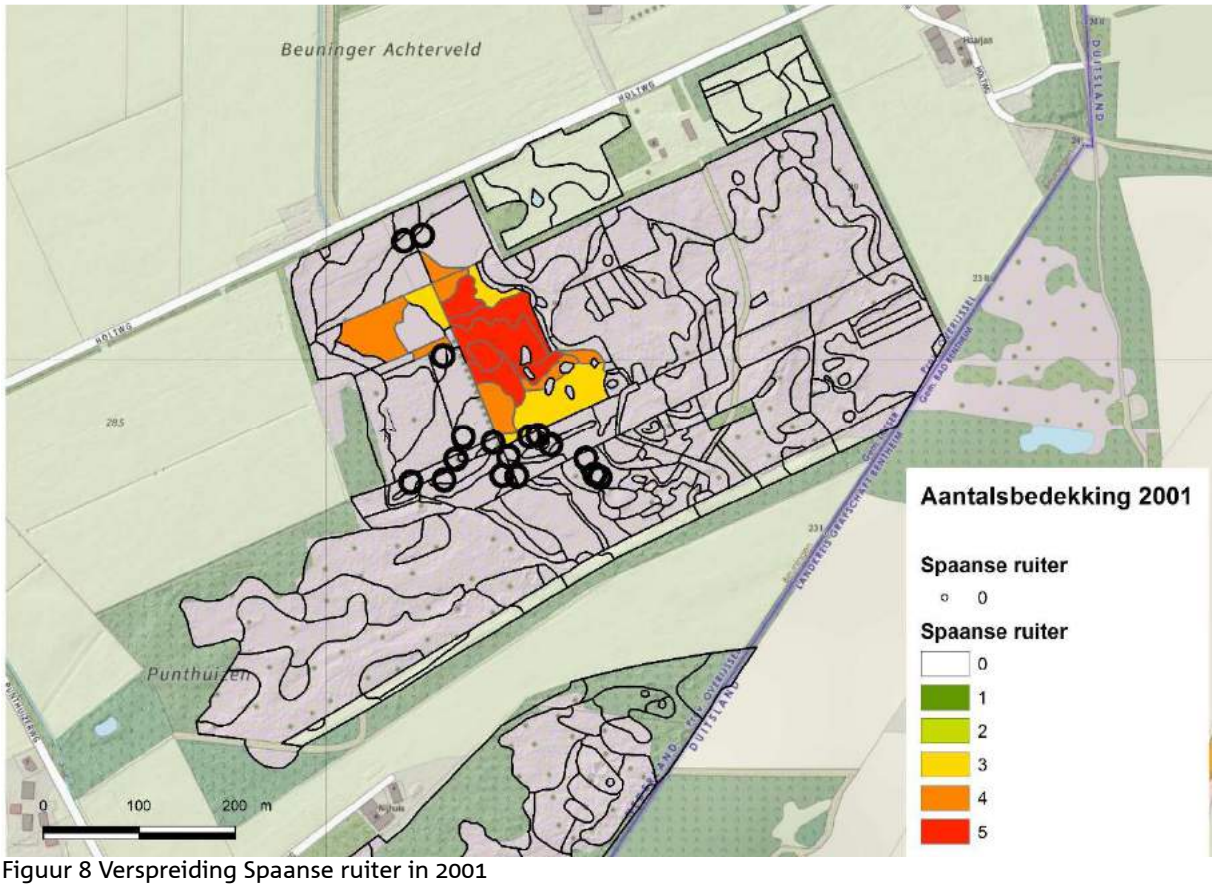
Een nadere beschouwing op Punthuizen

Blauwgraslanden
Een aantal kensoorten van blauwgraslanden zijn in Punthuizen gemonitord in de periode van 1989-2010. Hieronder wordt de verspreiding van indicatorsoorten Spaanse ruiter, Parnassia, Blauwe knoop en Veldrus beschouwt.

<u>Spaanse ruiter</u>
De standplaatscondities voor Spaanse ruiter zijn nat tot matig nat, neutrale zuurgraad tot matig zuur en voedselarm tot zwak voedselrijk (Jalink en Jansen, 1995). Spaanse ruiter, de kensoort van blauwgrasland bij uitstek, is altijd algemeen geweest in de centrale slenk. De toename van Spaanse ruiter is in beeld gebracht voor de jaren 1989, 2001 en 2010.
In 1989 is de soort nog grotendeels beperkt tot de centrale slenk. In het Parnassiarijke blauwgrasland (nabij peilbuis 15) ontbreekt de soort dan nog, evenals op de locatie van de venoevervegetatie (nabij peilbuis 12). De soort is vanaf de jaren 1990 toegenomen na plaggen van verruigde blauwgraslanden ten noorden, zuidwesten en westen van de centrale laagte en door het verschralingsbeheer van de noordelijke en zuidelijke ontginning. Volgens Wesselink et al. (1960; opname 10) kwam Spaanse ruiter ook voor in de zuidoostelijke slenk. Soort is daar enkele decennia weg geweest, maar heeft zich na plagbeheer in 1995 opnieuw gevestigd. In de centrale slenk is de soort toegenomen (onder andere bij peilbuis 12 en 15). Bij toename, zoals in de centrale slenk (zonder aanvullend herstelbeheer), kan de soort als indicatief beschouwd worden voor verdroging (Jalink en Jansen, 1995).



Figuur 7 Verspreiding Spaanse ruiter in 1989

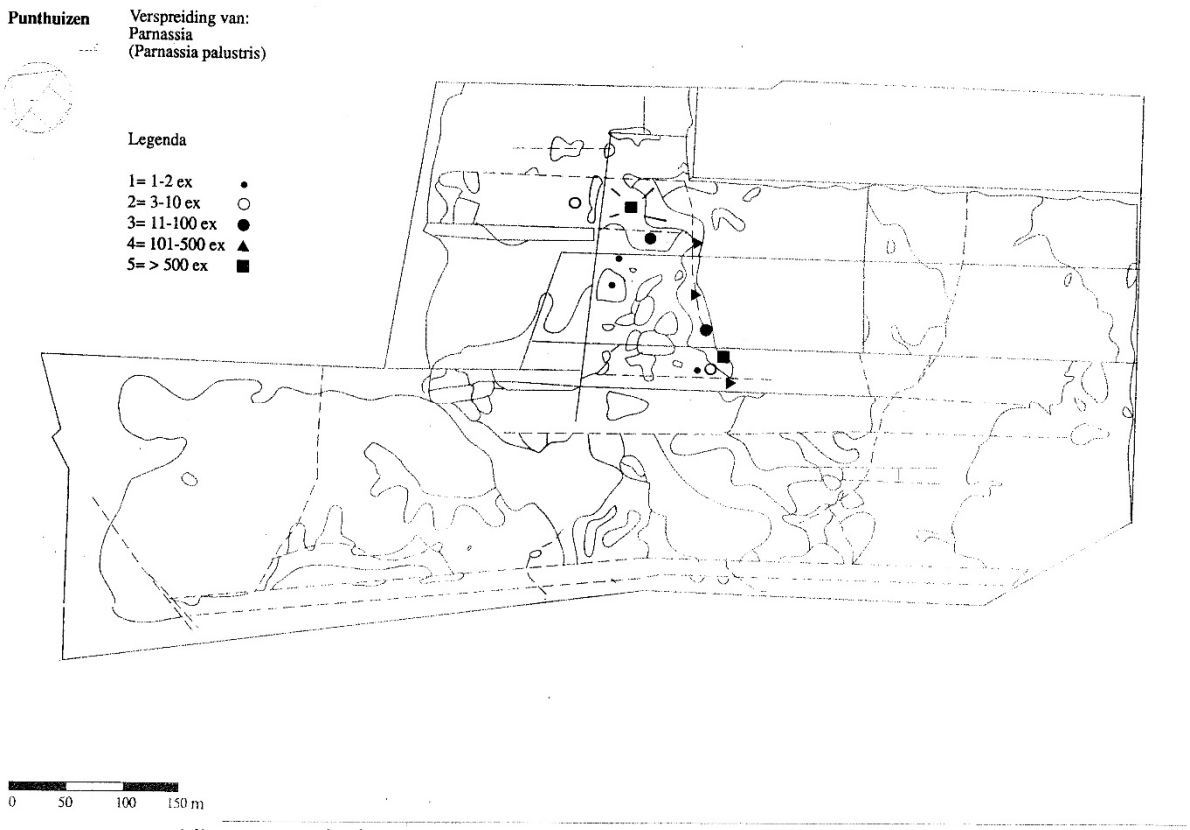


Figuur 8 Verspreiding Spaanse ruiter in 2001

Figuur 9 Verspreiding Spaanse ruiter in 2010

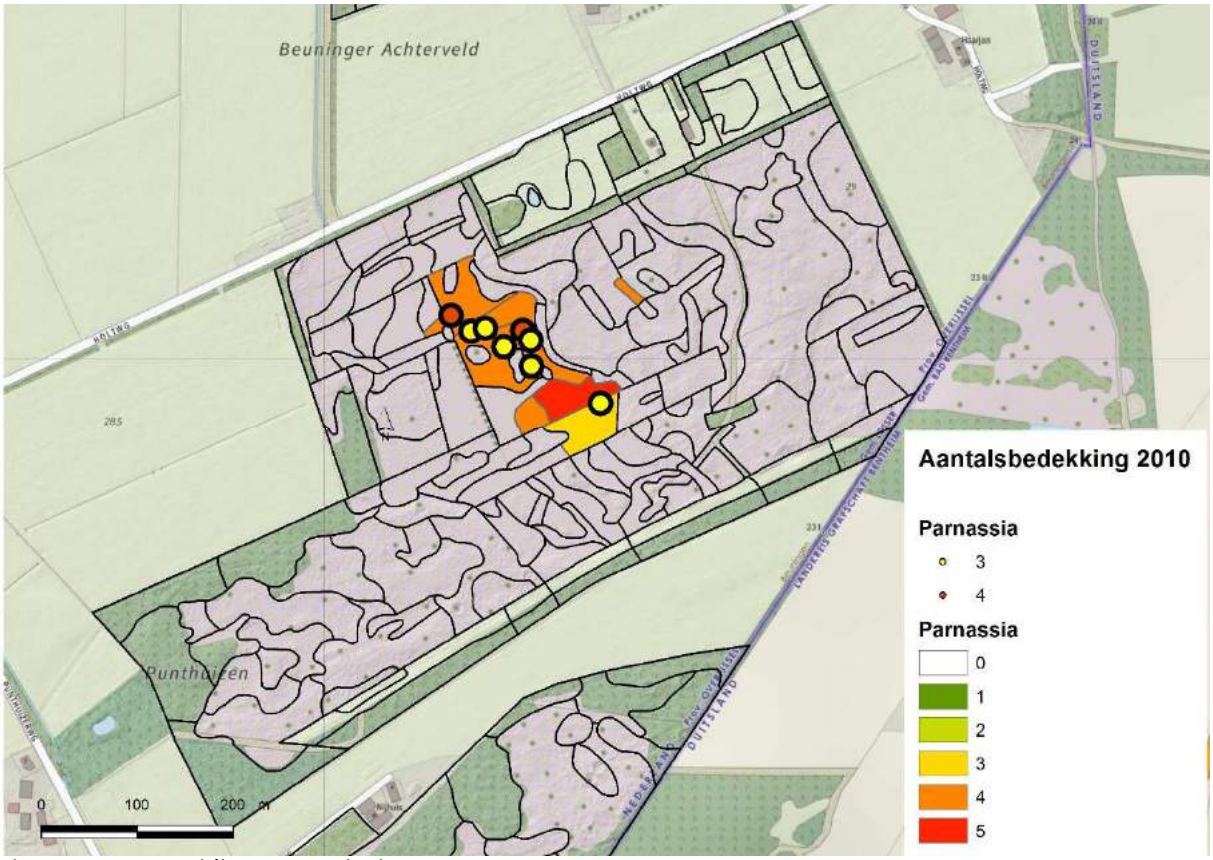
Parnassia

De standplaatscondities voor Parnassia zijn nat, neutrale zuurgraad en voedselarm (Jalink en Jansen, 1995). Punthuizen staat onder invloed van kwel van basenrijk grondwater lokaal gestuurd met fluctuerende standen. Parnassia is daarvoor kenmerkend (Jalink en Jansen, 1995). Het voorkomen hangt nauw samen met de grens en de duur van inundatie in samenhang met de aanwezigheid van basenrijk grondwater. Parnassia kwam algemeen voor in de centrale laagte en de zuidoostelijke slenk. De soort is in de zuidoostelijke slenk verdwenen, maar heeft zich na plagbeheer in 1995 opnieuw gevestigd. De verspreiding van de soort is in 2001 beperkt tot de oostflank van de zuidoostelijke slenk, nadat deze slenk in de winter van 2000/2001 langdurig geïnundeerd is geweest. In 2010 komt de soort na een droge winter (met een smalle inundatiezone) ook lager in de zuidoostelijke slenk voor. Parnassia is bekend als gradiëntpendelaar. Dat wil zeggen dat de soort snel reageert op veranderende terreincondities, waarbij inundatie min of meer de grens van voorkomen bepaalt in combinatie met basenrijk grondwater in maaiveld. Een proces wat in de jaren 1991-1995 met verspreidingskaartjes is gemonitord (Eysink, 1991/1995), maar zijn ook bij de vegetatiekarteringen (1991, 2001 en 2010) vastgelegd (figuur 10, 11,12). De jaarlijkse inundatieduur en -grenzen zijn bepalend voor de verspreidingspatronen. Het voorkomen van Parnassia wisselt sterk en hangt nauw samen met omvang en duur van de inundatie van de slenk. In droge winters is de inundatiezone smal, de invloed van basenrijk grondwater groot en dus een ruime verspreiding van Parnassia. In natte winters omgekeerd wat resulteert in een geringe verspreiding van de soort. Geschikte terreincondities kunnen jaarlijks wisselen, maar zijn altijd aanwezig. Parnassia is zowel kwalificerend, als ook de naam gevende soort van het Parnassiarijke blauwgrasland.



Figuur 10 Verspreiding Parnassia in 1989

Figuur 11 Verspreiding Parnassia in 2001

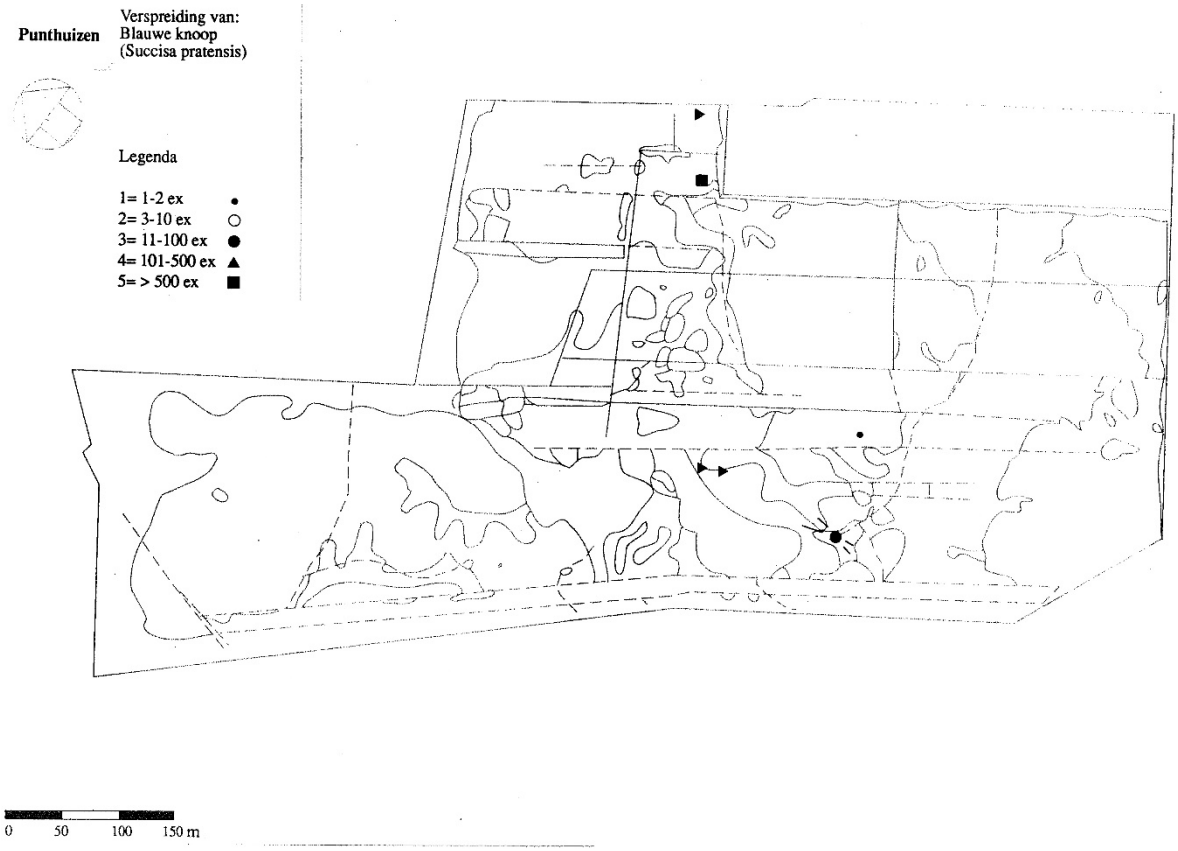


Figuur 12 Verspreiding Parnassia in 2010

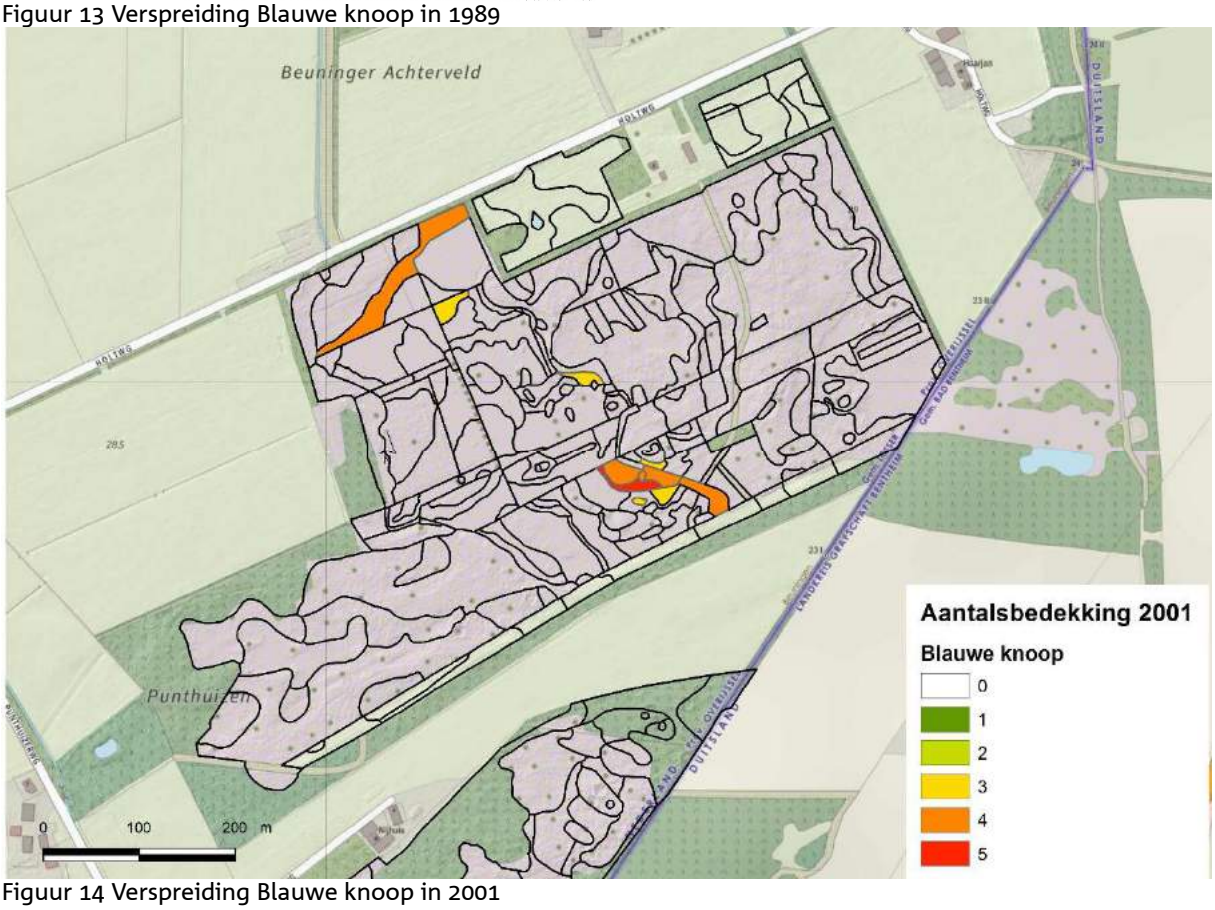
Blauwe knoop

De standplaatscondities van Blauwe knoop zijn nat tot matig nat, neutrale zuurgraad tot matig zuur en voedselarm tot zwak voedselrijk (Jalink en Jansen, 1995). Blauwe knoop is een kensoort van blauwgrasland (Jalink en Jansen, 1995). De toename van Blauwe knoop is in beeld gebracht voor de jaren 1989, 2001 en 2010.

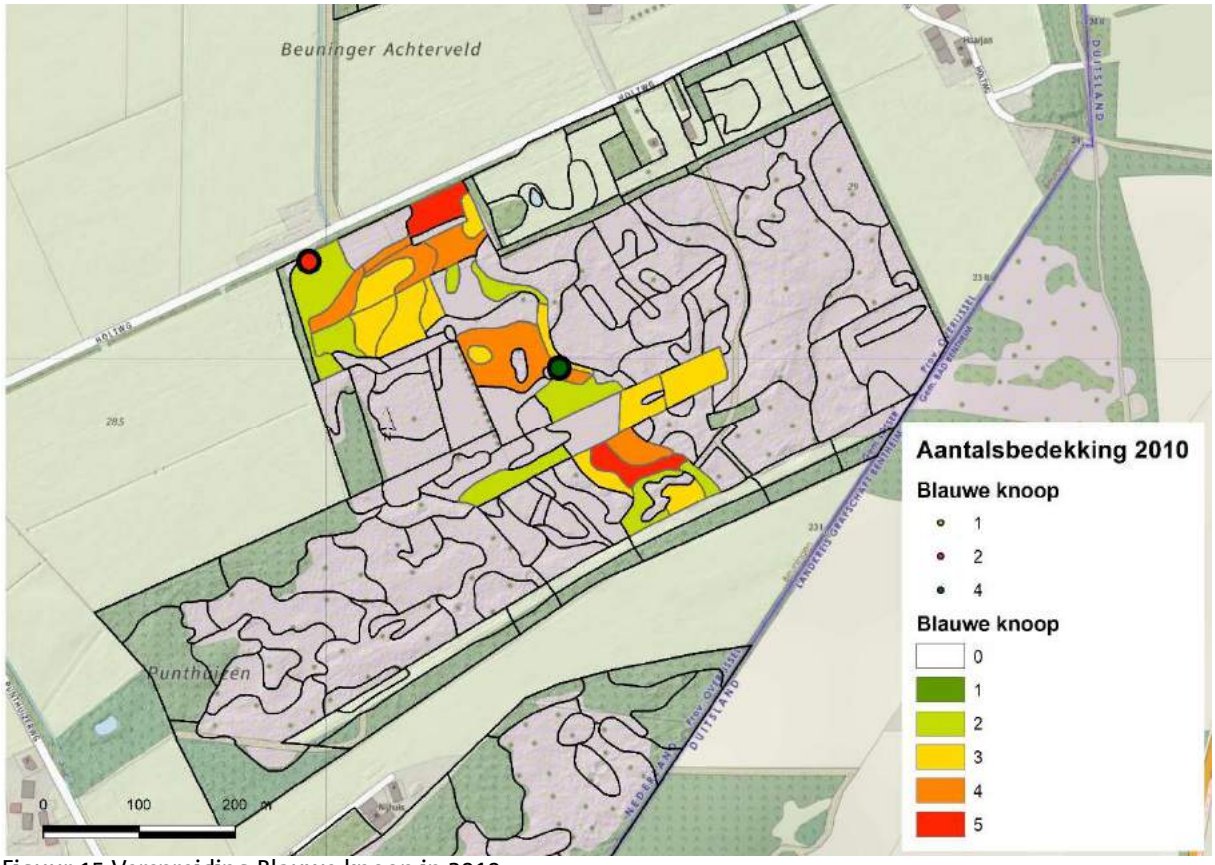
Blauwe knoop is een kensoort van relatief droge standplaatsen binnen het blauwgrasland. De soort is in eerste instantie beperkt tot de hogere delen van de noordelijke ontginning en de zuidoostelijke slenk (van Leeuwen, 1962 en Versteeg, 1965). De verspreidingspatronen van de soort bij de karteringen van 1989 en 2001 laten een vergelijkbaar beeld zien. De grote veranderingen zitten tussen 2001 en 2010. Voor de noord- en zuidzijde spelen zeker herstel- en verschralingsbeheer een rol. Bij toename zoals in de centrale slenk (zonder aanvullend herstelbeheer) kan de soort indicatief zijn voor verdroging (Aggenbach, Jalink en Jansen, 1995). Toename van Blauwe knoop wijst op verzuring en verdroging. Verder leidt een toename van Blauw knoop tot successie naar Borstelgras-verbond (heischraal grasland)(Jalink en Jansen, 1995) of de rompgemeenschap van blauwgrasland met Blauwe zegge en Blauwe knoop. Deze ontwikkeling gaat dan ten koste van de oppervlakte en kwaliteit van het blauwgrasland (H6410).



Figuur 13 Verspreiding Blauwe knoop in 1989



Figuur 14 Verspreiding Blauwe knoop in 2001



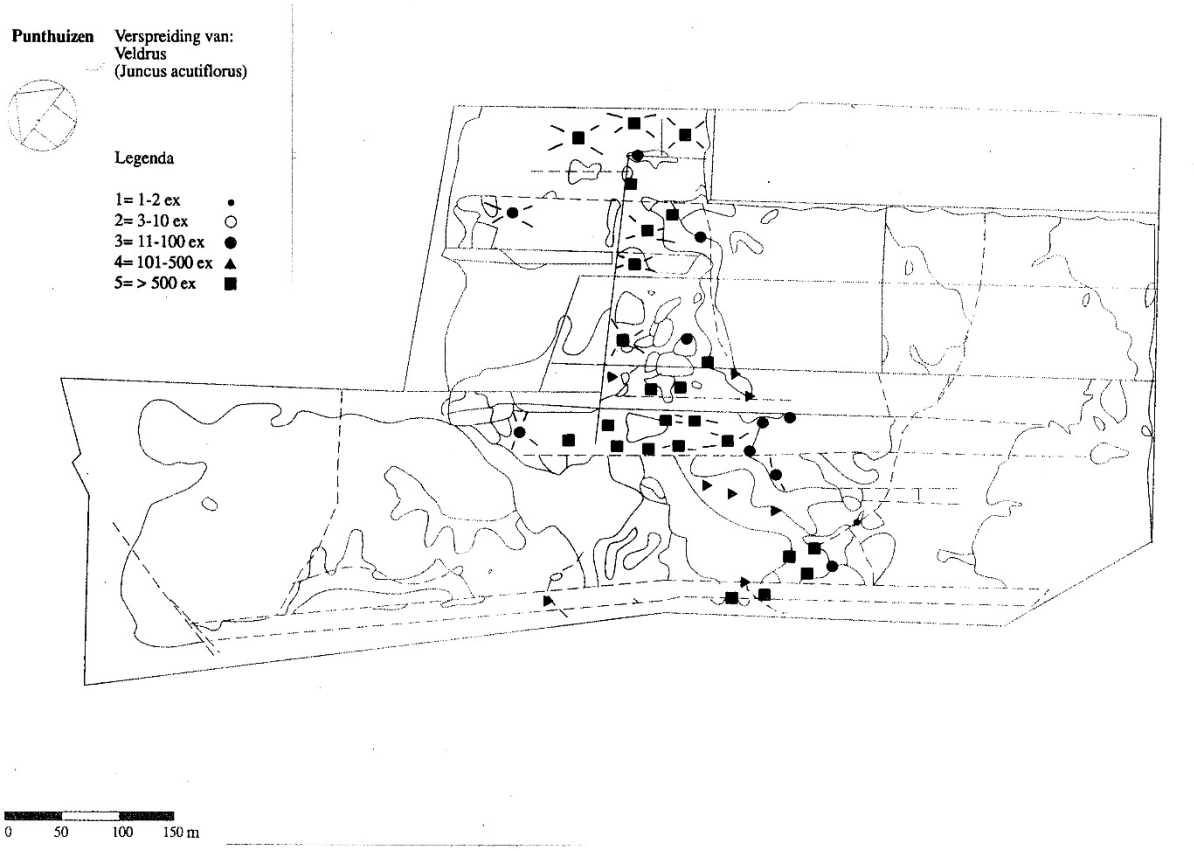
Figuur 15 Verspreiding Blauwe knoop in 2010

Veldrus

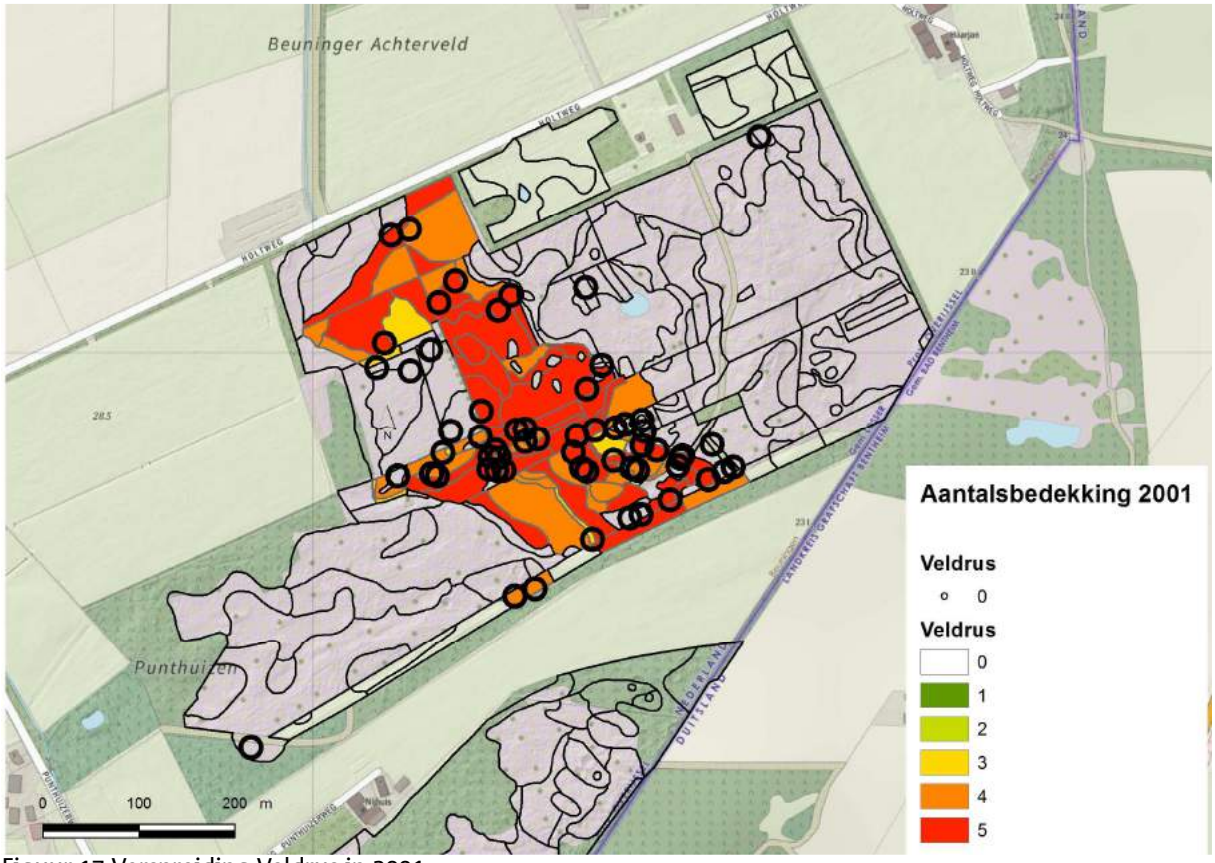
De standplaatscondities van Veldrus zijn nat tot matig vochtig, zwak zuur tot matig zuur en voedsel arm tot zwak voedselrijk (Jalink en Jansen, 1995). Hoewel Veldrus niet beperkt is tot het blauwgrasland, wordt de soort toch besproken omdat de soort vroeger voornamelijk voorkwam in het blauwgrasland (Van der Steeg, 1965; Van de Ven, 1958 en Wesselink et al., 1960). De toename van Veldrus is in beeld gebracht voor de jaren 1989, 2001 en 2010.

De soort wordt komt voor in de centrale laagte en de zuidoostelijke slenk. Eind jaren 1980 is de soort explosief uitgebreid in de vroegere ontginningen (Jansen, 1996). Ze komt zeer talrijk voor op de dekzandkoppen en –flanken in het westelijke deel van de zuidelijke ontginningen. In de noordelijke ontginning komt de soort nu voor op de koppen, langs greppels en op de overgang naar de centrale laagte (mogelijk speelt hier het dempen van de waterloop in 1986 een rol). Veldrus is in 1991 eveneens verschenen op de plagplek ten zuidwesten van de centrale laagte. Mogelijk wijzen de forse exemplaren van Veldrus aan de zuidzijde in Punthuizen op instroom van nutriëntenrijk oppervlaktewater uit de landbouwenclave, die daar zuidelijk van ligt.

Veldrus is indicatief voor kwel van basenarm water, toename wijst op verdroging en verzuring. Daar gaat blauwgrasland over in het minder basenminnende vegetatietype van de Veldrus-associatie (Jalink en Jansen, 1995). Deze ontwikkeling gaat in Punthuizen ten koste van het vegetatietype blauwgrasland. Blauwgrasland en de Veldrus-associatie zijn beide wel kwalificerend binnen het habitattype blauwgrasland, maar de Veldrus-associatie is basenarmer en soortenarmer.



Figuur 16 Verspreiding Veldrus in 1989



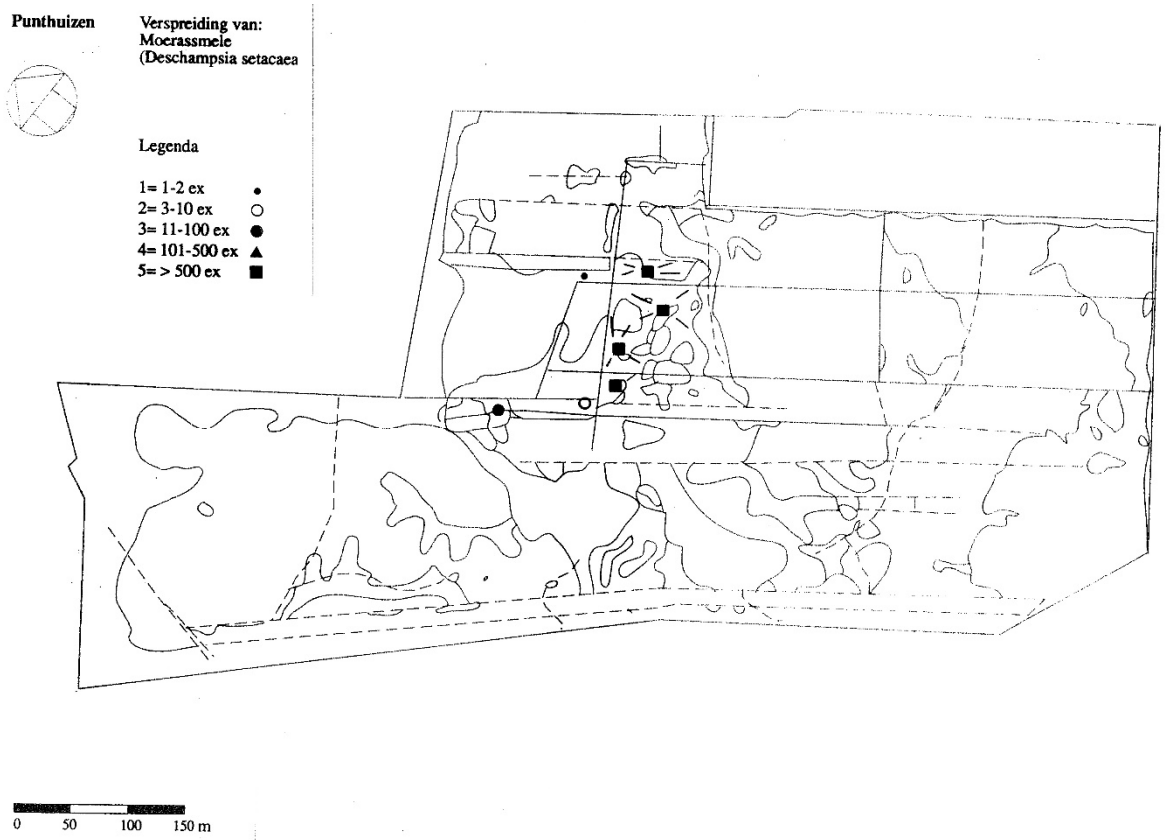
Figuur 17 Verspreiding Veldrus in 2001

Figuur 18 Verspreiding Veldrus in 2010

Het massaal voorkomen van Veldrus in Punthuizen leidt mogelijk gemakkelijk tot het identificeren van de Veldrus-associatie, terwijl het ook heischraal grasland met Veldrus kan zijn. Dit speelt waarschijnlijk op de flanken van de zuidoostelijke slenken, waar ook de zwak gebufferde standplaats van heischraal grasland ligt. Dat zou er toe kunnen leiden dat het habitattype heischraalgrasland in Punthuizen wel met een oppervlakte-eenheid aangegeven kan worden. Dit zou bij de volgende vegetatiekartering tot uiting kunnen komen. Uit de aanwezige soortensamenstelling is dit te verwachten (Jansen, 1996 en Horsthuis, 2017).

Zwakgebufferde vennen

Van de zwak gebufferde vennen komt in Punthuizen de associatie van Veelstengelige waterbies voor. Moerassmele en Veelstengelige waterbies zijn de kensoorten. De terreincondities voor Moerassmele zijn nat tot matig nat, inundatie korte duur tot matig lange duur, matige buffering en voedselarm (Aggenbach et al., 1998). Moerassmele lijkt een buitenbeentje in de zwak gebufferde vennen aangezien deze soort sterker reageert op buffering dan op inundatie en waterstanden (Aggenbach et al., 1998). In droge jaren neemt in de laagste delen de buffering toe door meer grondwaterinvloed op de rand van de geïnundeerde zone. Na plagbeheer van de met Pijpenstrootje en Hennegras gedomineerde delen is de soort van van 1989 tot 2010 geleidelijk toegenomen. Door plaggen is de concurrentie met dominante grassoorten weg genomen en dringt de invloed van gebufferd grondwater beter door tot in maaiveld.

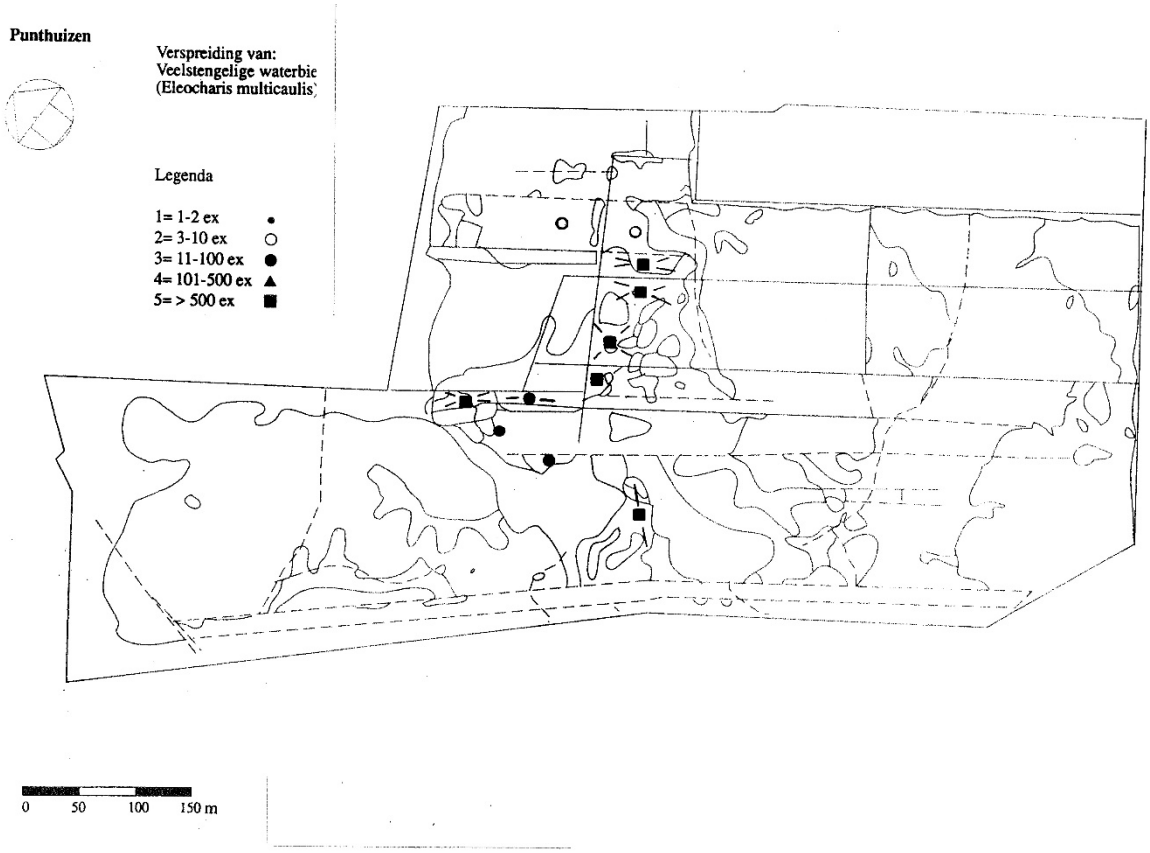


Figuur 19 Verspreiding Moerassmele in 1989

Figuur 20 Verspreiding Moerassmele in 2001

Figuur 21 Verspreiding Moerassmele in 2010

Oeverkruid is nagenoeg beperkt tot het laagste deel van de centrale slenk en heeft daar haar zwaartepunt in verspreiding (vegetatiekarteringen 1989, 2001 en 2010). De terreincondities zijn aquatisch tot matig nat, inundatie langdurig tot permanent (.70%), zeer zwakke tot zwakke buffering) en zeer voedselarm tot voedselarm. De soort is ondanks plagbeheer, waarbij je concurrentievoordeel ten opzichte van dominante grassen als Pijpenstrootje en Hennegras verbetert, verder afgenomen. Te korte inundatie speelt een belangrijke rol. De periode 2001 tot 2010 is een lange reeks van droge jaren (zie paragraaf 2.4).
Ook Veelstengelige waterbies heeft haar zwaartepunt in de centrale slenk. De terreincondities voor Veelstengelige waterbies zijn zeer nat tot matig nat, inundatie matig lange duur (30-70%) tot kortdurig (>0 - <30%), matige tot geen buffering en voedselarm tot zeer voedselarm (Aggenbach et al., 1998). Na plagbeheer is de soort in westelijke en zuidwestelijke richting toegenomen (vegetatiekarteringen 1989 en 2001). De periode 2001 tot 2010 is een lange reeks van droge jaren (zie paragraaf 2.5) waarin de verspreiding van Veelstengelige waterbies afgenomen. De veranderingen in verspreiding van Veelstengelige waterbies is in beeld gebracht voor de jaren 1989, 2001 en 2010.



Figuur 22 Verspreiding Veelstengelige waterbies in 1989

Figuur 23 Verspreiding Veelstengelige waterbies in 2001

Figuur 24 Verspreiding Veelstengelige waterbies in 2010

De venoeversoorten Stijve moerasweegbree en Ondergedoken moerasscherm (De Haan & Siebum,1987), Witte waterranonkel (begin jaren 1990), Pilvaren (begin jaren 1990) en Moerashertshooi (begin jaren 2000) zijn na plagwerkzaamheden verschenen, maar ook snel weer verdwenen. Moerashertshooi komt nog zeldzaam voor. Deze soorten zijn allen afhankelijk van inundatie met een matig lange duur (30-70%) tot langdurig - permanent (>70%), terwijl een soort als Moerassmele juist voorkomt bij inundatie van korte duur (0 - <30%) tot deels matig lange duur (30 - <70%) (Aggenbach et al., 1998). De kwaliteit van de zwak gebufferde vennen staat onder druk als gevolg van te kortstondige inundatie, terwijl een verbetering van de kwaliteit is voorzien in de opgave voor zwak gebufferde vennen (tabel 2).

Vochtige heiden en pioniervegetatie met snavelbiezen

De terreincondities voor de vochtige heide zijn nat tot vochtig, inundatie afwezig tot matig lange duur, matige tot geen buffering en (zeer) voedselarm (Aggenbach et al., 1998). In Punthuizen hebben de kritische kensoorten van vochtige heide o.a. Veenbies en Klokjesgentiaan goed stand kunnen houden (Croese, 1991 en Pranger en Tolman, 2011).Van de kenmerkende veenmossen is alleen Kussentjesveenmos op enkele plekken aanwezig (Pranger en Tolman, 2011). Van de associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies komt Witte snavelbies tot in 2001 voor. Moeraswolfsklauw is in 2010 nog waargenomen.. Beide soorten zijn het meest kritisch ten aanzien van vochttoestand van de associatie. Bruine snavelbies, Kleine zonnedauw en Blauwe zegge zijn tot in 2016 waargenomen (Horsthuis, 2017 bijlage 3). IJslands mos is waarschijnlijk als gevolg van zwaveldepositie verdwenen midden jaren 1980. Door successie van de plaglocaties is de kwaliteit van het habitattype Pioniervegetatie met snavelbiezen achteruit gegaan door het verdwijnen van Moeraswolfsklauw en Witte snavelbies. Het beeld van de trend in kwaliteit is voor de vochtige heide overwegend matig. In tabel 2 wordt de kwaliteit als matig tot lokaal goed weergegeven. Het aandeel Rompgemeenschap Pijpenstrootje is groot en wijst op verdroging. De kwaliteit van de pioniervegetatie met snavelbiezen is matig door het ontbreken van Witte snavelbies en weinig frequent voorkomen van Moeraswolfsklauwen het relatief veel voorkomen van Pijpenstrootje naast jonge Dopheide.

Draadgentiaan-associatie

De Draadgentiaan-associatie is een kritische pioniervegetatie, die in Punthuizen op plagplekken verschijnt als inslagvegetatie in een vegetatie van heischraal grasland en blauwgrasland (Eysink en de Bruijn, 1994). De terreincondities voor de kensoorten Draadgentiaan, Borstelbies en Wijdbloeiende rus

van de Draadgentiaan-associatie zijn matig nat, inundatie van korte duur tot matig lange duur, matig sterke buffering en voedselarm (Aggenbach et al., 1998).
Bernink (1916) heeft de vegetatie met eenjarige pioniers na plaggen uitvoerig beschreven. Van Leeuwen en Kleuver (1962) rapporteren over deze onbestendige pioniergemeenschap. Plagbeheer in het midden van de jaren 1980 leidt tot vestiging van eenjarige pioniers waaronder, Draadgentiaan, Dwergvlas, Wijdbloeiende rus en Borstelbies, maar ook soorten van meer bestendige basenrijkere milieus zoals Vetblad, Sierlijk vetmuur en Geelhartje (Eysink en de Bruijn, 1994). De meeste soorten zijn na plaggen slechts één jaar aanwezig. Dit hangt samen met te korte duur of achterwege blijven van inundatie en de korte periode van hoge grondwaterstanden (Jansen, 1996). In Punthuizen heeft zich na de Draadgentiaan-associatie plaatselijk heischraal grasland en veldrusschraalland gevestigd. De standplaatscondities grondwaterstanden en inundatie zijn hier voor blauwgrasland ongunstig. Plaggen onder niet optimale terreincondities vocht (grondwaterstanden en inundatie) leidt niet tot duurzaam herstel van blauwgrasland.

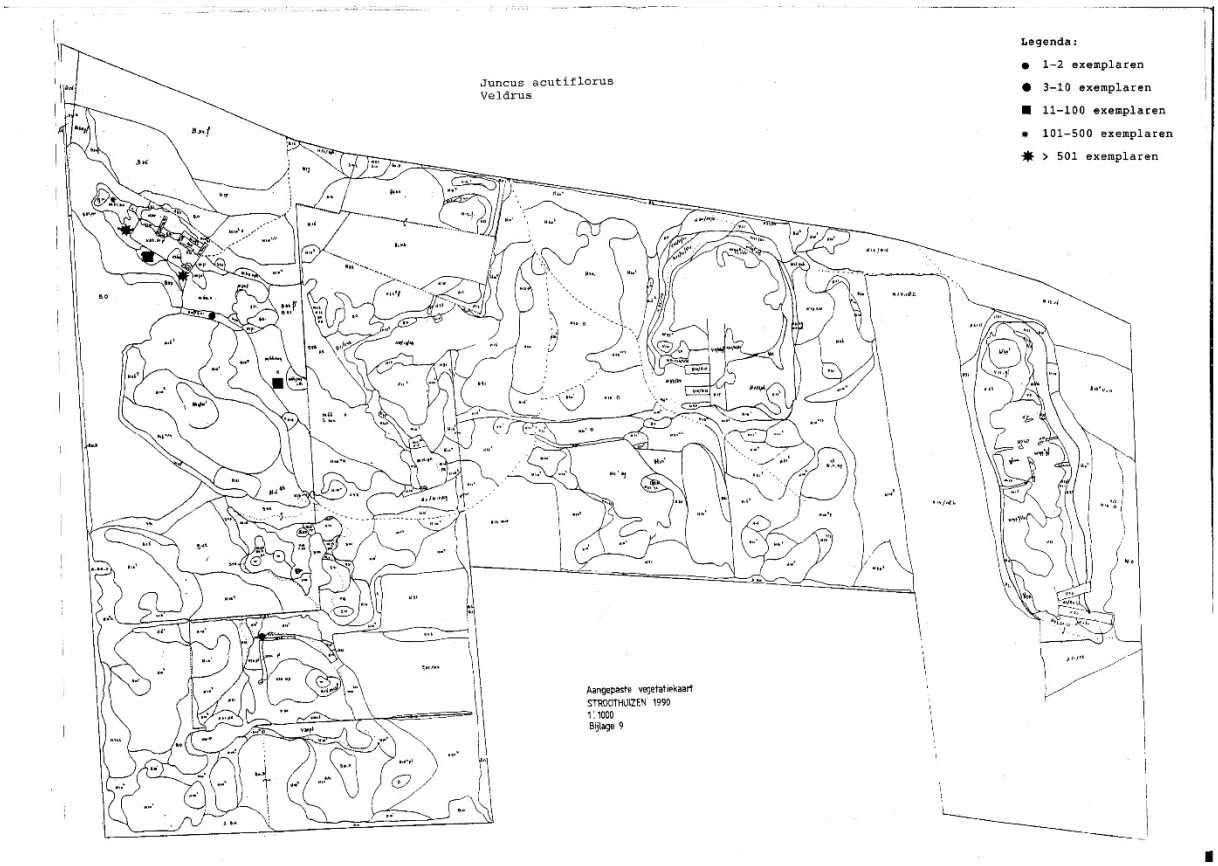
Voor een completer beeld van alle ontwikkelingen in de vegetaties en soortensamenstelling wordt verwezen naar Jansen (1996) de tabel in bijlage 3 (Horsthuis,2017).

Een nadere beschouwing op Stroothuizen

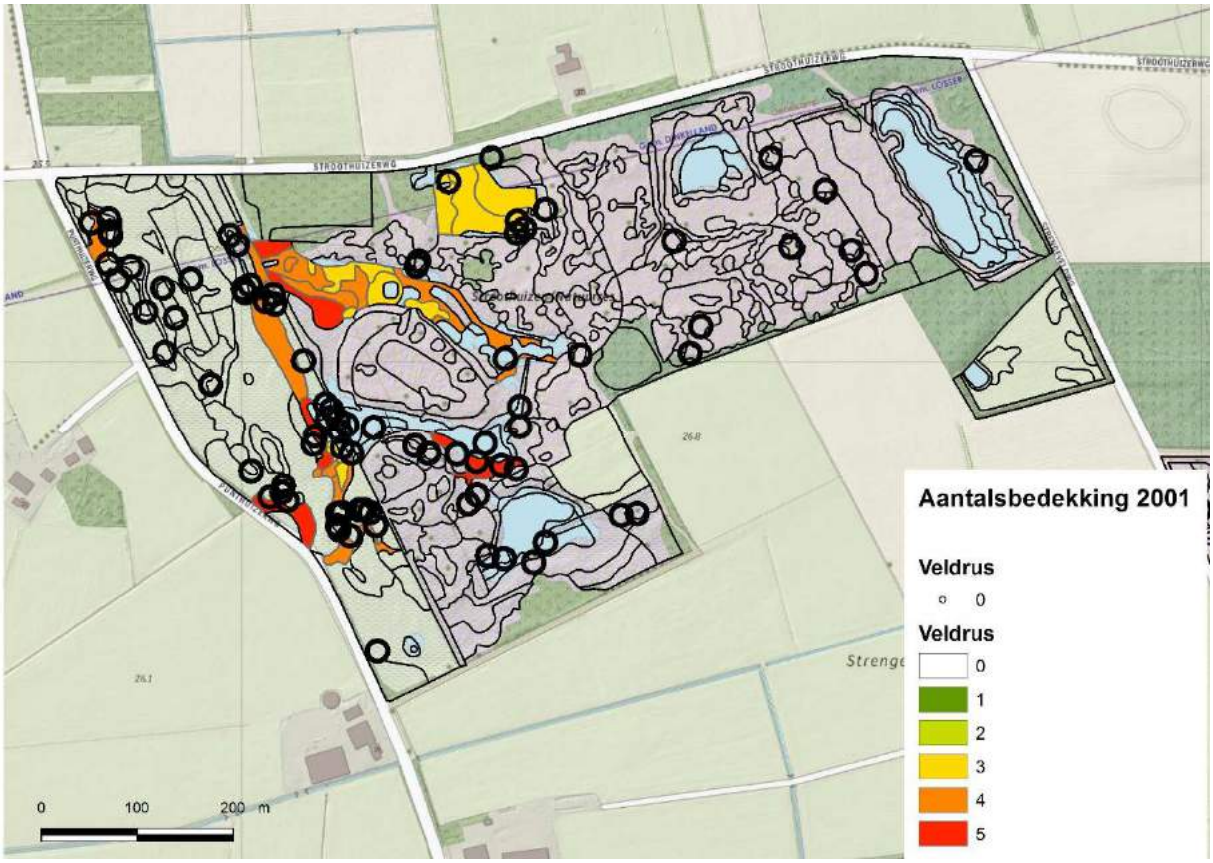
Blauwgraslanden

<u>Veldrus</u>

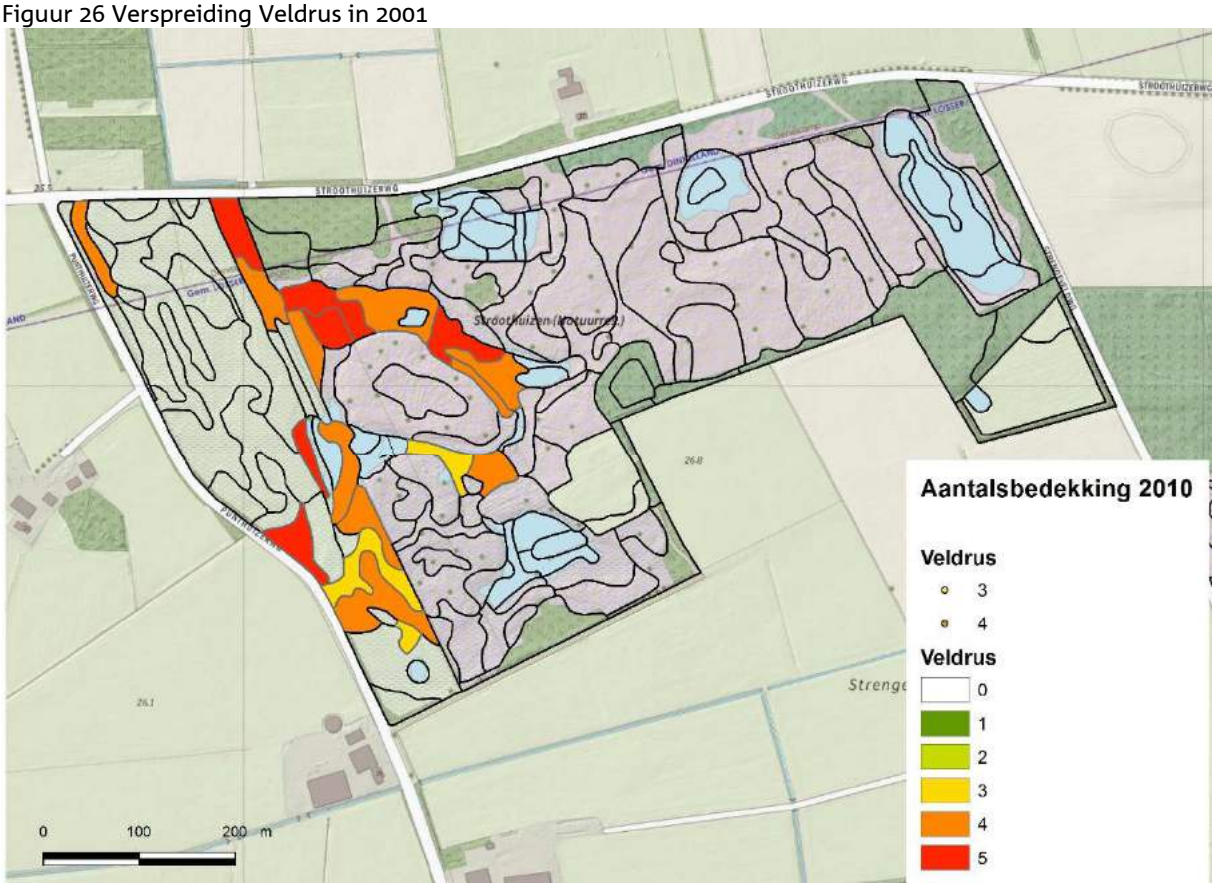
Veldrus komt in blauwgrasland voor, maar heeft een bredere verspreiding. De standplaatscondities van Veldrus zijn nat tot matig vochtig, zwak zuur tot matig zuur en voedsel arm tot zwak voedselrijk (Jalink en Jansen, 1995). Stroothuizen staat onder invloed van basenrijk grondwater (sub)regionaal en basenarmer grondwater (Jansen en Aggenbach, 1991). De invloed van basenrijk grondwater is echter zwak, waardoor blauwgrasland als vegetatietype niet meer voorkomt en vervangen is door een basenarmere variant namelijk veldrusschraalland (Aggenbach en Jansen, 2004). Veldrus heeft zowel in 1991, 2001 als in 2010 een ruime verspreiding binnen het gebied.



Figuur 25 Verspreiding Veldrus in 1989



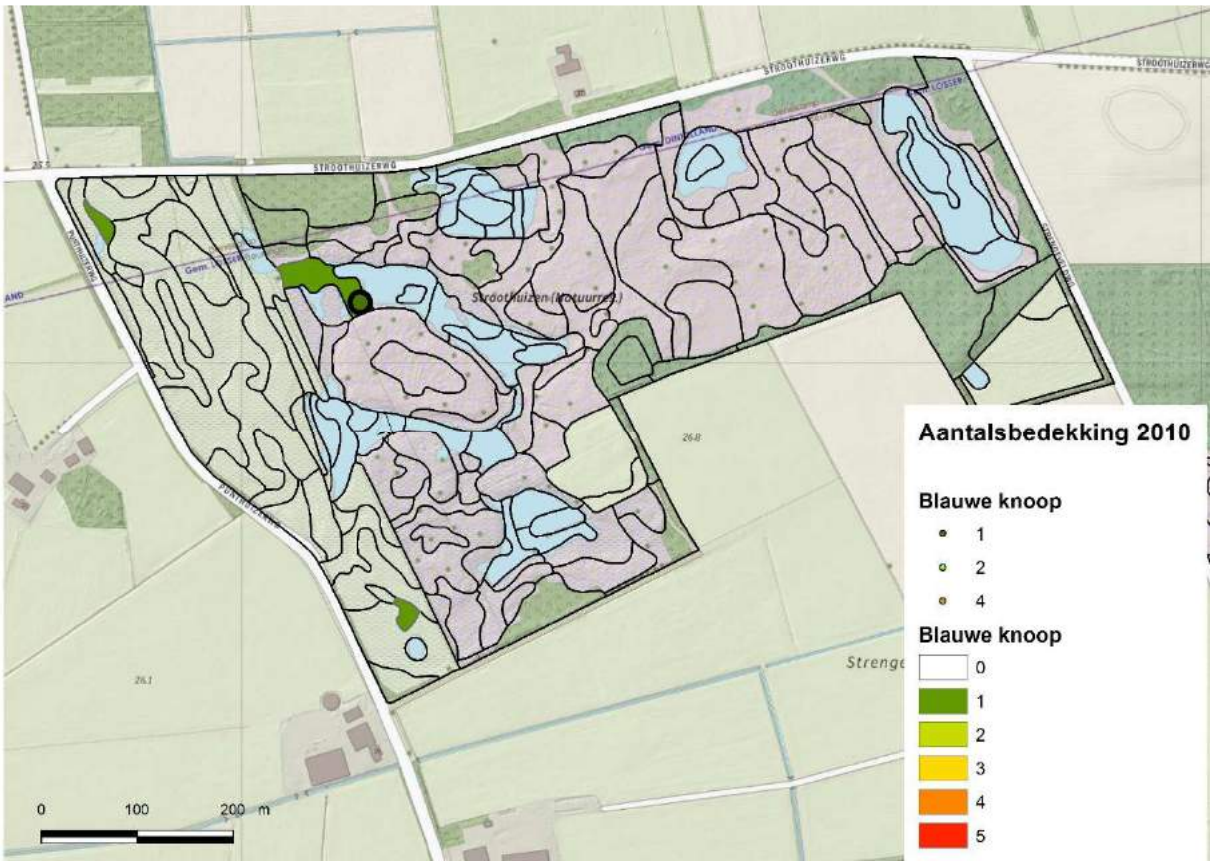
Figuur 26 Verspreiding Veldrus in 2001



Figuur 27 Verspreiding Veldrus in 2010

<u>Blauwe knoop</u>
Blauwe knoop is in 2001 niet waargenomen, maar wel direct ten westen van het natuurgebied in de wegberm van de Punthuizerweg. Dispersie heeft hoogst waarschijnlijk plaats gevonden vanuit die berm. Bij de kartering van 2010 is de soort op drie locaties in het gebied aangetroffen. In het noordwestelijke deel van het gebied hebben Veldrus, Blauwe knoop en Brede orchis, maar ook Veelbloemige veldbies,

Tormentil en Blauwe zegge geleid tot het voorkomen van veldrusschraalland, het basenarme en soortarme vegetatietype binnen het habitattype blauwgrasland. De verspreidingspatronen van Veldrus en Blauwe knoop in 2010 geven een impressie van de ontwikkelingen.

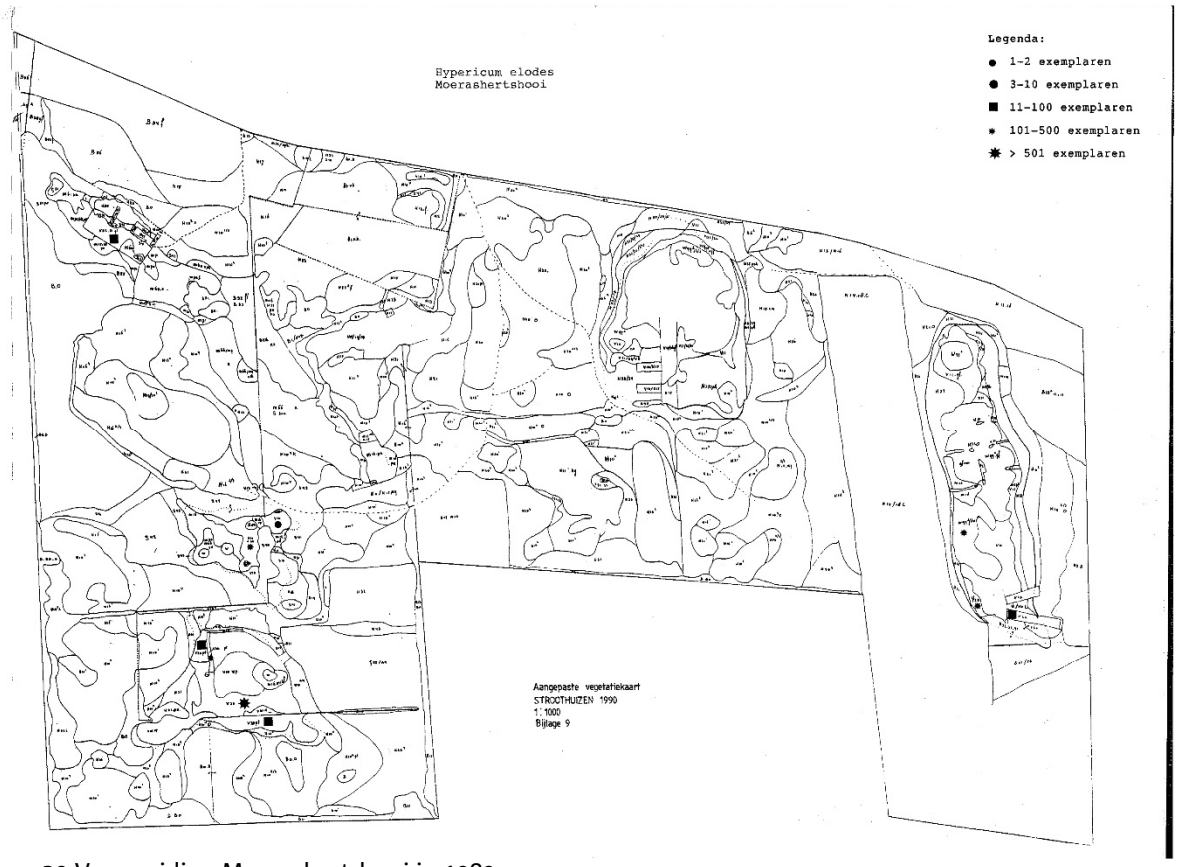


Figuur 28 Verspreiding Blauwe knoop in 2010

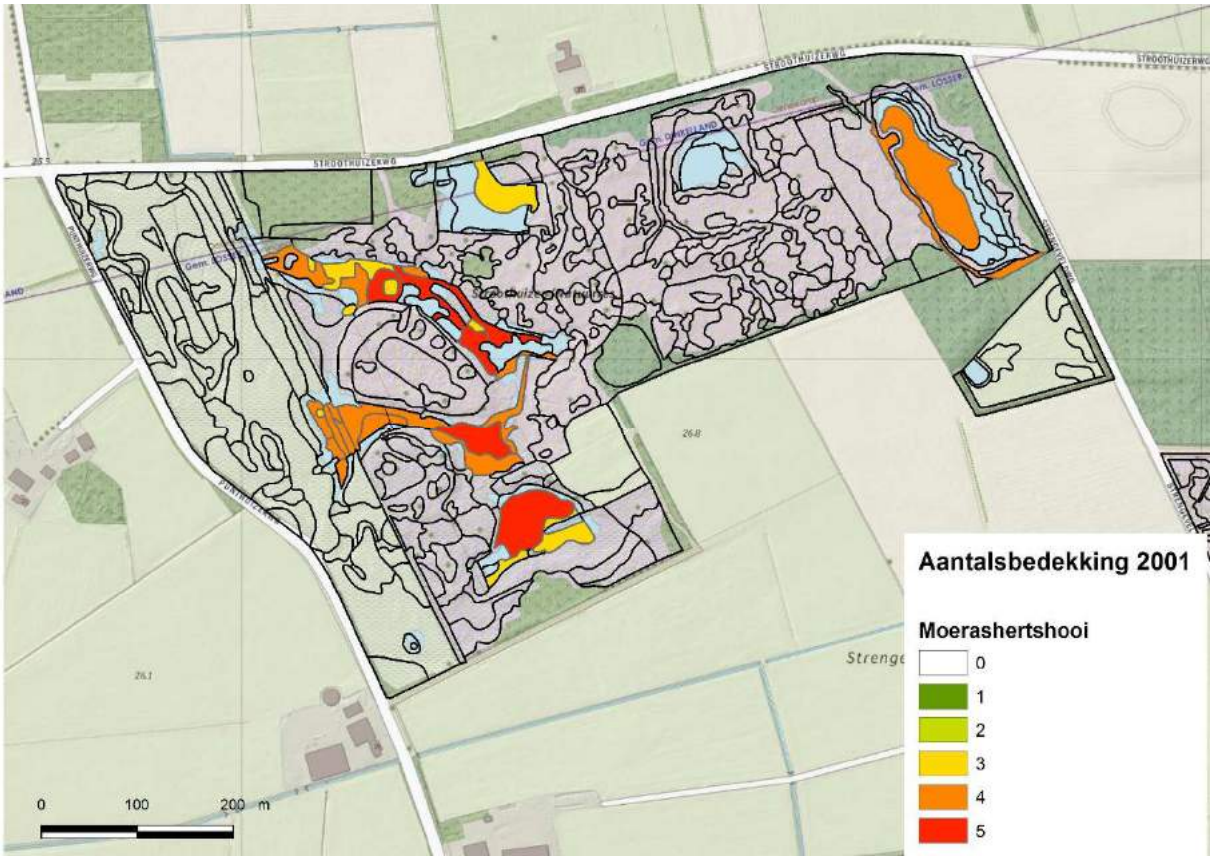
Herstel van het vegetatietype blauwgrasland komt niet echt op gang. Soorten als Spaanse ruiter, Parnassia, Vetblad, Sierlijk vetmuur (Krielparnassia) en Armbloemige waterbies zijn na plaggen en herinrichting perceel Groener (1994) verschenen, maar hebben nog niet geleid tot herstel van het vegetatietype blauwgrasland en kalkmoeras. Vleeskleurige orchis is na 1962 niet meer waargenomen. Ofschoon de grondwaterstanden voldoen aan de ecologische randvoorwaarden blijkt uit onderzoek van Aggenbach en Cirkel (2017a) dat de basenverzadiging voor blauwgrasland onvoldoende hoog is. Opvallend is dat de zure kleine zeggenvegetaties (de tegenhanger van het basen minnende kalkmoeras) het goed doen (zie Horsthuis, 2017). De trend in areaal is vanaf 1990 positief, maar de kwaliteit blijft hangen in de fase van de veldrus-associatie en gezien de geringe basenverzadiging (Aggenbach en Cirkel, 2017a) is de trend voor blauwgrasland/kalkmoeras als vegetatietype negatief en bevestigt de negatieve trend voor die kwaliteit in tabel 2 en ook in de tabel in bijlage 3 (Horsthuis, 2017 bijlage 3).

Zwakgebufferde vennen
In Stroothuizen liggen vele vennen en venachtige laagten. De vennen in het oostelijke deel zijn bekend als zeer zwak gebufferd. De terreincondities voor zeer zwak gebufferde vennen met Waterlobelia zijn zeer nat tot nat, inundatie langdurig tot permanent, zeer zwakke tot zwakke buffering en zeer voedselarm tot voedselarm (Aggenbach et al., 1998). Het meest oostelijke ven is in de jaren 1990/1991 opgeschoond en tot 1996 kwam hier een vegetatie met Waterlobelia voor. In die periode waren ook Drijvende egelskop, Oeverkruid, Moerashertshooi, Veelstengelige waterbies en Dwergzegge aanwezig. Door de twee droge winters voor het groeiseizoen 1996 heeft geen opbolling plaats gevonden in het intrekgebied. Daardoor was er geen aanvoer van zeer zwak gebufferd grondwater, waardoor verzuring is optreden en de soort is verdwenen. Daarna zijn ook de overige soorten geleidelijk aan verdwenen met uitzondering van de rompgemeenschap van Veelstengelige waterbies en waterveenmos. In beide oostelijke vennen is in 1962 Moerassmele aangetroffen (van der Voo, 1962) wat wijst op matig gebufferde omstandigheden (Aggenbach et al., 1998).
De vennen en slenken in het westelijke deel van Stroothuizen staan bekend om zwak gebufferde vennen. De terreincondities voor zwak gebufferde vennen zijn van aquatisch tot matig nat, inundatie van langdurig - permanent tot matig lange duur, matige tot bijna geen buffering en zeer voedselarm tot

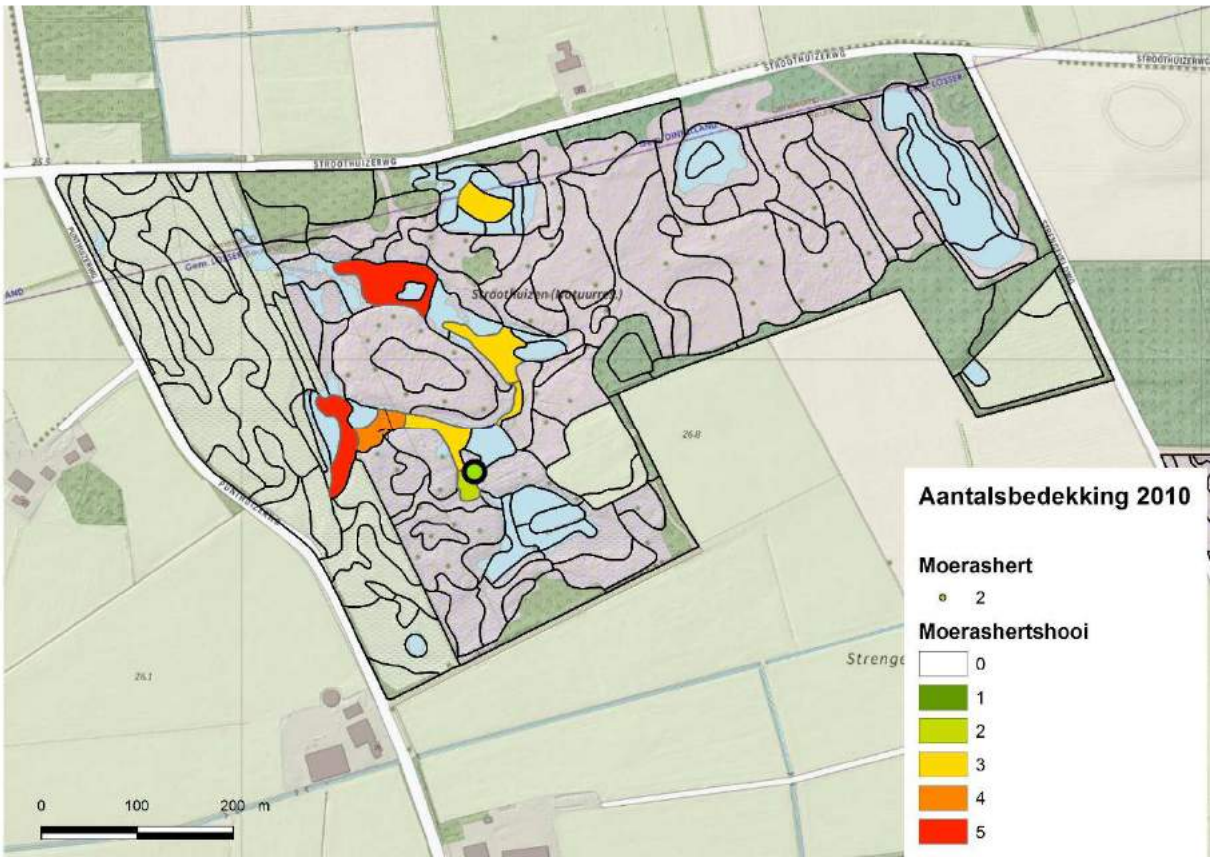
voedselarm (Aggenbach et al., 1998). De soortenrijkdom is groot geweest met soorten als Oeverkruid, Veelstengelige waterbies, Moerashertshooi, Ondergedoken moerasscherm, Vlottende bies, Klein blaasjeskruid, Drijvende waterweegbree, Duizendknoopfonteinkruid, Stijve moerasweegbree, Pilvaren en Witte waterranonkel. Deze soortenrijkdom is na plaggen en herinrichting perceel Groener (1993/1994) ontstaan en daarna geleidelijk afgenomen. Na 2010 treedt er een verdere verarming op (Horsthuis, 2017 in bijlage 3). Van Moerashertshooi, en Veelstengelige waterbies zijn verspreidingskaartjes gemaakt op basis van de vegetatiekarteringen 2001 en 2010. Het vergelijk tussen die perioden laat zien dat Moerashertshooi in het oostelijke deel van het gebied geheel is verdwenen en in het westelijke deel is afgenomen, wat hier wijst op verdroging en verzuring.



Figuur 29 Verspreiding Moerashertshooi in 1989



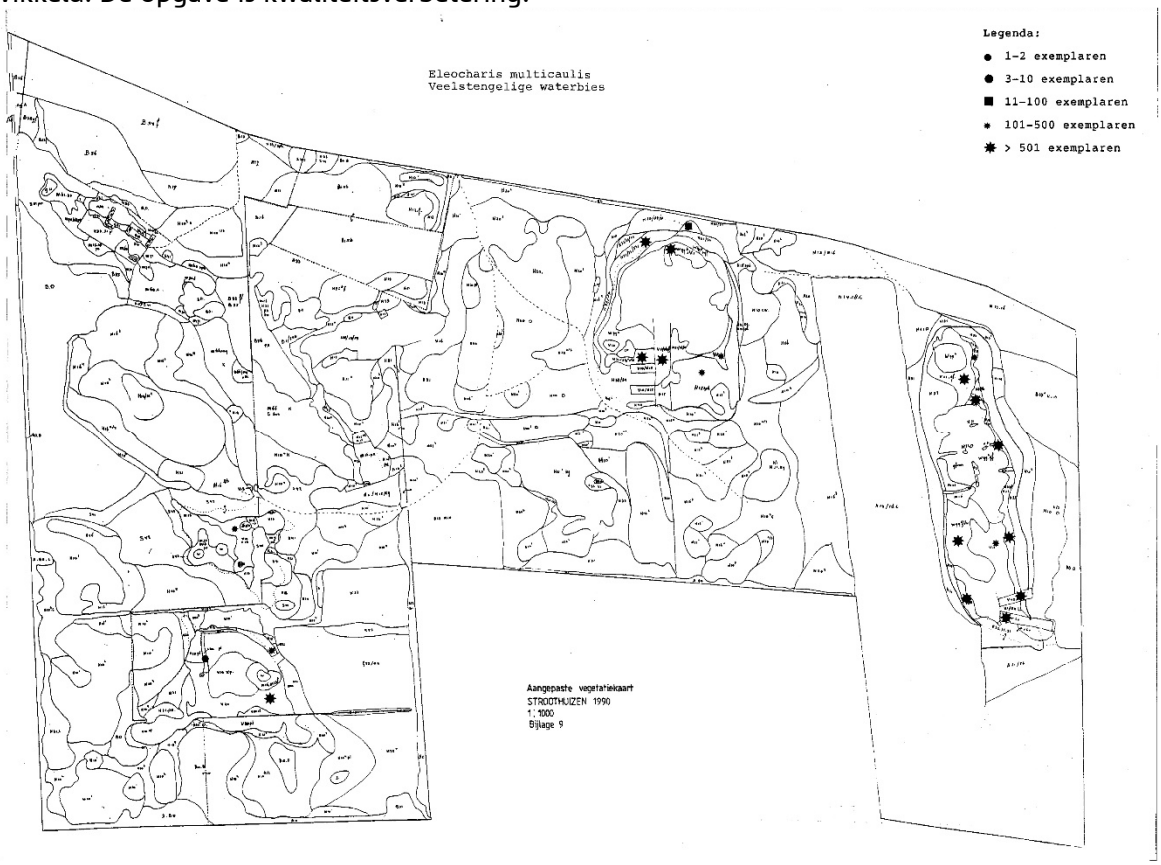
Figuur 30 Verspreiding Moerashertshooi in 2001



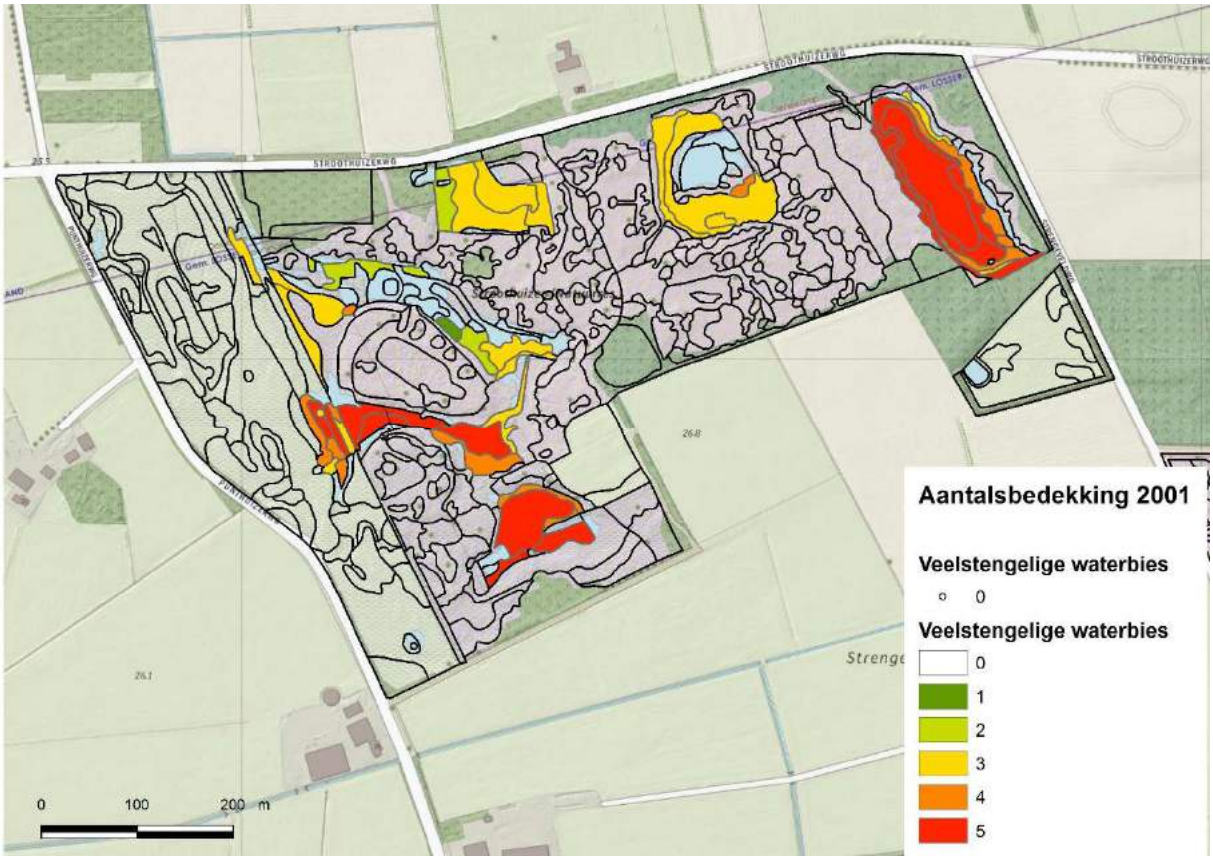
Figuur 31 Verspreiding Moerashertshooi in 2010

De toename van Veelstengelige waterbies is in beeld gebracht voor de jaren 1989, 2001 en 2010. Uit de range van zwak gebufferde vennen kan Veelstengelige waterbies en Moerashertshooi tot op de minst gebufferde standplaatsen onder voldoende natte omstandigheden goed uit de voeten. Veelstengelige waterbies neemt tussen 2001 en 2010 toe. Dat heeft ertoe geleidt dat op vele plekken nu de

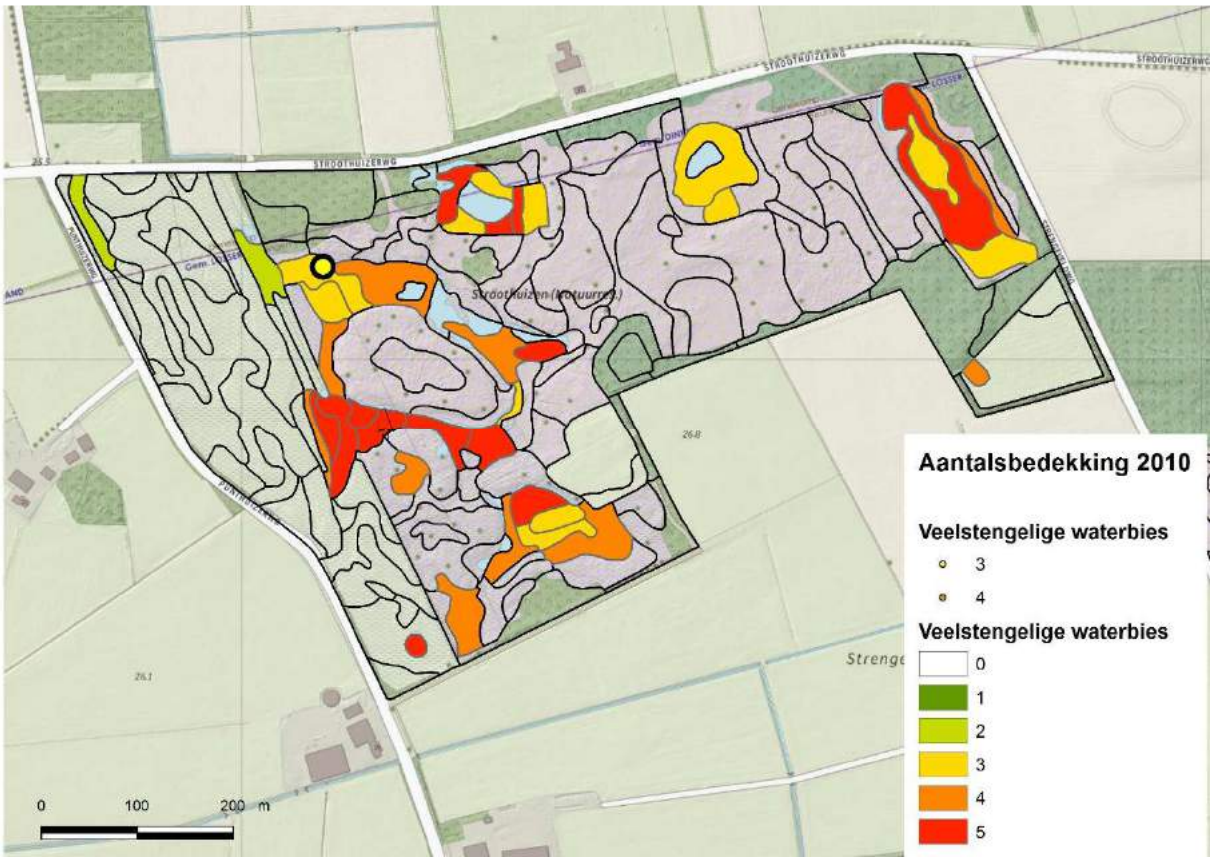
Rompgemeenschap van Veelstengelige waterbies en waterveenmos voorkomt. Vlottende bies laat tussen 2001 en 2010 een achteruitgang zien. Ondanks voldoende vochtige omstandigheden is de buffering van de zwak gebufferde vennen evenals bij de blauwgraslanden een knelpunt. Dat blijkt uit het onderzoek van Aggenbach en Cirkel (2017a). De trend is overwegend matige kwaliteit, lokaal goed ontwikkeld. Dit komt mogelijk door een combinatie van te geringe basenverzadiging en te hoge stikstofdepositie. In tabel 2 wordt nog gesproken over overwegend goede kwaliteit, lokaal matig ontwikkeld. De opgave is kwaliteitsverbetering.



Figuur 32 Verspreiding Veelstengelige waterbies in 1989



Figuur 33 Verspreiding Veelstengelige waterbies in 2001



Figuur 34 Verspreiding Veelstengelige waterbies in 2010

Vochtige heiden en Pioniervegetatie met snavelbiezen

De terreincondities voor de kenmerkende soorten van vochtige heide zijn nat tot vochtig, inundatie afwezig tot matig lange duur, matige tot geen buffering en (zeer) voedselarm (Aggenbach et al., 1998). De vochtige heiden zijn in Stroothuizen goed ontwikkeld. Met uitzondering van IJslands mos (zwaveldepositie) zijn alle soorten in de trendperiode 1944-2016 aanwezig met o.a. Veenbies, Klokjesgentiaan, Beenbreek en Lavendelheide, maar ook de drie kenmerkende veenmossen: Kussentjesveenmos, Week veenmos en Zacht veenmos. Ook de pioniervegetatie met snavelbiezen zijn rijk ontwikkeld (Horsthuis, 2017). Plaggen en vernatting door herinrichting perceel Groener (1993/1994) en plaggen in het bestaande natuurgebied hebben een positief effect gehad Aggenbach en Jansen, 2004). In Stroothuizen is de trend voor de vochtige heide overwegend een goede ontwikkeling en lokaal matige kwaliteit (Pranger en Tolman, 2011). In tabel 2 wordt nog gesproken over overwegend matige ontwikkeling, lokaal goede ontwikkeling. De trend voor de pioniervegetatie met snavelbiezen is voor het areaal overeenkomstig tabel 2 positief en de ontwikkeling van de kwaliteit is eveneens positief (Pranger en Tolman, 2011).

Heischrale graslanden

Het Natura 2000-gebied Punthuizen Stroothuizen is aangewezen voor het habitattype Heischrale graslanden. Echter, dit habitattype is niet opgenomen in de huidige habitattypenkaart. In 2016 is een hoge rijkdom aan soorten van heischrale graslanden in Stroothuizen waargenomen (Horsthuis, 2017 in bijlage 3). Deze soortenrijkdom is zelfs groter dan in het verleden. De vestiging en verspreiding heeft er nog niet toe geleidt dat de soorten als vegetatiekundige eenheid zijn te onderscheiden. De ontwikkelingen in de heischrale soorten speelt zich vooral af in het westelijke deel van Stroothuizen. Het verspreidingspatroon van Stijve ogentroost en Blauwe knoop in 2010 laat dat goed zien (bijlage 3). De zwak gebufferde omstandigheden kunnen nog het gevolg zijn van de bufferende meststoffen van het voormalig landbouwkundig gebruik. Wanneer dat het geval is dan ligt een ontwikkeling richting heide meer voor de hand. Bij de volgende vegetatiekartering zal blijken hoe de ontwikkelingen verder gaan.

Draadgentiaan-associatie

De Draadgentiaan-associatie is een kritische pioniervegetatie, die in Stroothuizen op plagplekken is verschenen waar een beekdalvegetatie met dominantie van Hennegras is geplagd (Eysink en de Bruijn, 1994). De terreincondities voor de kensoorten Draadgentiaan, Borstelbies en Wijdbloeiende rus van de Draadgentiaan-associatie zijn matig nat, inundatie van korte duur tot matig lange duur, matig sterke buffering en voedselarm (Aggenbach et al., 1998).
Bernink (1916) heeft de vegetatie met eenjarige pioniers al uitvoerig beschreven. Plagbeheer in 1988 tot 1991 leidt tot vestiging van eenjarige pioniers waaronder, Draadgentiaan, Dwergvlas, Wijdbloeiende rus en Borstelbies, maar ook soorten van meer bestendige basenrijkere milieus zoals Vetblad en Sierlijk vetmuur (Eysink en de Bruijn, 1994). Onder invloed van inundatie en langere perioden van hoge grondwaterstanden houden dergelijke pioniervegetaties stand (Eysink en de Bruijn, 1994). In Stroothuizen zijn de ontwikkelingen richting zure kleine zeggen vegetaties gegaan, terwijl de ontwikkelingen en verwachtingen richting blauwgrasland hoog gespannen waren (Eysink en de Bruijn, 1994). Aggenbach en Cirkel (2017a) constateren een geringe basenverzadiging. Ondanks de huidige gunstige grondwaterstanden en voldoende inundatie is plaggen onder onvoldoende gebufferde omstandigheden niet gunstig voor duurzaam herstel van blauwgrasland.

Voor een completer beeld van alle ontwikkelingen in de vegetaties en soortensamenstelling wordt verwezen naar Jansen (1991), de Boo, (1996), Eysink et al., (2001) en de soortentabel in bijlage 3 (Horsthuis,2017).

Een nadere beschouwing op Beuninger Achterveld

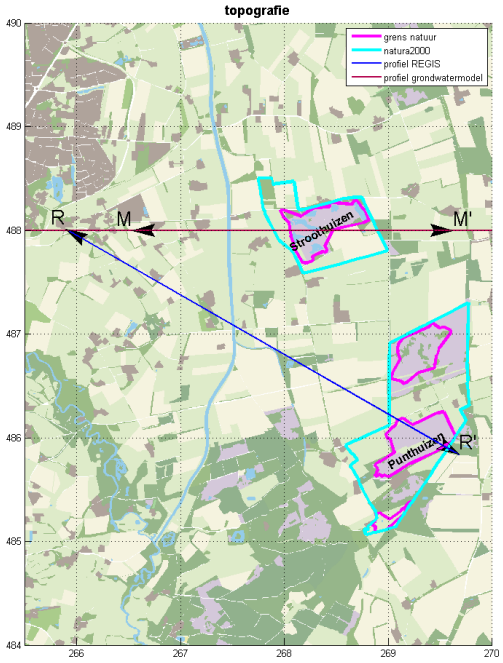
Vochtige heiden en Pioniervegetatie met snavelbiezen

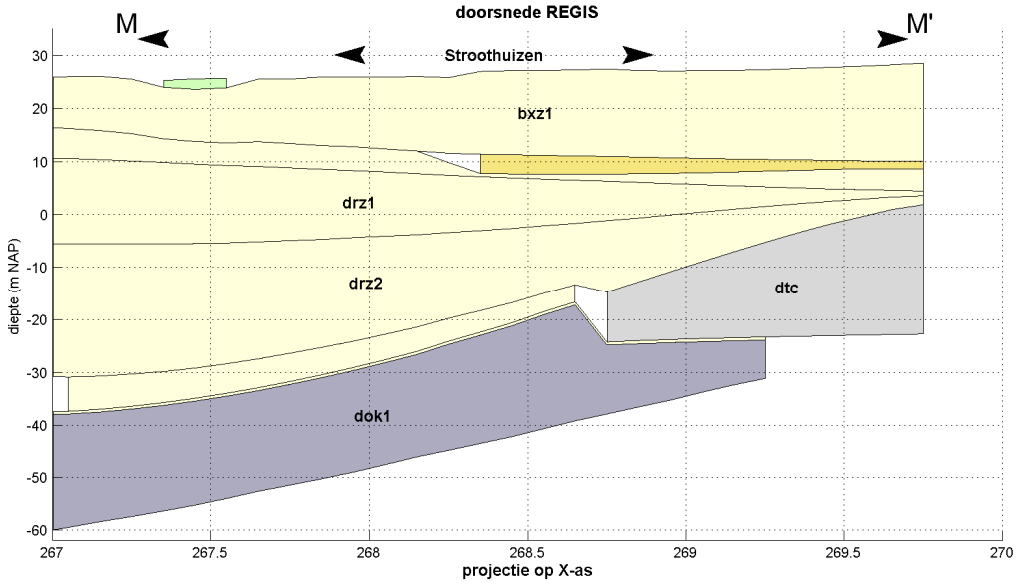
De terreincondities voor de kenmerkende soorten van vochtige heide zijn nat tot vochtig, inundatie afwezig tot matig lange duur, matige tot geen buffering en (zeer) voedselarm (Aggenbach et al., 1998). Net als in Punthuizen ontbreken hier de kenmerkende veenmossen van de vochtige heide. Klokjesgentiaan en Veenbies zijn schaars. Opvallend is de (her) vestiging van de kritische soort Beenbreek. De pioniervegetatie met snavelbiezen heeft zich op geplagde delen ontwikkeld. Overeenkomstig tabel 2 is de kwaliteit van de vochtige heide overwegend matig ontwikkeld, lokaal goed ontwikkeld en de trend in areaal en kwaliteit negatief (vegetatiekarteringen 1989, 2001, 2010). De

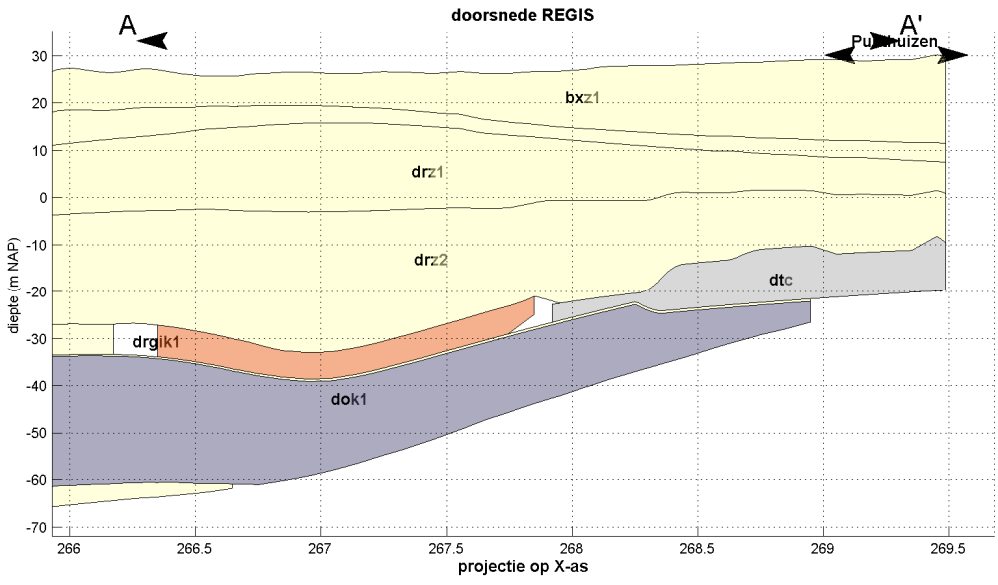
pioniervegetatie met snavelbiezen is met Bruine snavelbies en Kleine zonnedauw matig ontwikkeld. De trend in areaal is gelijk en de kwaliteit is negatief (vegetatiekarteringen 1989, 2001, 2010). Pijpenstrootje heeft namelijk al een hoge presentie op de relatief jonge plagplekken en Moeraswolfsklauw en Witte snavelbies ontbreken (waarnemingen, Eysink 2016).
De historische rijkdom is aanzienlijk groter geweest (Horsthuis, 2017 in bijlage 3). Naast droge en vochtige heide zijn soorten van heischrale graslanden, blauwgraslanden, zure kleine zeggen en zelfs kalkmoeras in dit gebied aangetroffen (Jansen, 1996).
Voor een completer beeld van alle ontwikkelingen in de vegetaties en soortensamenstelling wordt verwezen naar Jansen (1996) en de soortentabel in bijlage 3 (Horsthuis,2017).

2.3 Geohydrologie, grond- en oppervlaktewater

De geohydrologische opbouw van het gebied bestaat uit een goed doorlatend zandpakket met een dikte variërend tussen de 25-40 meter op een slecht doorlatende basis van zandsteen in het zuidelijke deel van het gebied en klei in het noordelijke deel. De dikte van het watervoerend pakket neemt vanaf het zuidoosten (Punthuizen) naar het noordwesten toe. De hydrologische basis van het systeem wordt gevormd door zandsteen uit het Krijt en klei (formatie van Dongen) uit het Tertiair. Bovenop deze afzettingen bevinden zich lokaal dunne lagen keileem die onder invloed van landijs in het Saalien zijn gevormd. Bovenop deze afzettingen bevinden zich zanden die behorende tot de formatie van Drenthe. Deze dikte van deze zandlaag varieert. Ter hoogte van Punthuizen is deze zandlaag circa 10 meter dik en de dikte neemt in noordwestelijke richting toe tot circa 35 meter. De formatie van Drenthe wordt afgedekt door veelal zandige afzettingen behorend tot de formatie van Boxtel. Deze dekzanden worden plaatselijk gescheiden van de onderliggende zanden door dunne kleilagen behorend tot de formatie van Boxtel. De dikte en verbreiding van deze kleilagen is variabel. Met name rondom Stroothuizen zijn deze lagen in boringen aangetroffen (Jansen, 1991). In figuur 35 is een tweetal dwarsdoorsnedes uit Regis opgenomen met daarin de verschillende geologische lagen die voorkomen in het gebied.







Figuur 35 Geologische dwarsdoorsnedes(Regis)

Ter hoogte van Stroothuizen is de geologische opbouw complexer. Door kleilagen op verschillende dieptes zijn hier 2 watervoerende pakketten te onderscheiden. Aan de westzijde van Stroothuizen wordt de dikte van het watervoerende pakket abrupt dunner waardoor kwel aan het oppervlak komt.
Voor alle gebiedsdelen is de regionale grondwaterstroming zuidoost – noordwest gericht. Deze grondwaterstroming is, zeker in de zomerperiode, dominant. Naast de (sub)regionale invloed van het grondwater speelt ook lokale grondwaterinvloed een belangrijke rol. Het gaat dan om opbolling en afstroming van relatief jong grondwater van dekzandruggen en –kopjes naar lagere gebiedsdelen (bestaande uit slenken, kommetjes en vennen) (Jansen 1996; Jansen en Aggenbach 1991; Bor 2017).

Binnen de lager gelegen delen van Stroothuizen (centrale slenk) en Punthuizen (centrale laagte) treedt in de winterperiode toestroom van basenrijk grondwater op (Jansen, 1996; Jansen en Aggenbach 1991). Op deze plekken bevindt zich het blauwgrasland. Deze laagst gelegen stukken inunderen in de winter met een mix van basenrijk grondwater en regenwater. De drempel aan de noordzijde van de laagte bepaalt het inundatieniveau. In Punthuizen is de invloed van basenrijk grondwater het grootste aan de rand van de geïnundeerde terreindelen. In Stroothuizen treedt afvoer over maaiveld op waardoor invloed van gebufferd water zich in de laagste terreindelen bevindt. Ook hier bevinden zich enkele drempels binnen de slenken die het afvoerniveau bepalen.

Het samenspel van (sub)regionaal grondwater en lokaal grondwater op een zwak glooiend reliëf is de basis van een grote variatie aan vegetatietypen van hoog naar laag met droge heide, vochtige heide, heischraalgrasland, veldrusschraalland, blauwgrasland en zwak gebufferde vennen.
Deze vegetatietypen komen in de deelgebieden Punthuizen en Stroothuizen het rijkst ontwikkeld voor inclusief de basenminnende vegetaties van veldrusschraalland, blauwgrasland, zwak gebufferde venvegetaties en inslag van kalkmoeras. Deelgebied Beuninger Achterveld wordt gekenmerkt door droge, vochtige heide en enkele schraallandjes. Op de laagste delen wijst Hennegras op basenrijkere omstandigheden.

Sloten, beken (Rammelbeek en Puntbeek) en het Omleidingskanaal van de Dinkel beïnvloeden grondwaterstromingen en grondwaterstanden op de landbouwgronden, maar ook de drie deelsystemen worden hierdoor beïnvloed. Een overzicht van de belangrijkste waterlopen is weergegeven in figuur 36.

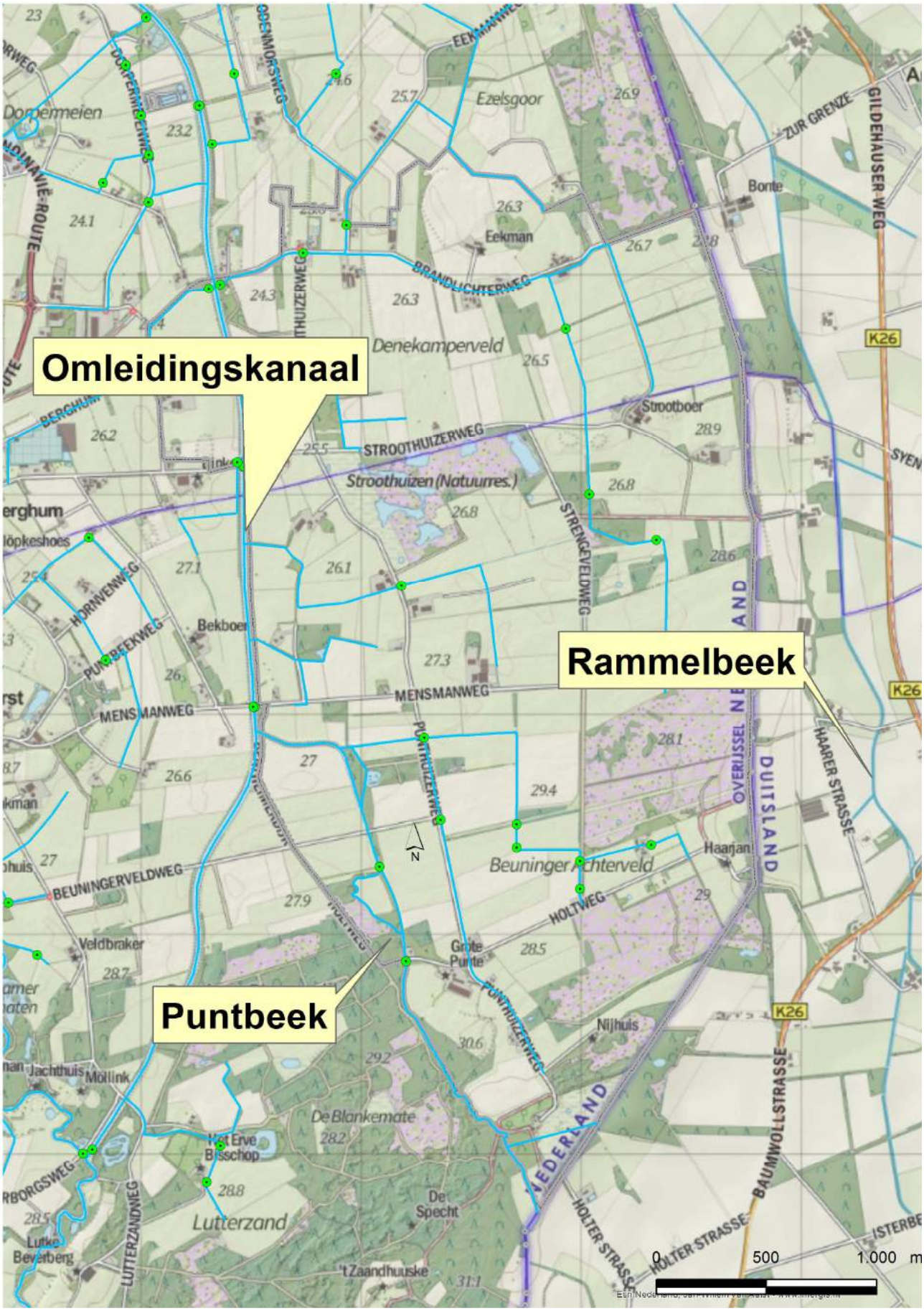
De grote systemen zoals de Puntbeek, Rammelbeek en het Omleidingskanaal beïnvloeden vooral de drainagebasis en daarmee het snel en diep wegzakken van de grondwaterstanden in de zomerperiode. Lokale slotenstelsels beïnvloeden voornamelijk de winter- en voorjaarsgrondwaterstanden in en rondom de deelgebieden. Deze sloten hebben in de zomer veelal geen invloed omdat ze droogvallen. Uitzondering hierop vormen enkele zeer diepe sloten in Duitsland die tezamen een bovenloopsysteem van de Rammelbeek vormen. Voor Punthuizen is in figuur 37 een dwarsdoorsnede weergegeven waarin duidelijk wordt dat voor dit deelgebied de Puntbeek de drainagebasis vormt omdat de drainagebasis hier lager ligt dan die van de Rammelbeek. Ter illustratie is in de kaartenbijlage ook de met tijdreeksanalyse berekende drainagebasis weergegeven. Deze zijn berekend met Menyanthes en tonen de gemiddelde drainagebasis voor een jaar. Deze berekeningen laten zien dat de drainagebasis wordt beïnvloed door zowel drainage van lokale waterlopen (winter en voorjaar) als door de drainerende werking van de grotere waterlopen in de omgeving (zomerperiode). Deze grotere waterlopen zijn in de zomerperiode dominant, aangezien dan het lokale slotenstelsel grotendeels droogvalt.

De sloten en beken in het gebied veroorzaken verdroging en verzuring. Verdroging doordat grondwaterstanden sneller en dieper wegzakken dan van nature het geval is. Verzuring wordt veroorzaakt doordat de invloed van basenrijk grondwater is verminderd (verdroging) en dus de invloed van (zuurder) regenwater is toegenomen.

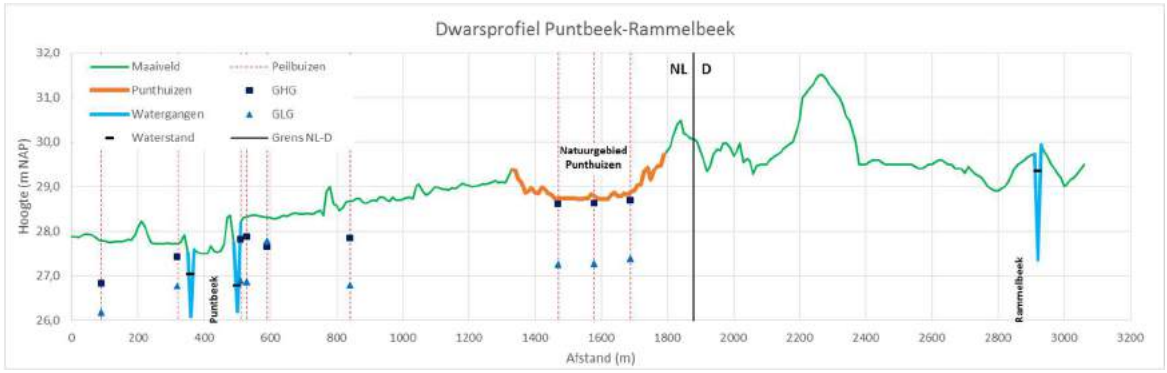
Naast grondwaterstanden is ook de grondwaterkwaliteit van uittredend grondwater van belang. Met name als gevolg van uitspoeling van meststoffen kan met nitraat en sulfaat verrijkt grondwater toestromen naar de lagere delen van de natuurgebieden. Directe toevoer van nitraatrijk grondwater is vooral een risico in lokale grondwatersystemen. Nitraat spoelt echter ook uit naar het diepere grondwater. Dit nitraatrijke grondwater reageert met pyrietrijke afzettingen, waardoor sulfaatgehalten in het grondwater toenemen. Verhoogde sulfaatgehaltes kunnen, vooral in terreindelen met een meer humusrijke bodem, leiden tot mobilisatie van fosfaat en daarmee interne eutrofiering (‘Aggenbach et al, 2007). In de PAS gebiedsanalyse staat aangegeven dat de toevoer van voedselrijk grondwater voor Stroothuizen een actueel of toekomstig probleem kan zijn, maar dat de mate waarin dit knelpunt optreedt onbekend is. Deze kennislacune is middels de uitvoering van een grondwaterkwaliteitonderzoek opgelost (Aggenbach en Cirkel, 2017b). De effecten van bemesting op de grondwaterkwaliteit en de daaraan gerelateerde maatregelen worden verder behandeld in de paragrafen 4.2, 5.2 en 6.2.

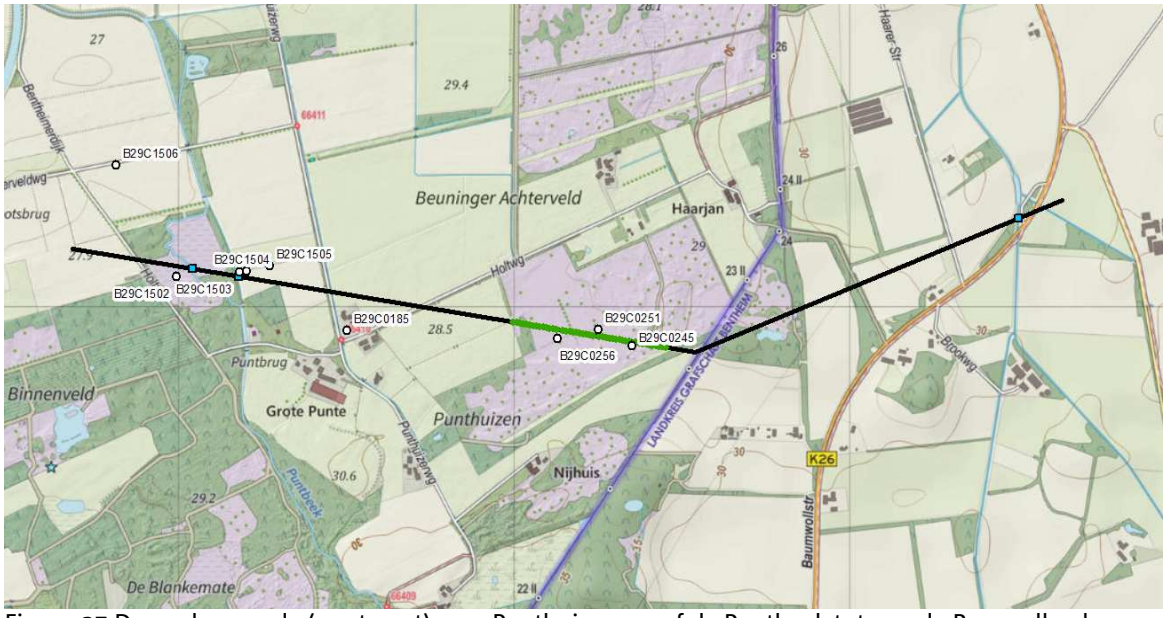
Samengevat zijn de belangrijkste systeemkenmerken:

- In de winterperiode zijn lokale systemen dominant. In de dekzandruggen treedt opbolling van de grondwaterstand op. De grondwaterstand volgt min of meer, in afgezwakte vorm, het lokale reliëf. Lokaal grondwater stroomt toe naar lokaal geïsoleerde laagtes en de flanken van slenken. De mate van opbolling wordt bepaald door het neerslagoverschot in combinatie met de aanwezigheid van laagtes en ontwatering door sloten in de directe omgeving. In de laagtes treedt inundatie en/of afvoer van water op. Dit water is een mix van regenwater en grondwater. De inundatieduur en diepte worden bepaald door de aanwezigheid van natuurlijke drempels en het neerslagoverschot. In Punthuizen treedt de grootste invloed van basenrijk water op aan de rand van de geïnundeerde laagtes. In Stroothuizen veelal in de laagste terreindelen waar geen of slechts kortstondige inundaties optreden. Deze laagste terreindelen in Stroothuizen worden gevoed door dieper grondwater. In het Beuninger Achterveld is de invloed van regenwater en jong grondwater dominant.
- Wanneer het neerslagoverschot omslaat in een neerslagtekort (voorjaar/overgangs zomersituatie) vallen de lokale grondwatersystemen stil. Het grondwater zakt uit naar de regionale drainagebasis en de grondwaterstroming (isohypsen) vertoont een regionaal karakter. Het gebied is in de zomer in zijn geheel een infiltratiegebied. De drainagebasis wordt gevormd door de diepere waterlopen in de omgeving: Puntbeek, Omleidingskanaal en (bovenlopen van) de Rammelbeek.



Figuur 36 Oppervlaktewatersysteem. De lichtblauwe waterlopen zijn in beheer bij Waterschap Vechtstromen. De groene punten op kaart zijn locaties waar stuwen aanwezig zijn.





Figuur 37 Dwarsdoorsnede (west-oost) over Punthuizen vanaf de Puntbeek tot aan de Rammelbeek

2.4 Sturende hydrologische processen in Punthuizen en Stroothuizen

Punthuizen

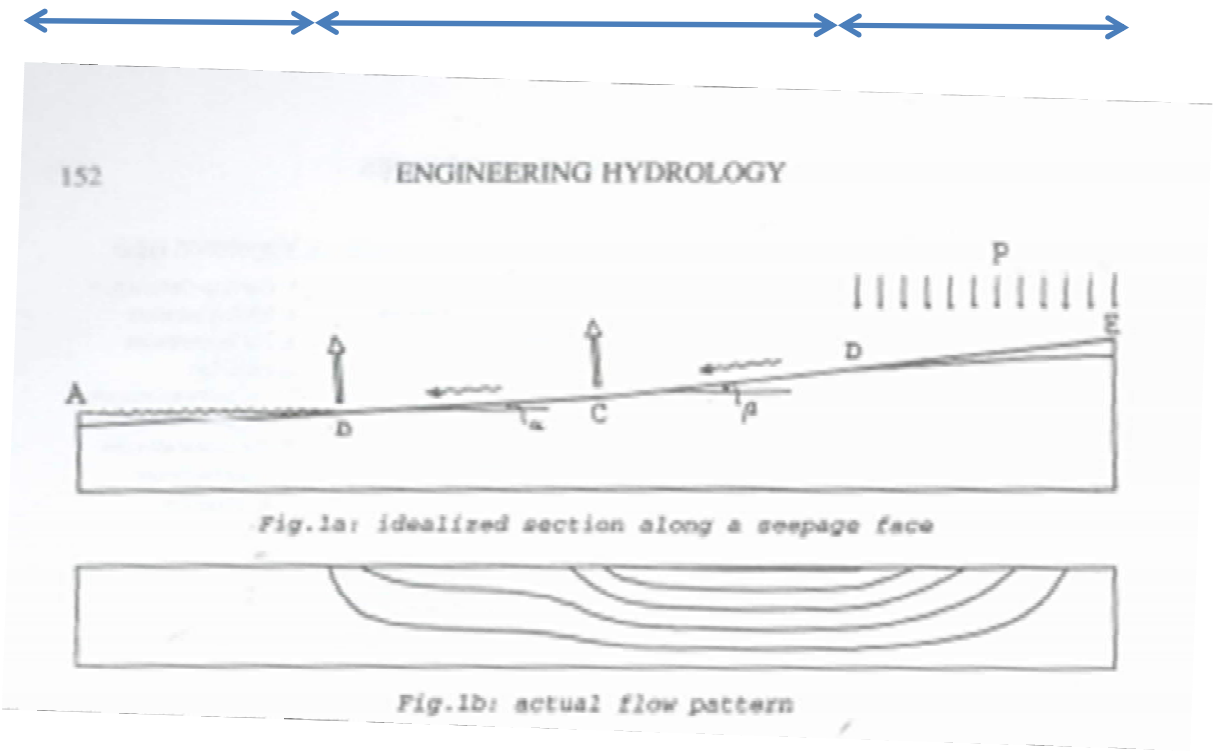
De sturende hydrologische processen in Punthuizen zijn beschreven een artikel van Jansen en Maas (1993). In het gebied is variatie in maaiveldhoogte aanwezig in de vorm van dekzandruggen en slenken. Dit vormt de motor achter het optreden het optreden van kwel en daarmee samenhangende gradiënten in waterkwaliteit. Al gelang naar de positie op de helling tussen dekzandruggen en de laagtes, welke in de winter inunderen, treden kwel- en infiltratieprocessen op de gradiënten tussen deze dekzandruggen en laagtes.

In figuur 38 zijn de verschillende relevante punten in een gradiënt weergegeven, evenals de stromingspatronen die als gevolg van deze gradiënten optreden.

Geen gradiënt door inundatie (traject AB) grootste flux bij B (dh grootst)

Grondwaterflux evenredig met helling (traject BD)
Uittredend grondwater op "knikken" in maaiveld, C

Opbolling in traject met onverzadigde zone (traject DE)



Figuur 38 Schematische voorstelling stromingsprocessen, infiltratie en kwel in een hellend gebied (Maas en Jansen, 1993)

Punt A en E vormen de waterscheidingen in de dwarsdoorsnede. E is daarbij het punt op een dekzandrug, A vormt het punt in de laagte, die in de winter inundeert. Kwel treedt op tussen de punten D en B. D vormt daarbij de bovenrand van het gebied waar kwel optreedt, B is het punt aan de rand van de laagte die inundeert in de winter.

Regenwater dat in de winter valt, in de figuur 38 weergegeven als P, kan in de wintersituatie (met hoge grondwaterstanden) alleen infiltreren in de delen met een onverzadigde zone op de helling. Op de lage delen in de gradiënt treedt dan kwel op en daar bevindt de grondwaterstand zich aan maaiveld. Op deze verzadigde delen stroomt regenwater oppervlakkig af over maaiveld naar de laagte die onder water staat. De intensiteit waarmee grondwater langs de helling uittreedt, varieert en wordt gestuurd door de lokale topografie.
Tussen punt D en E treedt als gevolg van neerslag een opbolling van de grondwaterstand op. Tussen punt C en D wordt grondwaterstroming aangedreven door de hydrologische gradiënt aan maaiveld. De grondwaterflux is hier evenredig met de helling van het maaiveld. Hetzelfde geldt feitelijk voor het deel tussen B en C. Omdat in het voorbeeld de helling hier flauwer is dan tussen C en D is ook de flux hier kleiner. Het verschil tussen beide "verlaat" het systeem als kwel op maaiveld op punt C. Hetzelfde gebeurt feitelijk op punt B. Echter, hier is de hoeveelheid water dat aan maaiveld uittreedt groter, omdat er tussen de punten A en B geen gradiënt in grondwaterstand aanwezig is. De laagte is immers geïnundeerd en de waterspiegel ligt daardoor vlak. Op de helling zelf treedt daarnaast in enige mate

grondwater uit, doordat het watervoerend pakket dunner wordt. Al is dit minimaal gezien de geringe helling.
Regen valt niet gelijkmatig, waardoor de grenzen in ruimte en tijd variëren. Punt D bijvoorbeeld zal heen en weer pendelen tussen de rand van de geïnundeerde laagte tot aan de bovenrand van de gradiënt. Maar ook het inundatieniveau van de laagte varieert in de tijd, omdat de laagte vol regent en weer opdroogt. Dus ook het punt B, waar de kwel zich concentreert, varieert in ruimte en tijd. Het uitstroomniveau van de laagte bepaalt daarbij het maximale inundatieniveau.
Een en ander betekent ook dat de locaties waar kwel uittreedt variëren in ruimte en tijd. Het proces, dat in het artikel (Maas en Jansen, 1993) stationair wordt beschreven, is in feite dus niet stationair en afhankelijk van de grondwaterstand/stijghoogte en het inundatieniveau in de laagte. Die worden op hun beurt weer beïnvloed door het neerslagoverschot en de diepte waarop de grondwaterstand zich aan het eind van het groeiseizoen bevindt. Immers hoe dieper de grondwaterstand zich onder maaiveld bevindt, hoe meer neerslag er nodig is om het grondwater weer aan maaiveld te krijgen waardoor het systeem “op druk” komt en bovenstaande processen kunnen optreden.

Bovenstaande processen maken duidelijk dat er een aantal stuurvariabelen zijn die van invloed zijn op de positie, intensiteit en duur waarop grondwater uittreedt. Duidelijk wordt dat neerslag de drijvende factor is. Immers het neerslagoverschot bepaald de opbolling in de dekzandruggen die als motor fungeren voor de grondwaterstroming. Maar diezelfde opbolling wordt ook beïnvloed door ontwateringsmiddelen in het infiltratiegebied (zie ook Maas, 2016). Daarnaast spelen inundatieduur, het inundatieniveau en de diepte van de grondwaterstand aan het eind van het groeiseizoen (de drainagebasis) een rol.

De modelberekeningen (Bor 2017) bevestigen dit beeld. De in het infiltratiegebied aanwezige ontwateringsmiddelen, die voor een groot deel in Duitsland liggen, hebben een fors effect op de opbolling van het systeem in het infiltratiegebied en daarmee dus ook op de positie, duur en intensiteit waarmee grondwater kan uittreden. Het scenario waarin deze waterlopen in Duitsland virtueel gedempt zijn toont dat in winter en voorjaar over een aanzienlijk groter areaal in het infiltratiegebied hogere standen optreden en laten zien dat de patronen van kwel en wegzijging veranderen. Over grotere arealen aan de rand van de laagte treedt kwel op of slaat infiltratie zelfs op in kwel.

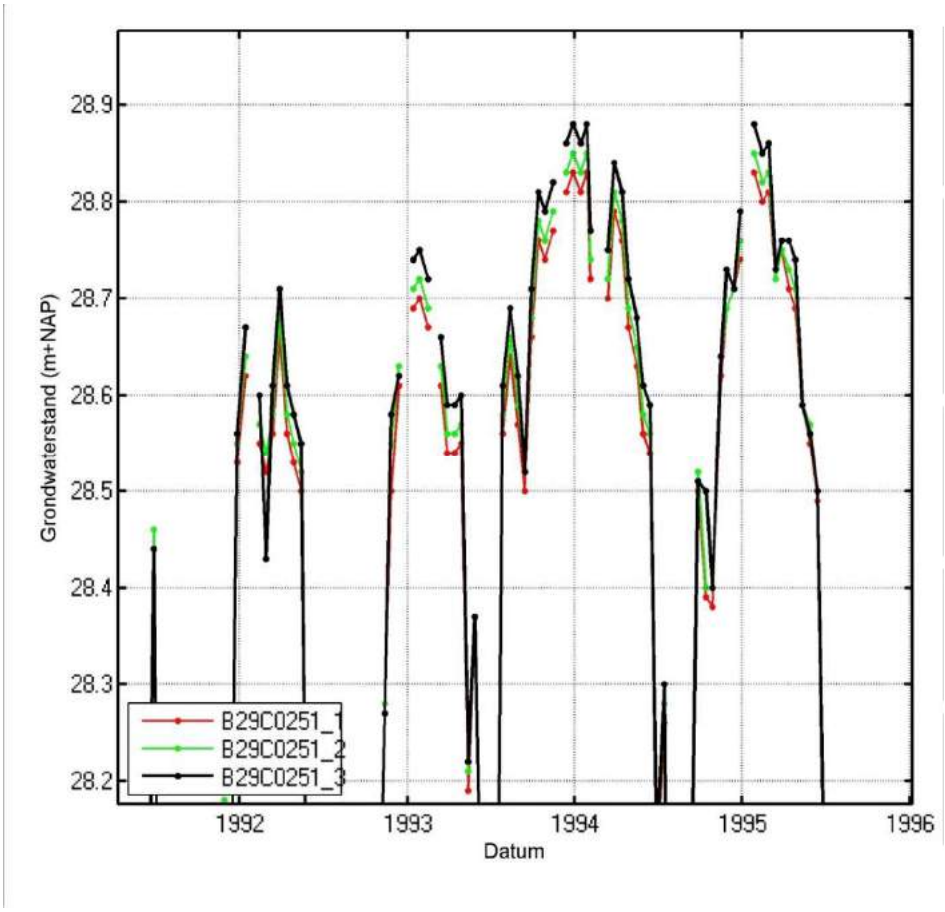
Aggenbach en Cirkel (2017a) hebben voor een aantal punten op basis van een modellering met SWAP de kwelintensiteit op een aantal punten berekend. De uitkomsten bevestigen dat juist op de randen van de laagte hoge kwelfluxen optreden en dat deze in natte jaren hoger zijn en langer optreden dan in droge jaren.
Ook het inundatieniveau en de inundatieduur van de laagte zijn sterk bepalend voor de intensiteit, duur en positie waarop kwel uittreedt. Immers dit niveau is sterk bepalend, omdat aan de rand van de inunderende laagte de kwelintensiteit het hoogste is. In winters waarin geen inundatie optreedt, treedt niet of nauwelijks kwel op hetgeen resulteert in een forse daling van de basenverzadiging (Aggenbach en Cirkel, 2017a).

De mate van opbolling wordt niet alleen bepaald door wat er in het winterhalfjaar gebeurd. De diepte van de grondwaterstand aan het eind van het groeiseizoen (of beter gezegd, aan het eind van een periode met een neerslagtekort) is ook van belang. Immers hoe dieper de grondwaterstand zich onder maaiveld bevindt, hoe meer neerslag er nodig is voordat de grondwaterstand zich aan maaiveld bevindt en er opbolling van de grondwaterstand in gebieden met een onverzadigde zone optreedt. Maar ook de snelheid waarmee de laagte leegloopt wordt natuurlijk, naast verdamping en afvoer, ook bepaald door de grondwaterstand. Immers zodra de grondwaterstand in de omgeving lager is dan de waterstand in de laagte treedt infiltratie van water naar de omgeving op. Dat betekent dat de drainagebasis ook een sturende factor voor de duur waarop het systeem in de winter en voorjaar actief kan zijn onder invloed van een neerslagoverschot.

Wanneer het neerslagoverschot omslaat in een neerslagtekort (voorjaar/overgangs zomersituatie) vallen de lokale grondwatersystemen stil. Het grondwater zakt uit naar de regionale drainagebasis en de grondwaterstroming (isohypsen) vertoont een regionaal karakter. In de zomer is in het hele gebied sprake van infiltratie. De drainagebasis van het gebied wordt bepaald door de grotere waterlopen in de

omgeving. Voor Punthuizen zijn dit de Puntbeek en de bovenlopen (afwaterende sloten) van de Rammelbeek in Duitsland. Voor Stroothuizen zijn met name het Omleidingskanaal en de waterlopen aan de noordzijde bepalend voor het niveau van de drainagebasis.

Daarnaast geldt dat het verschil in grond- en oppervlaktewaterstand in de laagte bepaald of er sprake is van afvoer van water (infiltratie) of kwel. De metingen laten zien dat in de centrale laagte in Punthuizen in het winterhalfjaar overdruk optreedt. De stijghoogte in de dieper filters is hoger dan de freatische grondwaterstand en oppervlaktewaterstand in de laagte. Ondanks het feit dat deze verschillen gering zijn (vaak niet meer dan enkele centimeters) treden toch grote fluxen op, omdat er geen scheidende lagen aanwezig zijn in het zandpakket en de filters van de buizen qua diepte niet veel in diepte variëren. De berekeningen die zijn uitgevoerd met SWAP ten behoeve van het basenonderzoek (Aggenbach en Cirkel, 2017a) bevestigen dit. Zolang als er aanvoer is van grondwater wordt dit verschil in stand gehouden en treedt er opwaartse grondwaterstroming (kwel) op. In het voorjaar zakt de grondwaterstand tot onder het waterpeil in de laagte en loopt de laagte door infiltratie en verdamping leeg. Een voorbeeld van een reeks met geringe stijghoogteverschillen in de winter is weergegeven in figuur 39.

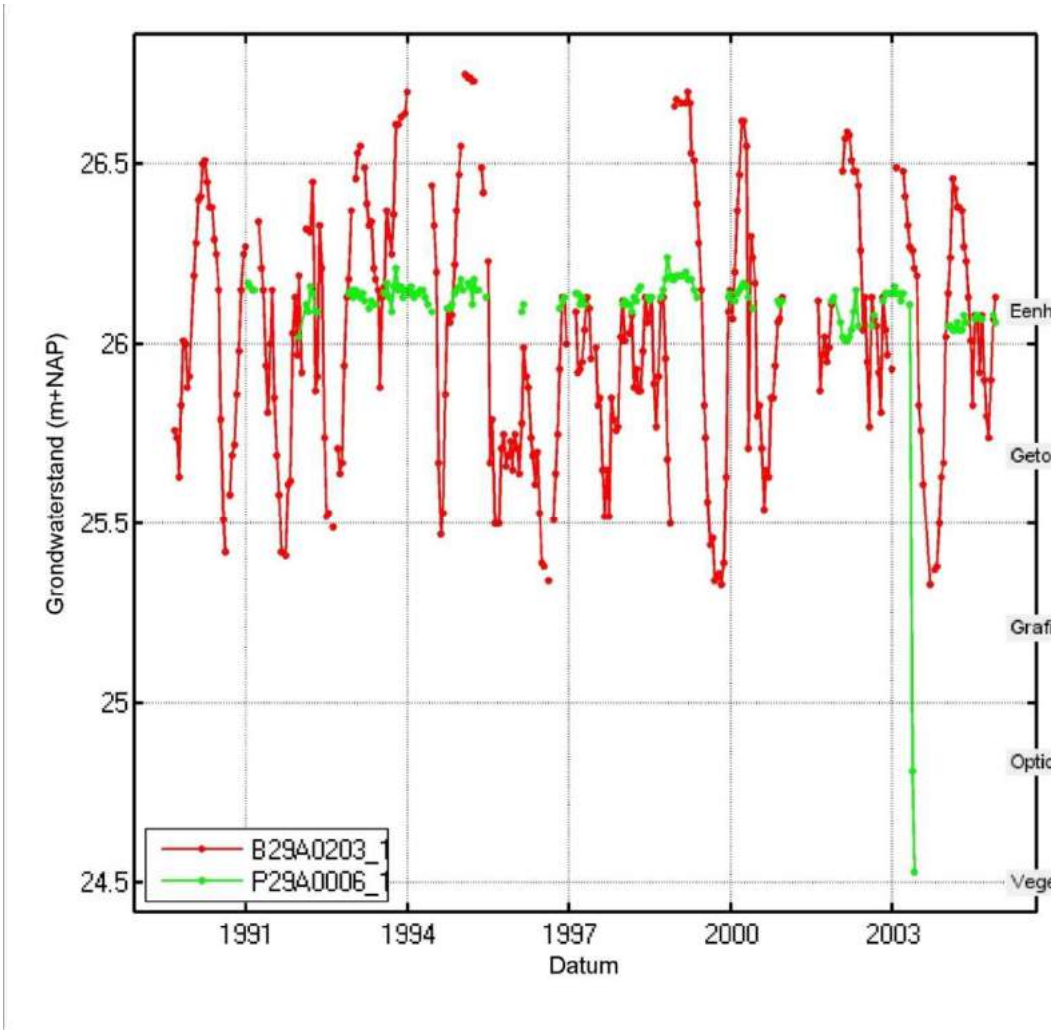


Figuur 39 Overdruk van enkele centimeters tussen de verschillende filters van peilbuizen B29C0251 in de centrale laagte van Punthuizen

Als laatste factor die van belang is voor het systeemfunctioneren is het inundatieniveau van de centrale laagte. De inundatieduur wordt voornamelijk door het neerslagoverschot bepaald. Het inundatieniveau is naast het neerslagniveau ook afhankelijk van de drempelhoogte van de laagte. Bij hoge waterstanden wordt er water uit het gebied afgevoerd. De hoogte van de drempel bepaald dus het niveau waarop het inundatieniveau in de laagte wordt afgetopt. Dit niveau (in Punthuizen ca. 28,80 m + N.A.P.) bepaald daarmee ook de positie waarop in natte perioden, wanneer de laagte maximaal gevuld is, met de hoogste intensiteit basenrijk water uitreedt.

Stroothuizen

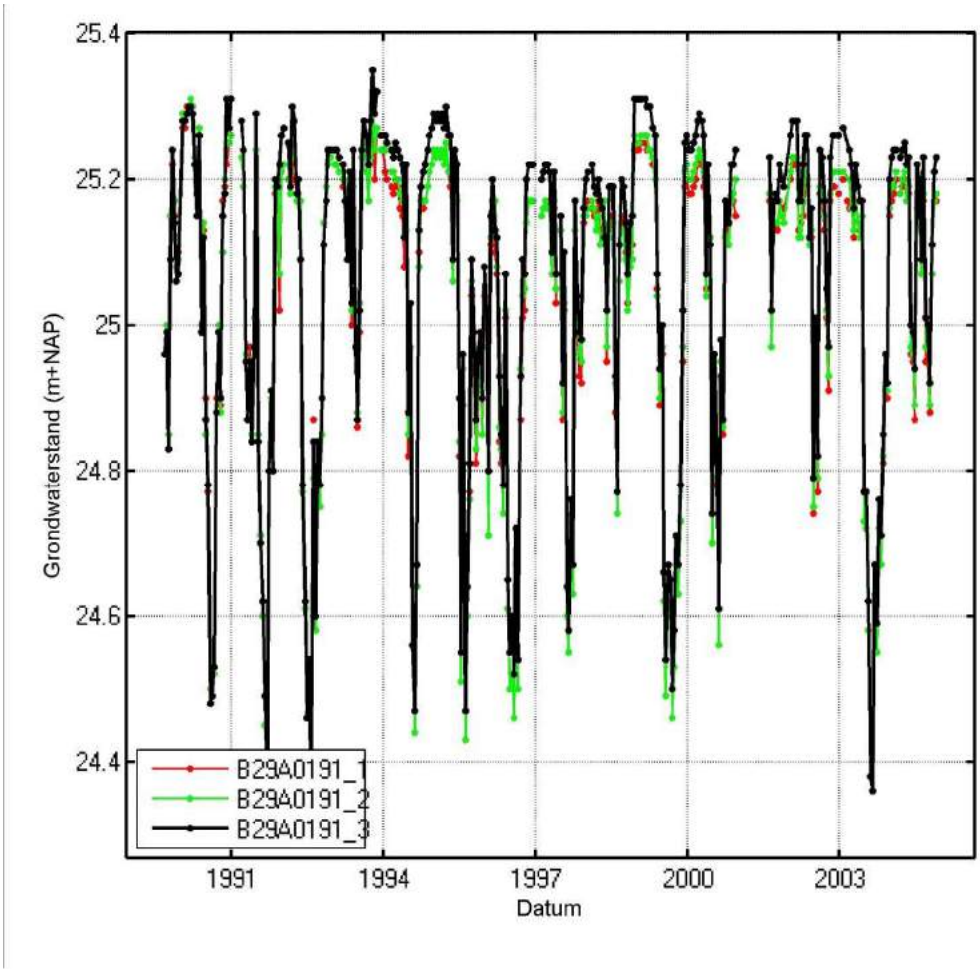
In Stroothuizen werken de processen vergelijkbaar als in Punthuizen. Ook hier treedt op de flanken van dekzandruggen in de winterperiode basenarm grondwater uit als gevolg van de helling van het maaiveld (Jansen, 1991). Dit water voedt de natte heides. Lokaal stroomt wat basenrijker water toe naar de in het gebied aanwezige vennen. Dit water zorgt ervoor dat de vennen zwak gebufferd zijn. In de huidige situatie treedt onvoldoende opbolling op in deze lokale systemen, met name rondom het Oortven. In droge jaren komt de grondwaterstand in de dekzandruggen niet boven het oppervlaktewaterniveau in het ven. Daardoor vindt er geen toevoer van licht gebufferde grondwater plaats en kan verzuring optreden. In figuur 40 is een voorbeeld opgenomen waarin de grondwaterstand in de venrand van het Oortven (toestroomkant grondwater) en de oppervlaktewaterstand van het ven zijn weergegeven. Uit figuur 40 wordt duidelijk dat toestroom van grondwater alleen plaats kan vinden in natte jaren. In droge jaren, zoals in de periode 1995-1997 treedt geen toestroom van lokaal grondwater uit de zuid/zuidoostelijk gelegen infiltratiegebieden op. Juist in deze periode is Waterlobelia in het Oortven, die was teruggekeerd na herstelmaatregelen begin jaren '90, weer verdwenen. Verzuring als gevolg van onvoldoende toestroom van licht gebufferd grondwater uit de aangrenzende dekzandruggen is hiervan de oorzaak.



Figuur 40 Gemeten grondwaterstand aan de kwelkant van het Oortven (rode lijn) in relatie tot het oppervlaktewaterpeil van het ven (groene lijn).

Naast overeenkomsten in het belang van het voldoende functioneren van lokale grondwatersystemen is er ook een belangrijk verschil tussen Stroothuizen en Punthuizen. In Stroothuizen treedt in het voorjaar ook kwel van dieper basenrijk grondwater op aan de westzijde van het gebied in de centrale slenk (Jansen en Aggenbach, 1994). Stroombaanberekeningen uitgevoerd met het grondwatermodel bevestigen dit. De centrale slenk wordt gevoed met water dat dieper uit het freatisch pakket, onder de Boxtelklei, afkomstig is (Bor, 2017; Aggenbach en Cirkel, 2017a).

De kwelintensiteit wordt in Stroothuizen bepaald door het verschil tussen stijghoogte en freatische (grond)waterstand. In de centrale laagte is er vrijwel het gehele jaar sprake van een stijghoogteverschil tussen de diepe en ondiepe filters in het freatisch pakket. Dit stijghoogteverschil is in het winterhalfjaar wel fors hoger dan in de zomer, wanneer het stijghoogteverschil afwezig is of slechts enkele centimeters bedraagt. Als voorbeeld zijn de gemeten reeksen van peilbuis B29A0191 opgenomen, zie figuur 41.

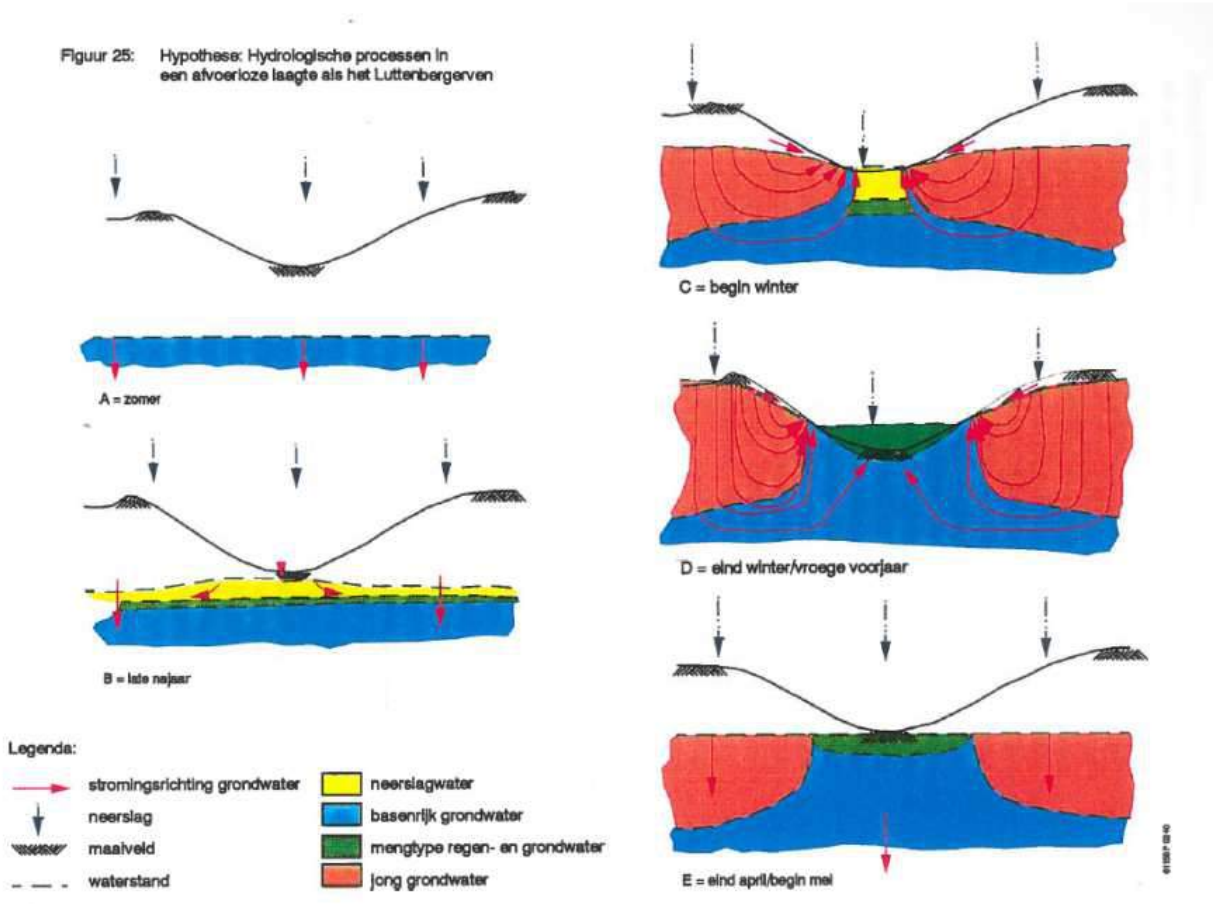


Figuur 41 Gemeten grondwaterstanden in een drietal filters van peilbuis B29A0191 in de centrale slenk in Stroothuizen

De diepere kwel in Stroothuizen wordt beïnvloedt door ontwateringsmiddelen in een ruimere omgeving, omdat het watervoerend pakket ter hoogte van Stroothuizen dikker is dan bij Punthuizen. Uit het onderzoek van KWR (Aggenbach en Cirkel, 2017a) blijkt dat de kwelflux in Stroothuizen duidelijk minder groot zijn dan in Punthuizen en dat de basenverzadiging duidelijk lager is. Naast kwelintensiteit speelt ook de ophoping van organische stof hierin een rol. Omdat de bodem doorgaans uit leem- en lutumarm zand bestaat is de kationadsorptiecapaciteit namelijk sterk afhankelijk van de hoeveelheid organische stof. In geval van opbouw van organische stof is aanvoer van basen nodig om de basenverzadiging van op voldoende hoog niveau te brengen (Aggenbach en Cirkel, 2017a).
Stroothuizen kent verder een aantal lokale maaiveld verhogingen die als drempels fungeren. Die sturen dus mede het inundatieniveau. Het afvoerpunt van het gebied bevindt zich aan de noordkant van de centrale slenk ter hoogte van de Stroothuizerweg.

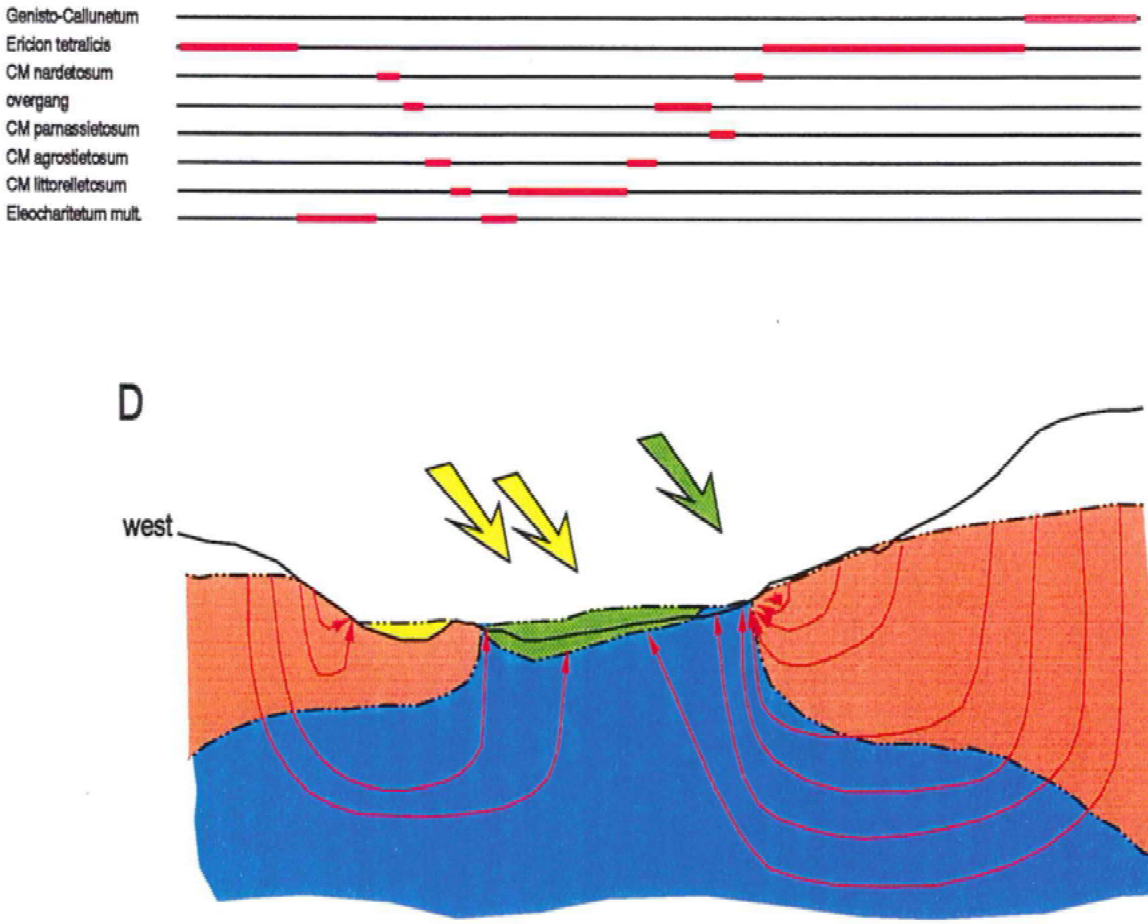
Toevoer basenrijke grondwater in relatie met hydrologische processen
De hydrologische processen zoals hiervoor beschreven zorgen niet alleen voor gradiënten van droog naar nat maar ook voor patronen in waterkwaliteit die gedurende het groeiseizoen optreden. In de zomer is Punthuizen een infiltratiegebied. Het basenrijke water bevindt zich dan diep onder maaiveld. In het late najaar vormt zich, als gevolg van het neerslagoverschot, een regenwaterlens bovenop het basenrijke grondwater. In het begin van de winter ontstaat er een bel van zuur regenwater in de dekzandruggen. Dit water komt aan het eind van de winterperiode aan de flanken van de

dekzandruggen kortstondig aan maaiveld. Op de flanken van de laagte, in de delen die niet inunderen, treedt in de winter over korte periode met hoge intensiteit basenrijk water uit. In de laagte bevindt zich dan een mix van regenwater en grondwater. De processen zoals deze optreden in Punthuizen zijn weergegeven in figuur 42.



Figuur 42 Hydrologische processen in een afvoerloze laagte (Jansen, 1996)

De afwisseling in nat en droog en basenarm en basenrijk zorgt voor een grote variatie in vegetatietypen die op de gradiënt voorkomen. Op de hoge, droge delen met een onverzadigde zone bevinden zich droge heidevegetaties. Op de flanken, die worden beïnvloed door zuur regenwater en jong, basenarm grondwater bevinden zich natte heidevegetaties en de zure variant van het blauwgrasland (subassociatie van Borstelgras). Op de rand van de laagte die niet inundeert en de kwelflux in de winter het sterkst is, bevindt zich de subassociatie met Parnassia. In de laagte die in de winter inundeert bevindt zich op de delen met een lage inundatiefrequentie en voeding van basenrijk grondwater de typische subassociatie van het Blauwgrasland. De laagste delen in de laagte, die de hoogste inundatiefrequentie kennen, worden ingenomen door zwakgebufferde venvegetaties (associatie van Veelstengelige waterbies). De gradiënten in vegetatietypen zijn op een aantal locaties in dwarsdoorsnedes uitgewerkt door Jansen (1996). Een voorbeeld voor de centrale laagte is weergegeven in figuur 43.



Figuur 43 Zonering vegetatietypen in de centrale laagte in Punthuizen op de gradiënt (Jansen 1996)

Samengevat wordt de mate waarin invloed van basenrijk grondwater kan plaatsvinden wordt gestuurd door een drietal factoren:

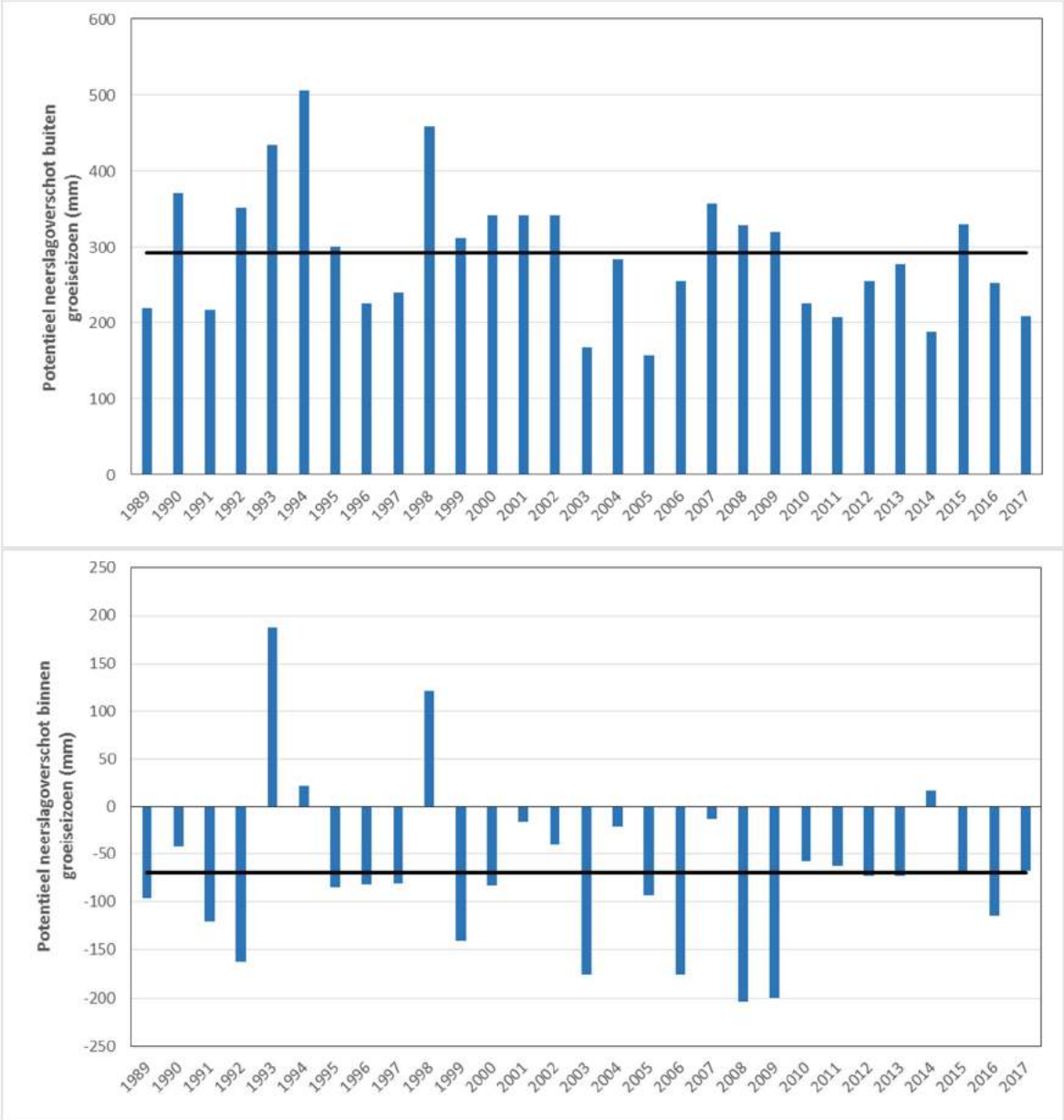
1. De regionale drainagebasis (c.q. de zomergrondwaterstanden)
2. De mate van opbolling van het freatisch grondwater in winter en voorjaar
3. De inundatieduur en het inundatieniveau van de laagte

De bovenstaande factoren beïnvloeden elkaar. In de conclusies van de OBN monitoring die tussen 1989 en 2004 is uitgevoerd schrijven Aggenbach en Jansen (2004) hierover:

"Wanneer de regionale drainagebasis (zomergrondwaterstanden) te laag is neemt in het winterseizoen de toevoer van basenrijk grondwater af en verzuren basenrijke standplaatsen op den duur. De opbolling in de dekzandruggen stuurt de lokale grondwaterstroming en bepaalt de aanvoer van grondwater vanuit de ruggen naar de laagtes in de winterperiode. In de laagtes die inunderen mengt basenrijk grondwater zich met regenwater waardoor hier zwak gebufferde omstandigheden optreden. De grootste invloed van basenrijk water treedt op aan de randen van deze geïnundeerde laagtes. Daarmee is zowel de inundatieduur als het niveau van invloed op de vegetatiegradiënt. Of en zo ja hoe lang inundatie optreedt, wordt sterk beïnvloed door de weeromstandigheden. In normale jaren inunderen de laagtes in de winterperiode. In droge jaren inunderen de laagtes niet."

Om meer grip te krijgen op het belang van de verschillende factoren zoals die hierboven worden genoemd (de stuurknoppen van het systeem) zijn de resultaten uit het onderzoek van Aggenbach en Cirkel (2017a) nader beschouwd. In figuur 44 is voor de periode 1989-2017 per jaar het potentieel neerslagoverschot binnen en buiten het groeiseizoen (april t/m september) en het gemiddelde over de gehele periode opgenomen. Binnen de beschouwde periode is er sprake van afwisseling in droge en natte jaren. De jaren 1993, 1994 en 1998 zijn bijvoorbeeld veel natter dan gemiddeld, terwijl 2003 en

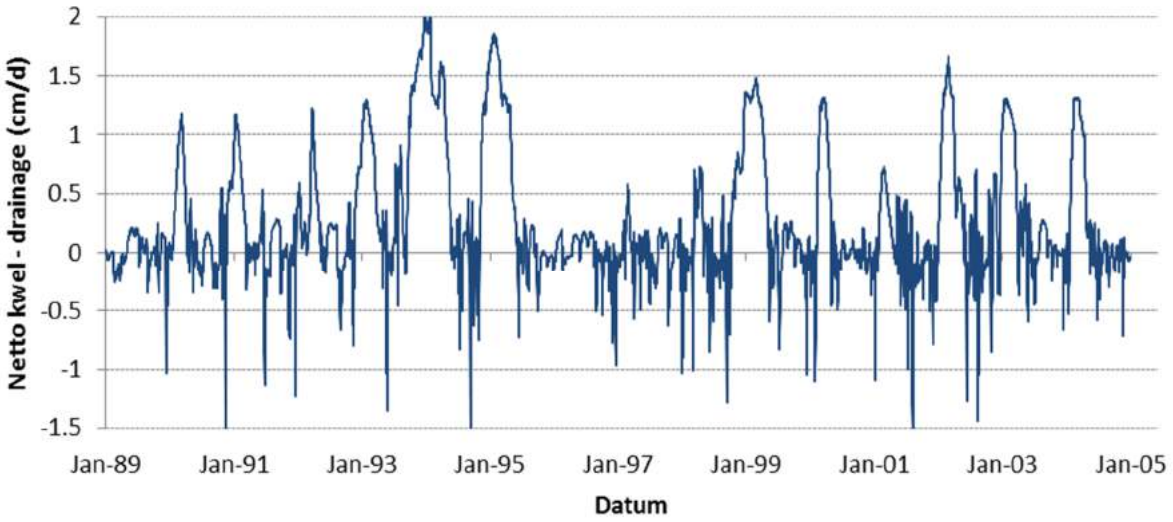
2006 relatief droge jaren zijn. Voor het systeemfunctioneren zijn echter niet alleen de jaren als geheel van belang maar is ook het optreden van droge winters en/of droge zomerperioden van belang. De jaren 1996, 1997, 2003 maar ook 2010, 2011 en 2014 kennen relatief droge winters. Verder valt op dat de winterperioden in na 2000 veel droger zijn dan in de periode daarvoor. Ook de zomerperioden laten duidelijke verschillen zien. Droge zomers zijn bijvoorbeeld de zomers van 1989, 1991, 1992, 1999, 2003, 2006, 2008, 2009 en 2016. Natte zomers waarin zelfs sprake is van een neerslagoverschot zijn die van 1993, 1994, 1998 en 2014.



Figuur 44 Potentieel neerslagoverschot buiten het groeiseizoen (oktober t/m maart, boven) en binnen het groeizoen (april t/m september, onder). Waarbij de grafiek boven begint in oktober 1989 en de grafiek onder begint in april 1989. Neerslaggegevens op basis van neerslagstation Denekamp. Verdampingsgegevens op basis van weerstation vliegveld Twente. De zwarte lijn geeft het gemiddelde over de periode 1989-2017.

In figuur 45 zijn de berekende kwelfluxen in de wortelzone in Punthuizen weergegeven (Aggenbach en Cirkel, 2017a) voor de periode 1989-2005. De lengte van de periode waarover kwelfluxen berekend zijn is korter loopt tot aan de periode waarover grondwaterstandsreeksen beschikbaar waren en is stopt daar begin 2005. Het patroon in droge en natte jaren komt duidelijk terug in de periode en de intensiteit waarmee kwel optreedt. In 1993, 1994, 1995 en 1999 treden langdurig hoge kwelfluxen op vanwege de grote neerslaghoeveelheden in de winters voorafgaand aan het groeiseizoen van die jaren. Ter illustratie een voorbeeld uit het jaar 1998/1999. In figuur 43 is te zien dat er in 1998 een aanzienlijk

neerslagoverschot is. Dit neerslagoverschot treedt op in de periode oktober 1998 – maart 1990 en komt daarom niet tot uiting in de hoeveelheid kwel in 1998, maar resulteert in hoge kwelfluxen in het voorjaar van 1999. In 1989, 1996, 1997 en 1998 treedt niet of nauwelijks kwel op, omdat het neerslagoverschot in die jaren aanzienlijk kleiner is. In de overige jaren treden kortstondig hoge kwelfluxen op in de winterperiode. Wanneer het neerslagoverschot in de winterperiode voorafgaand aan een groeiseizoen lager is dan 250 mm komt er niet of nauwelijks kwel aan maaiveld voor in het gebied.



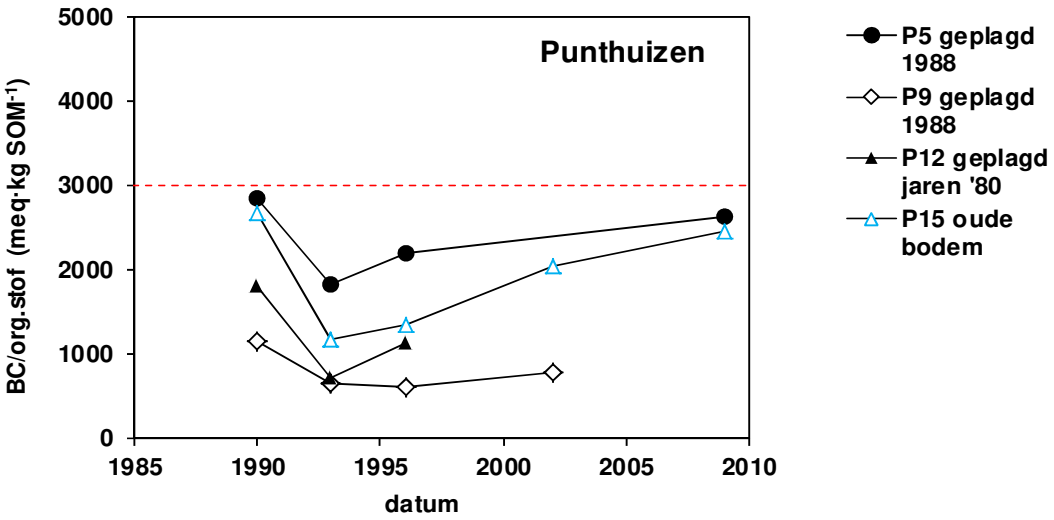
Figuur 45 Berekende fluxen met SWAP op de rand van de centrale laagte in Punthuizen (Aggenbach en Cirkel, 2017a)

Wanneer er voorafgaand aan de winterperiode ook sprake is van een droge zomer met een groot neerslagtekort treedt alleen kwel op indien het neerslagoverschot buiten het groeiseizoen hoger is dan gemiddeld (ca 300 mm). In jaren waarin dit niet het geval is, zoals in de periode 1989-1992 treedt slechts over korte perioden kwel in lage fluxen op. Dit laat zien dat naast het neerslagoverschot in het winterhalfjaar ook de uitgangspositie voorafgaand aan die winter van belang is. In droge jaren bevindt het grondwater zich dieper onder maaiveld, als gevolg van een groter neerslagtekort in het groeiseizoen. Dat betekent dat er meer neerslag nodig is om het grondwater aan maaiveld te krijgen. Na een droge zomer treedt alleen langdurige kwel op indien er sprake is van een hoger dan gemiddeld neerslagoverschot in de winter. Het groeiseizoen van 1999, na een extreem nat najaar in 1998 dat vooraf werd gegaan door een drietal relatief droge jaren, is hier een goed voorbeeld van.

Het systeem is dus in de huidige situatie sterk weerafhankelijk en de sturende factoren kunnen niet los van elkaar worden gezien. De mate waarin opbolling van de grondwaterspiegel in het winterhalfjaar optreedt wordt sterk gestuurd door het neerslagoverschot in de winter maar tegelijkertijd bepaald door de diepte waarop het grondwater zich in het najaar bevindt. Wanneer de zomer voorafgaand aan de winter droog is een groter neerslagoverschot nodig om het systeem op druk te krijgen en dus kwel aan maaiveld te krijgen.
In de huidige situatie functioneert het systeem in natte jaren zo dat er over langere periode kwelfluxen met een hoge intensiteit optreden. In jaren met gemiddelde weersomstandigheden treedt kwel over korte periodes op. In droge jaren treedt er geen kwel of slechts over korter perioden kwel op.

De mate waarin kwel optreedt beïnvloed de basenverzading in de wortelzone. In Punthuizen is op een viertal momenten de basenverzadiging gemeten. Deze zijn weergegeven in figuur 46. De figuur laat zien dat de basenverzadiging over het algemeen hoog is. Opvallend is de dip begin jaren ’90. Deze valt samen met een periode waarin minder langdurig kwel optrad begin jaren ’90. De kwelfluxen in deze perioden waren dus onvoldoende om de basenverzadiging op peil te houden. Het systeem verzuurde. Helaas is er rondom de droge periode tussen 1994 en 1998 niet gemeten na de opeenvolging van drie droge jaren.

De meting in 2010 laat zien dat de basenverzadiging na natte jaren kan toenemen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het natte jaar 2007 en de nattere winters van 2008 en 2009. Kwelfluxen zijn dan dusdanig hoog dat er voldoende kwel is om het adsorptiecomplex weer geheel op te laden.

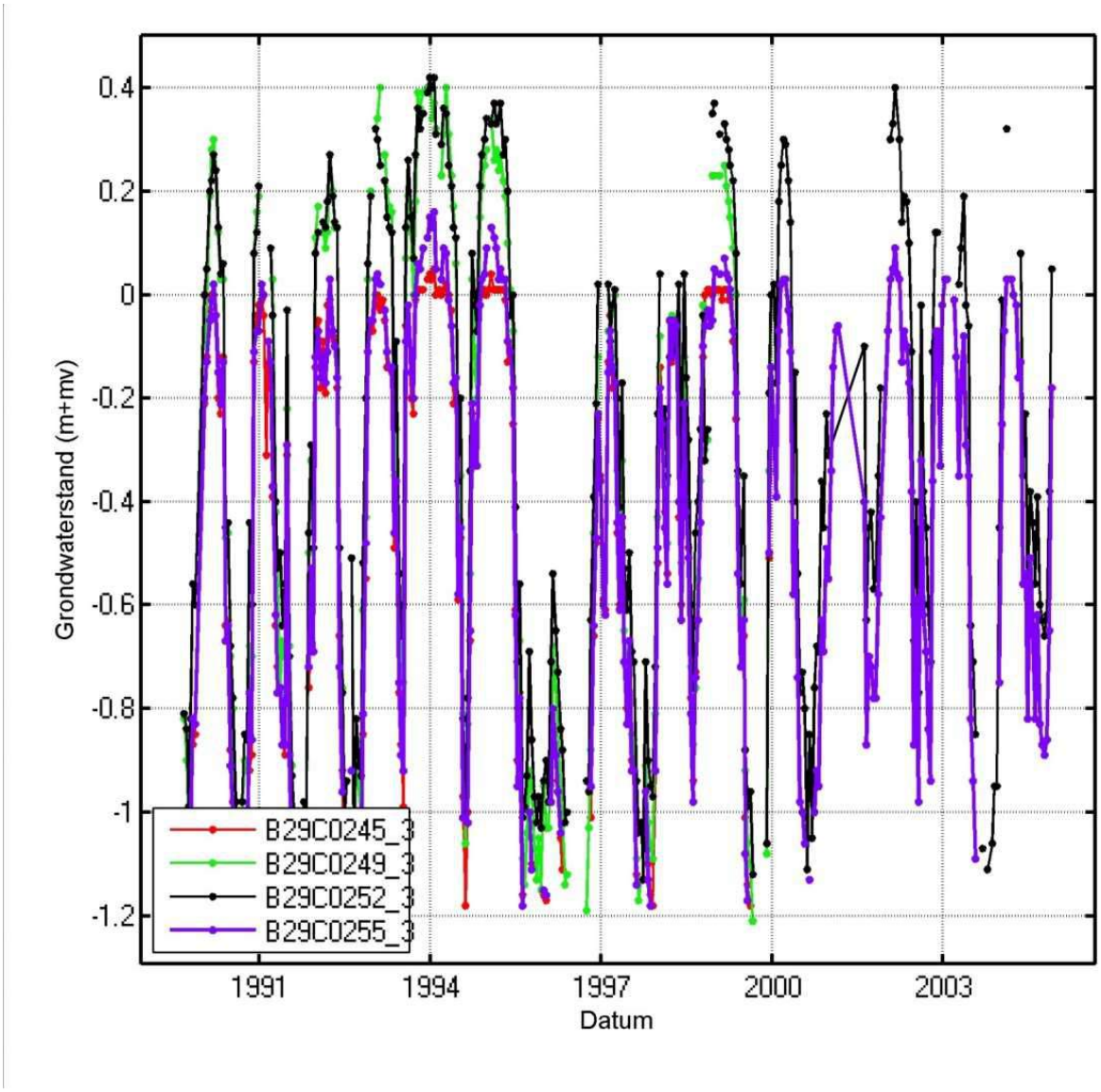


Figuur 46 Ontwikkeling van basenverzadiging in Punthuizen (Aggenbach en Cirkel, 2017a)

In figuur 47 zijn ter illustratie voor een viertal peilbuizen de meetreeksen t.o.v. maaiveld weergegeven voor de periode 1989-2004. De locaties komen overeen met de locaties waar de basenverzadiging is gemeten in het onderzoek van Aggenbach en Cirkel (2017a). De peilbuizen zijn kenmerkend voor de variatie in vegetatietypen binnen de laagte in Punthuizen. De peilbuizen bevinden zich in een gradiënt van laag naar hoog (relatief gezien binnen de laagte zelf):

- Peilbuis B29C0249: Zwakgebufferde venvegetatie, kenmerkend voor associatie van Veelstengelige waterbies
- Peilbuis B29C0252: Overgang zwakgebufferde venvegetatie naar blauwgrasland (typische subassociatie)
- Peilbuis B29C0255: Blauwgrasland (Parnassiarijke vorm)
- Peilbuis B29C0245: Combinatie Veldrusassociatie en typische subassociatie

Grondwaterstanden
De meetreeksen laten hetzelfde patroon zien als de berekende kwelfluxen in figuur 45. In het groeizoen van 1996,1997 en 1998 bijvoorbeeld treedt niet of nauwelijks inundatie van laagte op. In deze jaren vindt geen kwel naar maaiveld plaats. In de natte jaren inundeert de laagte langdurig. In 1999 bijvoorbeeld inundeert de laagte langdurig na een zeer nat najaar en een natte winter in 1998/1999. In de laagste delen staat het maaiveld dan 20-40 cm onder water. In de laagste delen waar de inundatieduur en diepte het hoogste zijn bevinden zich de zwakgebufferde vegetaties. Als de inundatieduur lager is, en het maaiveld hoger is, komt de typische subassociatie voor. De Parnassiarijke vorm van blauwgrasland komt voor op de flanken van de laagte die niet of nauwelijks inunderen. Wanneer de grondwaterstanden zich dieper onder maaiveld bevinden komen rompgemeenschappen van Blauwgrasland voor.
In de reeksen is zichtbaar dat na een droge zomerperiode, zoals in 1996,1997 en 2003 in de daarop volgende winterperiode minder hoge standen optreden en minder langdurig kwel naar maaiveld optreedt. Uitzondering hierop vormen de droge zomers die worden gevolg door een winter met een hoger dan gemiddeld neerslagoverschot zoals de winter van 1998/1999.

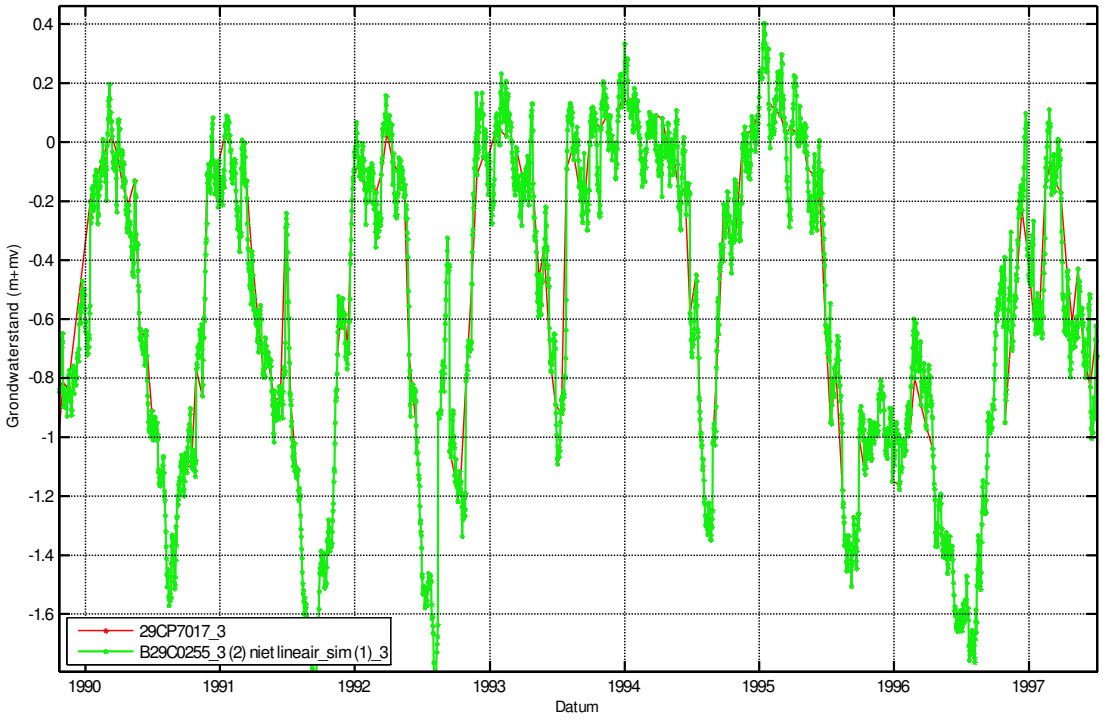


Figuur 47 Meetreeksen grondwaterstanden (diepste filters) voor enkele kenmerkende punten op de gradiënt in de centrale laagte in Punthuizen. De locaties komen overeen met de locaties waar de basenverzadiging is gemeten in het onderzoek van Aggenbach en Cirkel (2017a)

Uit de trendanalyse die op basis van vegetatiekarteringen en soort verspreiding van indicatorsoorten is uitgevoerd (zie paragraaf 2.2) blijkt dat kwaliteit van de habitattypen in zowel Punthuizen als Stroothuizen onder druk staat. Met name de zwak gebufferde venvegetaties en de blauwgraslanden vertonen een negatieve trend. Die trend is zichtbaar over meerdere decennia maar ook tussen de karteringen uitgevoerd 2001 en 2010 is een negatieve trend zichtbaar. De kwaliteit van habitattypen neemt dus ook in de huidige situatie nog af. In de hydrologische situatie is in die periode niks veranderd. Daarom is middels tijdreeksanalyse bepaald in hoeverre verschillen weersomstandigheden van invloed zijn op de grondwaterstanden en inundatieduur. Omdat er na 2003 nauwelijks metingen beschikbaar zijn, zijn middels tijdreeksanalyse op basis van neerslag en verdamping de reeksen verlengd t/m 2016.

De tijdreeksanalyse is uitgevoerd met behulp van het programma Menyanthes. Neerslag en verdamping zijn als verklarende factoren ingevoerd. Omdat de laagtes in Stroothuizen en Punthuizen in de winter inunderen en de waterstanden hier worden afgetopt vertonen de grondwaterstandsreeksen hier niet lineair gedrag. Daarom zijn voor deze locaties zowel lineaire als niet lineaire tijdreeksmodellen opgesteld. Voor de laagtes met inundatie vertonen de niet lineaire tijdreeksmodellen de beste resultaten. Deze zijn daarom gebruikt voor verdere analyse. Als voorbeeld zijn de gemeten en gesimuleerde reeks opgenomen van peilbuis B29C0256. De statistieken van de tijdreeksmodellen en de op basis van de tijdreeksanalyse berekende verschillen zijn opgenomen in bijlage 4b. De gxg's die op

basis van de gesimuleerde tijdreeksen zijn berekend voor de verschillende perioden en de berekende verschillen tussen de perioden zijn terug te vinden in bijlage 4c. In kaartenbijlage staan kaarten opgenomen waarop de verschillen voor Punthuizen en Stroothuizen ruimtelijk staan weergegeven.

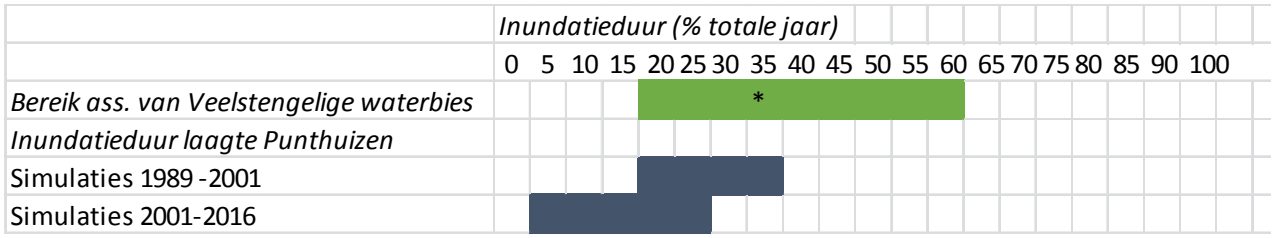


Figuur 48 Voorbeeld van een gemeten en gesimuleerde (niet lineair) reeks van peilbuizen B29C0256 aan de rand van de centrale laagte in Punthuizen

Wanneer de periode 1989-2001 wordt vergeleken met de periode 2001-2016 vallen een aantal zaken op:

- De verschillen in gxg's in Punthuizen tussen de beide perioden zijn groter dan in Stroothuizen, zowel in het voorjaar als in de zomer.
- Deze verschillen zijn te verklaren doordat Punthuizen een veel lokaler systeem is dan Stroothuizen en daardoor meer door weersomstandigheden wordt beïnvloed.
- In Punthuizen lopen de verschillen op tot 15-20 centimeter in zowel winter, voorjaar als zomer.
- In Stroothuizen varieert de invloed van de weeromstandigheden binnen het gebied. De gebiedsdelen die onder invloed staan van lokale grondwatersystemen (westzijde en zuidzijde) tonen verschillen in grondwaterstanden in winter en voorjaar die overeenkomstig zijn met de verschillen in Punthuizen. Aan de west- en zuidzijde zijn ghg's ook aanzienlijk lager in de periode 2010-2016 dan in de periode 1989-2001 en qua orde grootte zijn de verschillen vergelijkbaar met die in Punthuizen. Dat betekent dat in Stroothuizen de lokale systemen die worden gevoed vanuit de dekzandruggen ook gevoelig zijn voor weeromstandigheden. Deze liggen vooral aan de west en zuidzijde. Het Oortven en Ronde ven worden bijvoorbeeld voornamelijk gevoed uit lokale systemen (Jansen en Aggenbach, 1991). In de centrale slenk die door dieper grondwater gevoed worden zijn nauwelijks weersinvloeden waarneembaar. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de centrale laagte wordt gevoed vanuit een groter grondwatersysteem met een groter intrekgebied.
- Binnen Punthuizen zijn in de winter (ghg) en voorjaar (gvg) de verschillen op de flanken van de laagte en op de dekzandruggen groter dan in de laagte zelf, omdat de opbolling in de dekzandruggen en het optreden van basenarme kwel sterk afhankelijk is van het neerslagoverschot.
- In de zomer zijn in Punthuizen de grondwaterstanden in 2001-2016 7-21 cm lager dan in de jaren '90.

- In de laagte in Punthuizen is de inundatieduur duidelijk afgenomen. In de jaren '90 inundeerde de laagte 20-40% van het jaar. Tussen 2001 en 2016 5-25% van het jaar. Verschillen in inundatieduur binnen de laagte worden veroorzaakt door verschillen in maaiveldhoogtes. De laagste gelegen delen inunderen vanzelfsprekend langer dan de hogere delen. In figuur 49 is ter illustratie het bereik in inundatieduur in de centrale laagte in Punthuizen opgenomen voor de periode 1989-2001 en de periode 2001-2016. De inundatieduur voor de gesimuleerde reeksen zijn per beschouwde opgenomen in bijlage 4c.
- Binnen Punthuizen treden ruimtelijk gezien ook verschillen op. Met name de delen van de laagte waar zich rompgemeenschappen van het blauwgrasland bevinden maar ook de flanken van de laagte en de dekzandruggen laten de grootste verschillen zien tussen de beide perioden. Dit zijn veelal ook de locaties waar uit de trendanalyse bleek dat enkele kritische soorten verdwenen zijn of in bedekking achteruit zijn gegaan (zie paragraaf 2.3). Maar ook binnen de goed ontwikkelde delen laten de bedekkingen van indicatorsoorten tekenen zien van verdroging en verzuring (paragraaf 2.3).



Figuur 49 Inundatieduur centrale laagte in Punthuizen afgeleid uit simulaties voor de periode 1989-2001 en de periode 2001-2016 vergeleken met de vereiste randvoorwaarden voor de associatie van Veelstengelige waterbies (NOV rapport 3.1 De gewenste vereisten van terrestische natuurdoeltypen; Aggenbach et al., 1998)

Op basis van de uitgevoerde tijdreeksanalyse blijkt dat er als gevolg van weersinvloeden in de periode 2001-2016 sprake is van lagere grondwaterstanden dan in de periode 1989-2001. De grootste verschillen zijn zichtbaar in de lokale systemen in Punthuizen en aan de west- en zuidzijde van Stroothuizen. De waargenomen veranderingen komen overeen met het beeld (locaties en patronen) uit de trendanalyse die voor vegetatietypen en indicatorsoorten is uitgevoerd (paragraaf 2.2). Er treedt verdroging en verzuring op waardoor de habitattypen in kwaliteit achteruit zijn gegaan. Deze achteruitgang is vooral zichtbaar in de vegetatietypen die kritisch zijn qua grondwaterdynamiek en qua basenverzadiging. Dat zijn de zwakgebufferde venvegetaties en de blauwgraslanden.

De verschillen in weeromstandigheden verklaren niet de waargenomen achteruitgang binnen de centrale slenk in Stroothuizen. De verschillen in grondwaterstanden tussen de beide periodes zijn in de centrale slenk niet groot (enkele centimeters), terwijl wel duidelijk veranderingen in de vegetatie optreden. De afgenomen oppervlakte van zwakgebufferde venvegetaties kan hier wel verklaard worden vanuit een minder lange inundatieduur, maar de waargenomen verzuring is het gevolg van een te lage basenverzadiging veroorzaakt door te weinig kwel en ophoping van organische stof (Aggenbach en Cirkel, 2017a). Daarnaast speelt de kwaliteit van het toestromend grondwater (vermesting) hier een rol (Aggenbach en Cirkel, 2017b).

2.5 Ecologische randvoorwaarden

Voor het bepalen van de ecologische randvoorwaarden is gebruikt gemaakt van de profielendocumenten die voor de verschillende habitattypen zijn opgesteld inclusief de bij deze profielendocumenten behorende leeswijzer en de applicatie ecologische vereisten habitattypen (KWR, 2009).

Gemiddelde voorjaargrondwaterstand

De randvoorwaarden voor gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand is op vegetatietypeniveau bepaald. Daarbij zijn de gebruikte waarden uit Waternood gekozen. Deze komen overeen met de ranges uit de ecologische vereisten.

Zomergrondwaterstanden

Het profielendocument voor het habitattype Blauwgrasland geeft aan dat op minerale bodems de variatie in laagste grondwaterstanden groter is, dan op veen gronden en afhankelijk van het type grondwatersysteem. Op pagina 3 en 4 van het profielendocument staat ten aanzien van de laagste grondwaterstanden het volgende:

"Sommige blauwgraslanden op zand blijken te verzuren als de laagste grondwaterstanden dieper dan ca. 0,7 m onder maaiveld zakken, doordat dan geen capillaire nalevering van basenrijk water meer optreedt. Ook in blauwgrasland dat gevoed wordt door kwel uit regionale kwelsystemen zakt de grondwaterstand meestal niet veel dieper weg. In sommige blauwgraslanden waar periodiek basenrijk water uit lokale systemen tot in maaiveld opkwelt, komt blauwgrasland ook voor bij dieper (tot ca. 1 m onder maaiveld) wegzakkende grondwaterstanden. Om grenswaarden voor duurzaam voorkomen te kunnen bepalen is inzicht in de lokale situatie noodzakelijk."

De centrale slenk in Stroothuizen wordt gevoed door water uit een bovenlokaal systeem. Het grondwater dat opkwelt in de laagte is dus niet afkomstig van de aangrenzende dekzandruggen in het natuurgebied, maar is komt uit een groter intrekgebied aan de zuid-/zuidoostzijde van het natuurgebied. De grondwaterstanden zakken hier in de huidige situatie dan ook niet diep onder maaiveld weg. Als randvoorwaarde voor de Blauwgraslanden in Stroothuizen is daarom een glg van 70 centimeter onder maaiveld aangehouden overeenkomstig met het profielendocument voor situatie met kwel uit regionale systemen.

In Punthuizen treedt kwel in de winter kwel op uit een lokaal systeem. In de zomer is Punthuizen een infiltratiegebied. Hier vindt geen voeding met diep grondwater plaat gedurende het zomerhalfjaar, daarom zal de grondwaterstand ook in een niet verstoorde situatie hier dieper wegzakken dan in Stroothuizen. Voor Punthuizen is gekozen voor een gebiedsspecifieke randvoorwaarde, die rekening houdt met het systeemfuctioneren, voor de gemiddeld laagste grondwaterstand. De gekozen waarden komen voort uit de positie van de vegetatietypen op de gradiënt, de trendanalyse van vegetatie en de uitgevoerde tijdreeksanalyse op gemeten grondwaterstanden.

Uit de trendanalyse (paragraaf 2.2) is gebleken dat de blauwgraslanden en zwak gebufferde venvegetaties binnen Punthuizen een negatieve trend vertonen. In de delen van centrale laagte die ingenomen worden door rompgemeenschappen zijn de grondwaterstanden in voorjaar en zomer in de actuele situatie het laagst. In de delen met goed ontwikkelde gemeenschappen treden eveneens veranderingen op. Door verdroging nemen de zwakgebufferde venvegetaties in omvang en kwaliteit af en ook de blauwgraslanden vertonen tekenen van verdroging.

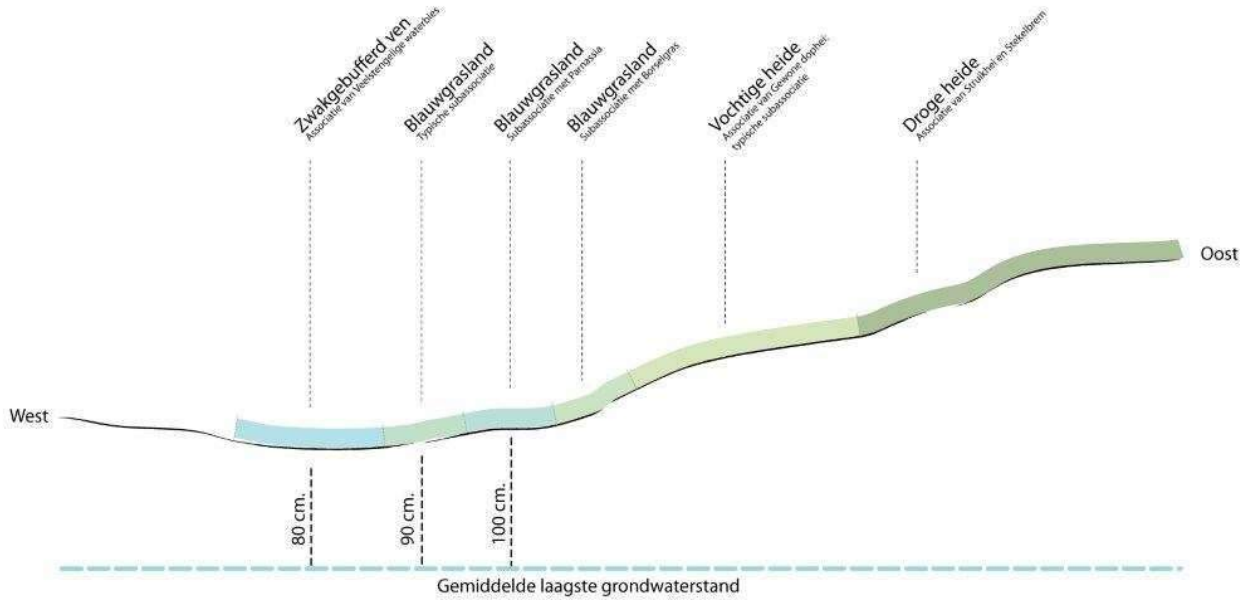
Die achteruitgang wordt door verschillende dingen veroorzaakt. Als gevolg van de uitgevoerde ruilverkaveling in de periode 1962-1968 zijn grote delen van het Denekamper veld ontgonnen. Als gevolg van die ontginning zijn de grondwaterstanden in de resterende natuurgebieden gedaald en is de hoeveelheid kwel binnen Punthuizen en Stroothuizen afgenomen. Daardoor is verdroging en verzuring opgetreden. Daarnaast spelen weersinvloeden een rol. De glg was in de afgelopen 15 jaar 5 tot 20 cm lager dan in de jaren '90. Tussen 2001 en 2016 was de glg op locaties met goed ontwikkeld blauwgrasland 110 tot 130 cm – maaiveld.

Dit geeft aan dat Punthuizen in de huidige situatie zeer gevoelig is voor grondwaterstandsdaling en dat de huidige grondwatersituatie onvoldoende is om achteruitgang van de kwaliteit van het Blauwgrasland te voorkomen. Het systeem is gevoelig voor droge winter en zomers. In droge jaren komt er onvoldoende kwel in maaiveld, waardoor de basenverzading onderuit zakt. Het gebied is daarom gebaat bij een minder grote dynamiek in grondwaterstanden. In jaren dat de glg op de rand van slenk (zie figuur 48) ondieper wegzakt dan 100 cm-maaiveld treedt in de winter daarna vrijwel altijd kwel van

basenrijk water op. Als de grondwaterstand in de zomer dieper wegzakt, treedt alleen kwel in de winter op wanneer het neerslagoverschot hoger dan gemiddeld is.

Het is de vraag bij welke gemiddeld laagste grondwaterstand in de zomer er in een droger dan gemiddelde winter nog kwel aan maaiveld optreedt. De eerdere analyse laat zien dat bij een neerslagoverschot in het winterhalfjaar van 200mm of minder (zie jaren 1996, 1997) er geen inundatie van de laagte en geen kwel optreedt. Daarbij is ook de diepte van de zomergrondwaterstanden in de zomer voorafgaand aan het winterhalfjaar van belang. Hoe dieper de zomergrondwaterstanden, hoe meer neerslag er nodig is om het grondwater aan maaiveld te krijgen.
In Punthuizen komt een porositeit van 0,2 voor (Bot, 2011). Dat betekent dat bij een gemiddeld laagste grondwaterstand van 100 cm min maaiveld, het water nog net aan maaiveld komt bij een neerslagoverschot in het winterhalfjaar van 200 mm. Daarmee is glg grens van 100 cm min maaiveld een logische ondergrens. Immers bij diepere zomergrondwaterstanden treedt in droge winterperioden geen kwel op, waardoor verzuring en verdroging kunnen optreden.

De verschillende vegetatietypen binnen het blauwgrasland komen op verschillende posities voor op de gradiënt. De subassociatie met Parnassia komt binnen de centrale laagte met Blauwgrasland op de hoogste delen voor. Hiervoor is een ondergrens van de glg van 100 centimeter, overeenkomstig met het profielendocument aangehouden en de wens om ook in winters met een laag neerslagoverschot de grondwaterstand tot in maaiveld te laten stijgen.
De typische subassociatie van het Blauwgrasland en de associatie van Veelstengelige waterbies liggen lager op de gradiënt. Omdat de grondwaterspiegel in de zomer nagenoeg vlak ligt bevindt de grondwaterstand zich hier ondieper onder maaiveld. De randvoorwaarden voor deze typen houden daarom rekening met de aanwezige gradiënt in maaiveldshoogte. Dit is schematisch weergegeven in figuur 48. Voor de locaties lager op de gradiënt waar de typische subassociaties voorkomt is een ondergrens voor de glg van 90 centimeter aangehouden. In de laagste delen waar Blauwgrasland in mozaïekvorm voorkomt met de Associatie van Veelstengelige waterbies is een ondergrens voor de glg van 80 centimeter aangehouden.
Voor de heischrale variant van het blauwgrasland (subassociatie met Borstelgras) is geen glg grens aangehouden, omdat deze zich hoger op de gradiënt bevindt en minder kritisch is wat betreft basenverzadiging.



Figuur 50 Hydrologische randvoorwaarden gemiddeld laagste grondwaterstand voor habitattypen/vegetatietypen op de hydrologische gradiënt in Punthuizen

Samengevat:

1) er is gekozen voor gebiedsspecifieke glg randvoorwaarde die gericht is op het functioneren van het lokale hydrologisch systeem in Punthuizen.

2) Voor het goed functioneren van dit systeem is opbolling in dekzandruggen, een voldoende hoge drainagebasis/zomergrondwaterstand en inundatie van de laagtes belangrijk voor optreden kwel/basen

3) de vegetaties die afhankelijk zijn van dit systeem staan op de flanken van hoog naar laag: subassociatie Parnassia, Typische subassociatie, Associatie van Veelstengelige waterbies). Maaiveldverschillen over deze gradiënt zijn 10-20 cm.

4) om het lokale hydrologische systeem te laten functioneren, moet bij een relatief laag neerslagoverschot van 200 mm de gws aan maaiveld voorkomen op de hogere delen van de gradiënt waar subassociatie Parnassia groeit. Bij een lager neerslagoverschot komt basenrijk grondwater niet of onvoldoende in maaiveld

5) Binnen de laagte komen verschillen voor in maaiveld. De basenrijke vegetaties aan de rand van de laagte vormen het meest kritisch punt in dit systeem, omdat deze het hoogste liggen op de flank. De glg heeft een vlakke vorm in de zomer. Als de glg voldoet aan de eis van 100 cm-mv op de flank, ligt de GLG lager in slenk automatisch ondieper aan maaiveld

6) op deze lagere delen van de slenk, waar de typische subassociatie voorkomt en nog lager de Veelstengelige waterbies, ligt de glg dan op circa 90 en 80 cm-mv. Deze waardes zijn ook aangehouden als gebiedspecifieke glg eis in voor deze vegetaties.

Inundatieduur

Naast voldoende hoge grondwaterstanden in voorjaar en zomer is de inundatieduur in de laagten in Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld een belangrijke sturende factor voor de in het gebied aanwezige gradiënten in vegetatietypen/habitattypen.

Inundatieduur is niet als ecologische randvoorwaarde onderscheiden in de database ecologische vereisten. In die applicatie staat alleen aangegeven dat de in het gebied voorkomende habitattypen slecht bestand zijn tegen inundatie met voedselrijk water

In het rapport “De gewenste grondwatersituatie voor terrestrische vegetatietypen van pleistoceen Nederland” (Aggenbach et al, 1998) staan, op basis van overschrijdingsduurlijnen uit (grond)waterstandsmetingen, voor een groot aantal vegetatietypen bandbreedtes voor inundatieduur uitgewerkt. Inundatieduur wordt hierin weergegeven als het percentage van het jaar waarin inundatie optreedt.
Veel vegetatietypen binnen het gebied kennen grote bandbreedtes en komen zowel in situaties voor waar wel en waar geen inundatie optreedt. Voor deze vegetatietypen lijkt het wel of niet optreden van inundatie daarmee geen onderscheidende factor. De associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies komt in Nederland bijvoorbeeld voor op locaties die niet of grote delen van het jaar inunderen. Het overgrote deel van de beschouwde locaties kent echter een geringe inundatieduur die gemiddeld ca 8% van het jaar beslaat.
Ook blauwgraslandvegetaties komen zowel voor op locaties die wel maar ook niet inunderen. De inundatieduur is over het algemeen laag. Specifiek voor Punthuizen is echter dat de subassocatie met Parnassia duidelijk buiten de inundatiezone van de laagte ligt in een smalle overgang naar heischraal grasland en natte heidevegetaties. De overige typen blauwgraslanden inunderen allemaal. Ook in Stroothuizen treedt in de centrale slenk met blauwgraslandvegetaties inundatie op.
De associatie van Veelstengelige waterbies vertoont wel een duidelijk relatie met de inundatieduur. Deze inundatieduur ligt voor dit vegetatietype gemiddeld op 35% van het jaar. De volledige bandbreedte ligt tussen 20 en 60% van het jaar (Aggenbach et al, 1998).
Omdat alleen de zwakgebufferde venvegetaties een voor hun voorkomen een duidelijke relatie met de inundatieduur vertonen is alleen voor locaties met dit vegetatietype de inundatieduur als randvoorwaarde meegenomen. Voor de andere typen is inundatieduur geen duidelijk onderscheidende factor.

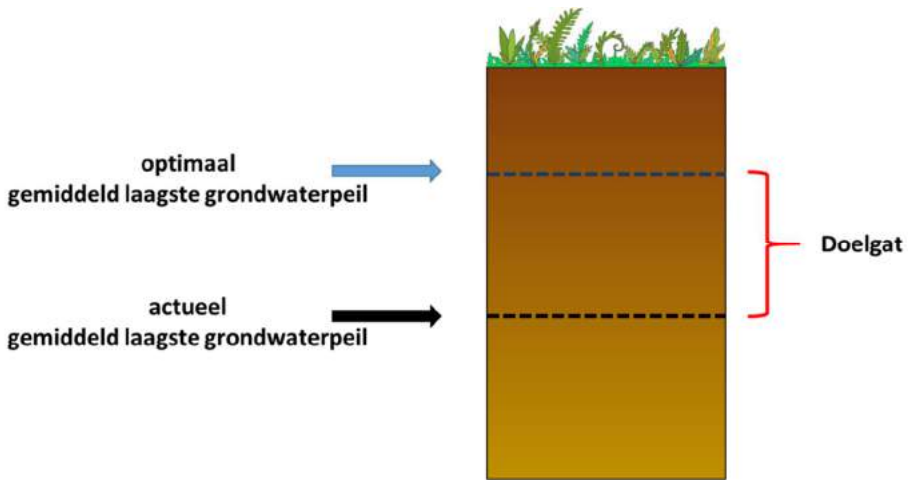
3 Synthese systeemfunctioneren en huidige situatie (doelgat) per deelgebied

Ondanks de geringe hoogteverschillen van enkele meters in dit dekzandlandschap is de uitwerking op de eco-hydrologische gradiënt groot. De directe afwisseling van dekzandruggen en slenkenstructuren accenturen deze kleinschalige hoogteverschillen. De slenken met drempels vormen in natte perioden de drainagebasis van de deelsystemen Punthuizen, Beuninger Achterveld en Stroothuizen. Het samenspel van het regionale grondwatersysteem en de lokale grondwatersystemen leidt per deelgebied tot een karakteristiek ensemble van vegetatietypen/habitattypen. De vegetatiegradiënten zijn geen toeval, maar hebben een verklaarbare relatie vanuit het reliëf en het samenspel tussen die watersystemen. De dynamiek in dit soort landschappen laat zich niet makkelijk duiden. Naast grondwaterstanden gaat het gelijktijdig over inundatieduur en basenverzadiging. Daarnaast blijkt dat weersinvloeden snel doorwerken. Al deze invloeden weerspiegelen zich in meer of minder dynamische vegetatiegradiënten. Het beoordelen van de kwaliteit van de vegetatietypen/habitattypen moet tegen deze dynamiek afgezet worden. Daarnaast is het zaak om verdroging, verzuring en vermesting te duiden. Het gaat daarbij om de verschillen tussen de huidige en de gewenste situatie. Het zogenaamde doelgat: voor grondwaterstanden, inundatieduur, en basenverzadiging. Verandering in soorten en vegetatietypen geven informatie over veranderingen in standplaatscondities. De verarming binnen vegetatietypen wordt daarom eveneens in deze paragraaf beschreven.

De mate waarin invloed van basenrijk grondwater kan plaatsvinden wordt gestuurd door een drietal factoren:

1. De regionale drainagebasis (c.q. de zomergrondwaterstanden)
2. De mate van opbolling van het freatisch grondwater in winter en voorjaar
3. De inundatieduur en het inundatieniveau van de laagte

Voor alle deelgebieden is beschreven in hoeverre de actuele grondwatersituatie voldoet aan de randvoorwaarden die vanuit de hiervoor beschreven bronnen worden gesteld. Dit wordt ook wel het doelgat genoemd: het verschil tussen de actuele en optimale grondwatersituatie. Veel vegetatietypen kennen bandbreedtes waarbij t.o.v. van de onderkant van de optimale bandbreedte wordt getoetst. In figuur 51 is een versimpelde schematische weergave gegeven van het doelgat.



Figuur 51 Versimpelde schematische weergave doelgat (Unie van Bosgroepen, 2016)

Op basis van de ecologisch vereisten is voor de grondwaterstanden op peilbuislocaties met habitattypen het doelgat bepaald. Hiervoor zijn de gxg's die berekend zijn voor de periode 2001-2016 als uitgangspunt

genomen omdat deze representatief zijn voor de actuele situatie en omdat de habitattypekaart is gebaseerd op de vegetatiekartering uit 2010.

3.1 Punthuizen

De hydrologische omstandigheden in Punthuizen worden sterk gestuurd door de weersomstandigheden. Dat maakt het gebied gevoelig voor zowel droge winters als voor langdurige periode van droogte in de zomer. In droge winters is basenrijk water niet in staat om de in maaiveld uit te treden. Wanneer de winter vooraf wordt gegaan door een droge zomer waarin de grondwaterstanden diep wegzakken is een groot neerslagoverschot in de daarop volgende winter nodig om het systeem voldoende “op druk te krijgen”.
De analyse van basenverzadiging (Aggenbach en Cirkel, 2017a) laat zien dat na een droge winter de basenverzadiging sterk terug kan lopen omdat basenrijke kwel in droge winters onvoldoende het maaiveld kan bereiken en omdat het gebied gevoelig is voor verzuring vanwege hoge pyrietgehalten in de bodem. In natte winters treden, zeker aan de bovenstroomse kant van de centrale laagte, hoge kwelfluxen op waardoor de basenverzadiging zich kan herstellen. De kwelfluxen aan de westzijde van de laagte zijn echter aanzienlijk lager. Dit heeft enerzijds een natuurlijk oorzaak. De beschouwde punten liggen niet in de aanvoerrichting van het grondwater. Dit is wel het geval voor de punten aan de oost en zuidzijde van de laagte. Tegelijkertijd staan deze punten sterker onder invloed van ontwatering in de omgeving. Er treedt niet of nauwelijks opbolling van de grondwaterstand op in de westelijke zandrug, als gevolg van ontwatering direct ten westen van deze dekzandrug. Daarnaast is er meer invloed van diepere ontwateringsmiddelen in de omgeving zoals de Puntbeek op deze locaties. Diep wegzakkende grondwaterstanden in de zomer zijn zowel van invloed op de vochtvoorziening als op verzuringscapaciteit van de bodem.

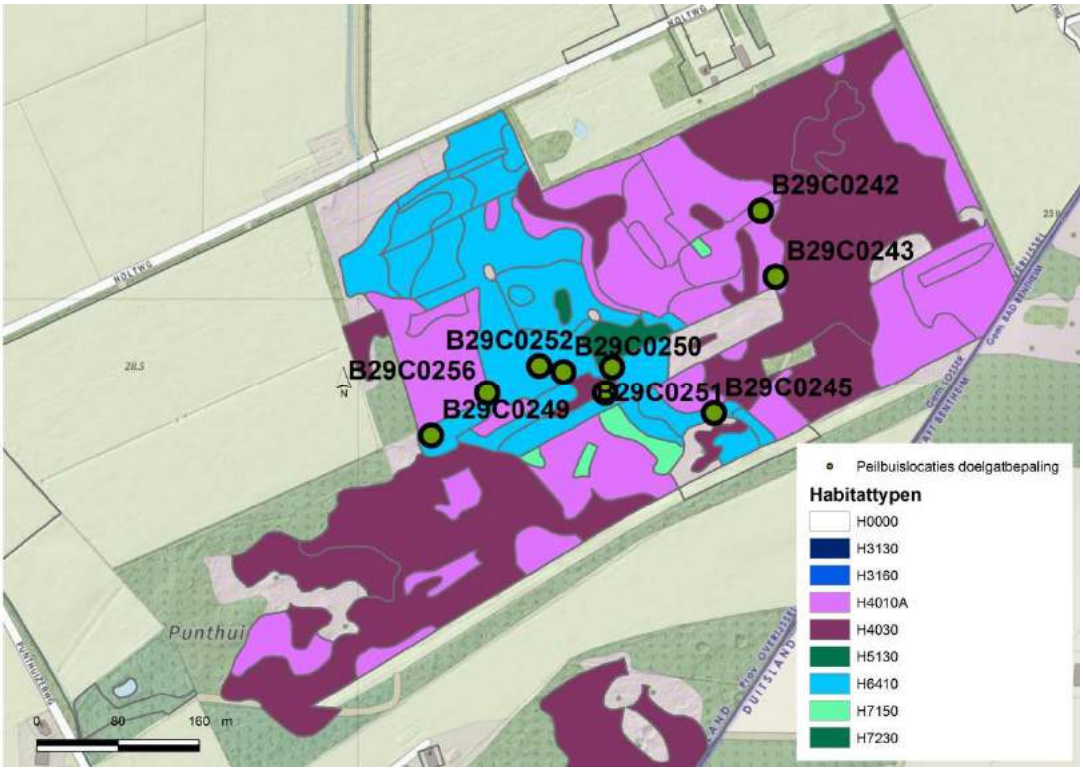
De analyse van grondwaterstanden (paragraaf 2.4) toont aan dat de grondwaterstanden in de periode 2002-2010, door weersinvloeden, aanzienlijk lager waren dan in de jaren ’90 en over een klimaatonafhankelijke periode van 40 jaar (1976-2016). De zomergrondwaterstanden in de periode tot aan 2010 liggen in de laagte van Punthuizen ca 20 cm lager. Ook de winter- en voorjaarsgrondwaterstanden liggen 5-15 centimeter lager dan in de jaren ’90 (zie bijlage 4 en Bor, 2017).

Het bovenstaande geldt niet alleen voor de grondwaterstanden. Ook de inundatieduur ligt in de periode 2002-2010 in de centrale laagte aanzienlijk lager dan in de jaren ’90 en over een klimaatsonafhankelijke periode van 40 jaar. Op veel locaties is de inundatieduur tussen 2002 en 2010 suboptimaal (28%)(of ligt deze zelfs ver onder de onderrand op ca 9% (zie paragraaf 2.4).

Deze verschillen in grondwaterstanden en inundatieduur verklaren de waargenomen veranderingen in de vegetatie. Door de drogere omstandigheden, als gevolg van enkele opeenvolgende drogere jaren, nemen de meest kritische vegetaties in omvang of bedekking af, of er zijn verschuiven naar een lagere positie op de gradiënt waargenomen. Waar de grondwaterstanden zich in de jaren ’90 aan de rand van of net onder het (sub)optimale) bereik bevonden, neemt het doelgat tussen in de huidige situatie (2002-2016) door langdurig droge periode in omvang toe. De inundatieduur van de laagte is zover afgenomen dat de zwakgebufferde venvegetaties in omvang en kwaliteit zijn afgenomen.

In de actuele situatie is sprake van zowel verdroging als verzuring. In de centrale laagte zijn op de locaties waar blauwgrasland voorkomt de grondwaterstanden in de zomer 20-25 cm te laag. Op de flanken maar ook op de allerlaagste delen waar zwakgebufferde venvegetaties voorkomen is het doelgat groter en loopt op tot 40-50 cm. Het feit dat dit doelgat groter is, hangt samen met de positie van de peilbuis in het systeem (hoogteligging en het vegetatype waarin de buis staat omdat deze de randvoorwaarde bepaald waaraan het vegetatietype moet voldoen. Peilbuis B29C0249 bevindt zich van alle peilbuizen het laagst op de gradient. Het doelgat is hier groot omdat hier zwak gebufferde venvegetaties voorkomen die een strenge glg eis kennen (80 cm). Peilbuis B29C0245 bevindt zich in een slenk die doorloopt tot in de centrale laagte van Punthuizen. Deze buis ligt dus hoger in het systeem.

Hier komt in de actuele situatie sterk verdroogd en verzuurd blauwgrasland voor dat in kwaliteit achteruit is gegaan (zie trendanalyse paragraaf 2.2.) In 2010 werd de vegetatie hier als Romgemeenschap van het Blauwgrasland (Veldrusassociatie) gekarteerd. Historisch gezien kwam hier de Parnassiarijke variant van het Blauwgrasland voor. Het grotere doelgat verklaart het verschil in kwaliteit tussen de blauwgraslanden in de centrale laagte en de hoger gelegen slenken. .
De grondwaterstanden in het voorjaar voldoen in delen van het gebied. Voor een deel van de beschouwde locaties is sprake van een doelgat van 5-20 centimeter. Deze bevinden zich met name op de locaties waar in de huidige situatie rompgemeenschappen van het blauwgrasland of zwakgebufferde venvegetaties voorkomen.
De locaties waar voor het deelgebied Punthuizen een doelgat is bepaald, zijn weergegeven in figuur 52. Het doelgat per peilbuislocaties is weergegeven in tabel 3.



Figuur 52 Peilbuislocaties op locaties met grondwaterafhankelijke habitattypen waarvoor een doelgat is bepaald.

			Huidig (m.-mv.)			Randvoorwaarde (m.-mv)			Doelgat (m.)	
Peilbuis	Deelgebied	Habitattype	GLG	GVG	GHG	GLG ond	GVG bov	GVG ond	GLG	GVG
B29C0258	Punthuizen	H6410	1,34	0,45	0,22		0,10	0,30		0,15
B29C0256	Punthuizen	H4010A	1,22	0,13	-0,14		0,08	0,35		-0,22
B29C0252	Punthuizen	H6410	1,10	0,03	-0,18	0,90	0,05	0,22	0,20	-0,19
B29C0251	Punthuizen	H6410	1,24	0,11	-0,12	1,00	0,02	0,15	0,24	-0,04
B29C0250	Punthuizen	H6410	1,25	0,13	-0,16	1,00	0,02	0,15	0,25	-0,02
B29C0249	Punthuizen	H6410	1,31	0,10	-0,11	0,80	-0,35	-0,10	0,51	0,20
B29C0245	Punthuizen	H6410	1,42	0,28	0,10	1,00	0,02	0,15	0,42	0,13
B29C0243	Punthuizen	H4010A	1,51	0,32	0,13		-0,02	0,25		0,07
B29C0242	Punthuizen	H4010A	1,60	0,39	0,18		0,08	0,35		0,04

Legenda

	Grondwaterstand te laag
	Grondwaterstand nagenoeg op ondergrens optimale bereik
	Grondwaterstand binnen randvoorwaarden
	Geen randvoorwaarden

Habitattypen

H6410	Blauwgraslanden
H4010A	Vochtige heiden

Tabel 3 Doelgat huidige situatie in Punthuizen (periode 2001 t/m 2016))

Voor zwakgebufferde venvegetaties is de inundatieduur in de centrale laagte van Punthuizen bepaald op basis van de gesimuleerde tijdreeksen met Menyanthes (zie hoofdstuk 2 en bijlage 4). In de periode 2001-2016 is de iundatieduur van de centrale laagte afgenomen ten opzichte van de periode 1989-2001. In de jaren '90 inundeerde de laagte afhankelijk van de maaiveldhoogte nog 20-35% van het jaar. Daarmee viel de inundatieduur binnen de bandbreedte van 20-60% en lag deze rond de gemiddelde optimale waarde van 35%. In de periode 2001-2016 is de inundatieduur afgenomen tot 5-25% van het jaar. Delen van de laagte bevinden zich daarmee buiten het optimale bereik en de allerlaagste delen bevinden zich nog net binnen de bandbreedte).

Samengevat: Omdat Punthuizen een lokaal grondwatersysteem is, is het zeer gevoelig voor veranderingen in weeromstandigheden. De grondwaterstanden in de jaren '90 waren voor de meest kritische habitattypen reeds te laag of bevonden zich aan de rand van het optimale bereik. Als gevolg van een langdurige periode van droogte neemt de kwaliteit en omvang van de meest kritische habitattypen af. Er zijn maatregelen nodig om duurzame instandhouding te garanderen. Daarbij is zowel een verhoging van de inundatieduur, de voorjaarsgrondwaterstanden als ook van de laagste grondwaterstanden noodzakelijk. Het is daarbij van belang om meer in het "midden" van de optimale bandbreedte te komen. Op deze manier wordt het systeem dusdanig robuust dat zowel in droge als in natte perioden de aanwezige vegetatietypen voldoende ruimte hebben om te kunnen pendelen op de gradiënt.

3.2 Stroothuizen

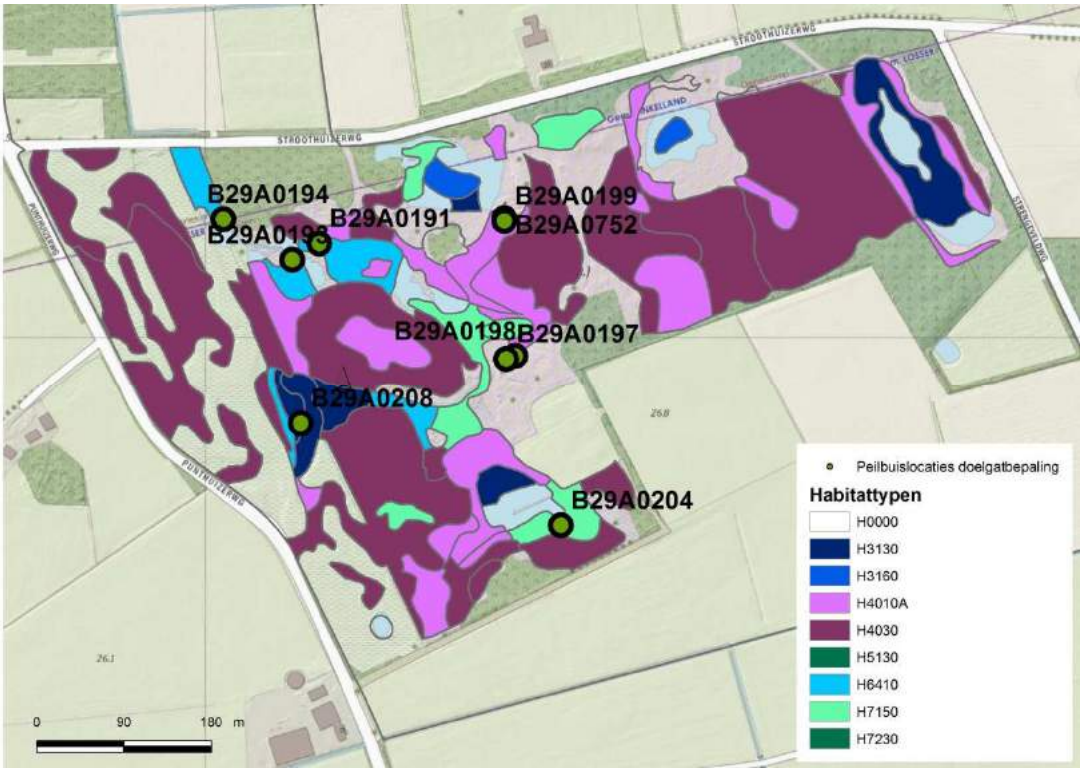
In de periode 1988-1995 (eerste helft van de jaren '90) zijn binnen Stroothuizen herstelmaatregelen uitgevoerd. De effecten van deze maatregelen zijn uitgebreid gemonitord en onder andere beschreven in Aggenbach en Jansen (2004). De herstelmaatregelen bestonden uit een meerjarenplan 1991-1995 EGM plaggen vennen en centrale slenk, de inrichting van perceel Groener[1], het dempen van een diepe sloot centraal in het reservaat, het verwijderen van drainage, het verwijderen van een dam die zorgde voor stagnatie van zuur regenwater en het plaggen van lagere delen van het reservaat.

Het effect van de herstelmaatregelen was aanvankelijk positief. De natte heide vegetaties in Stroothuizen hebben zich bijzonder fraai ontwikkeld met op de lagere delen een ontwikkeling richting veenmosrijke natte heide en op de hogere delen goed ontwikkelde vormen van de typische subassociatie van vochtige heide. In perceel Groener hebben zich doelsoorten van zwakgebufferde vennen en blauwgraslandvegetaties ontwikkeld.
Hoewel de ontwikkelingen als gevolg van de maatregelen positief zijn, hebben ze niet geleid tot duurzaam herstel van blauwgraslanden en zwakgebufferde venvegetaties. De ontwikkelingen welke in 2004 zijn beschreven door Aggenbach en Jansen, zijn na 2004 verder voortgeschreden. Een vergelijking van de karteringen uit 2001 en 2010 laat zien dat het oppervlak aan zwakgebufferde venvegetaties in de centrale slenk duidelijk is afgenomen. Deze veranderingen worden uitgebreid beschreven door Pranger en Tolman (2010) en zijn eveneens beschreven in paragraaf 2.2 (trendanalyse). Tijdens veldbezoeken (door F. Eysink en R. van Dongen) in 2016 werd geconstateerd dat deze negatieve trend zich voortzet. Zwakgebufferde venvegetaties nemen in areaal en kwaliteit af. Met name kritische, meer gebufferde soorten zoals Moerashertshooi nemen qua verspreiding af terwijl een soort als Knolrus, kenmerkend voor zure omstandigheden toeneemt.
Binnen het areaal dat als habitattype Blauwgrasland is aangewezen, komen in de huidige situatie rompgemeenschappen van blauwgraslanden en de associatie van Veldrus voor.

[1] Het in 1993/94 ingerichte perceel aan de westzijde van Stroothuizen

Deze negatieve ontwikkeling is vooral het gevolg van een te lage basenverzadiging en te diep wegzakkende grondwaterstanden in de laagste delen van het reservaat. Aggenbach en Cirkel (2017a) tonen aan dat een aanzienlijke verhoging van de kwelflux naar de wortelzone nodig is om de basenverzading op voldoende niveau te krijgen en te houden. Het effect van lagere grondwaterstanden als gevolg van de weeromstandigheden speelt net als in Punthuizen ook een rol. De verschillen in grondwaterstanden in de periode 1989-2001 en de periode 2001-2016 zijn echter minder groot. Zowel de winter, voorjaars als zomergrondwaterstanden liggen ca. 0-10 centimeter lager dan in de jaren '90 het geval was.

In tabel 4 zijn voor de grondwaterafhankelijke habitattypen de berekende doelgaten voor de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en gemiddeld laagste grondwaterstand opgenomen. Indien een getal negatief is, is er geen sprake van een doelgat (groen). De grondwaterstanden bevinden zich binnen de gewenste range van grondwaterstanden. Is een getal positief (rood in tabel 4) dan is er sprake van een doelgat. Alleen de peilbuislocaties die daadwerkelijk in een habitattypen staan zijn meegenomen in de doelgatbepaling. De peilbuislocaties waarvoor een doelgat is bepaald zijn opgenomen in figuur 53. Opgemerkt moet worden die niet van alle relevante locaties peilbuisgegevens direct in de habitattypen beschikbaar zijn.



Figuur 53 Peilbuislocaties in Stroothuizen waarvoor een doelgat is bepaald

			Huidig (m.-mv.)			Randvoorwaarde (m.-mv)			Doelgat (m.)	
Peilbuis	Deelgebied	Habitattype	GLG	GVG	GHG	GLG ond	GVG bov	GVG ond	GLG	GVG
B29A0752	Stroothuizen	H4010A	0,71	0,23	0,08		-0,02	0,25		-0,02
B29A0208	Stroothuizen	H3130	0,63	0,02	-0,09	0,70	-0,35	-0,10	-0,07	0,12
B29A0204	Stroothuizen	H4010A	0,62	0,05	-0,05		0,08	0,35		-0,30
B29A0199	Stroothuizen	H4010A	0,73	0,13	0,02		-0,02	0,25		-0,12
B29A0198	Stroothuizen	H4010A	0,71	0,19	0,05		-0,02	0,25		-0,06
B29A0197	Stroothuizen	H4010A	0,69	0,17	0,08		-0,02	0,25		-0,08
B29A0194	Stroothuizen	H6410	0,30	-0,21	-0,42	0,70	0,02	0,15	-0,40	-0,36
B29A0193	Stroothuizen	H6410	0,67	0,04	-0,08	0,70	0,02	0,15	-0,03	-0,11
B29A0191	Stroothuizen	H6410	0,53	-0,03	-0,15	0,70	-0,35	-0,10	-0,17	0,07

Legenda

Grondwaterstand te laag

Grondwaterstand nagenoeg op ondergrens optimale bereik

Grondwaterstand binnen randvoorwaarden

Geen randvoorwaarden

Habitattypen	
H6410	Blauwgraslanden
H4010A	Vochtige heiden
H3130	Zwakgebufferde vennen

Tabel 4 Doelgat peilbuislocaties Stroothuizen (periode 2001-2016)

In Stroothuizen voldoen op de meeste punten de grondwaterstanden zowel in de voorjaars als de zomersituatie aan de ecologische vereisten. Alleen op een locatie met Blauwgrasland en een locatie met een zwakgebufferde venvegtatie zijn de grondwaterstanden in het voorjaar 7-12 cm te laag. Directe verdroging is hier dan ook geen belangrijk knelpunt. In Stroothuizen zijn een te lage basenverzadiging door te lage kwelfluxen, met als gevolg verzuring zowel in de centrale laagte met diepe kwel als in de lokale systemen zoals het Oortven en het Ronde ven het belangrijkste probleem (Aggenbach en Cirkel, 2017a). Daarnaast speelt vermesting van grondwater hier een belangrijke rol (zie Aggenbach en Cirkel, 2017b)

Samengevat: Het belangrijkste knelpunt voor Stroothuizen is een onvoldoende toestroom van basenrijk kwelwater, zowel qua duur als qua intensiteit. Dat resulteert zowel in centrale slenk, met zwakgebufferde venvegetaties en rompgemeenschappen van blauwgrasland en de associatie van Veldrus, maar ook in het Oortven, in verzuring en daarmee in achteruitgang in kwaliteit van de basenminnende vegetatietypen. Het zeer zwak gebufferde Oortven is ook verzuurd. Maatregelen die resulteren in een sterke verbetering van de toestroom van basenrijk water naar de lagere delen met de habitattypen Zwakgebufferde vennen en Blauwgrasland zijn noodzakelijk, evenals herstel van de aanvoer van zeer zwak gebufferd water naar het Oortven. Naast voldoende toevoer van basenrijk water speelt ook de grondwaterkwaliteit van het toestromende grondwater een belangrijke rol (zie paragraaf 5.2)

3.3 Beuninger Achterveld

Door Jansen (1991) is een hydro-ecologische analyse opgesteld van de Beuninger Achterheide. In de huidige situatie wordt het Beuninger Achterveld gekenmerkt voor droge en natte heidevegetaties (Pranger en Tolman, 2010). De natte heidevegetaties behoren voornamelijk tot soortenarme vorm van gewone Dophei en zijn daarmee eerder kenmerkend voor vochtige dan natte heides. Goed ontwikkelde vormen komen slechts over kleine oppervlaktes voor.
Er is weinig historische informatie bekend over de situatie voor de ruilverkaveling Denekamperveld. Jansen concludeert dat in de laagste delen van het Beuninger Achterveld vermoedelijk in het verleden wel veenmosrijke natte heidevegetaties voorkwamen en dat deze door ontwatering in de omgeving zijn verdwenen. Gezien het feit dat in het noordelijk gelegen Strengeveld voor de grootschalige ontginning zowel veenmosrijke natte heides als basenrijke vormen van blauwgrasland voorkwamen, lijkt dit aannemelijk. Dat betekent dat als gevolg van de toegenomen ontwatering de grondwaterstanden in het Beuninger Achterveld vanaf de jaren ’50 fors zijn gedaald, zowel in het voorjaar als in de zomer.

Door Pranger en Tolman (2010) is een vergelijking gemaakt tussen de karteringen uit 2001 en 2010. Zij concluderen dat het areaal aan goed ontwikkelde natte heide en het areaal aan soortenarme natte heide is toegenomen ten koste van natte heides met een groot areaal aan Pijpestrootje. Dit is het gevolg plagmaatregelen die tussen 2001 en 2010 zijn uitgevoerd. Daarnaast is de opslag van struiken en bomen op de droge heide toegenomen. Op de laagste delen zijn enorme horsten van Pijpestrootje aanwezig. Dit wijst op sterke fluctuaties in waterstanden. Ook op de als goed gekwalificeerde delen met o.a. Klokjesgentiaan staat veel Pijpestrootje. Dit geeft aan dat het gebied hydrologisch niet op orde is. Naast effecten van stikstofdepositie is er sprake van verdroging.

In het Beuninger Achterveld zijn vrijwel geen grondwaterstanden gemeten. In de hydro-ecologische analyse van Jansen (1991) zijn voor een vijftal locaties gemeten grondwaterstandsreeksen opgenomen. Deze metingen beslaan echter maar een korte periode van één jaar. Op basis van deze reeksen zijn duurlijnen opgesteld. De metingen laten zien dat de laagste delen van het Beuninger Achterveld in natte periode inunderen met regenwater. In de hogere gelegen dekzandruggen treedt in natte perioden opbolling van de grondwaterstand op waardoor in natte perioden water vanaf de dekzandruggen kan toestromen naar de laagtes. In de zomerperiode zakt de grondwaterstand weg tot meer dan 120 centimeter onder maaiveld. Op de flanken en dekzandruggen ligt de grondwaterstand in de zomer aanzienlijk dieper.

De gemeten grondwaterstanden in het rapport van Jansen (1991) komen goed overeen met de grondwaterstanden die door het grondwatermodel (Bor, 2017) berekend worden. De gemiddelde zomergrondwaterstand ligt in de laagste delen op ongeveer 120-125 cm beneden maaiveld. De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand ligt op ca 40 centimeter beneden maaiveld.

Dat betekent dat de grondwaterstanden, zowel in het voorjaar als in de zomer, op de lagere delen zich aan de rand van het bereik bevinden van de voor dit doeltype (habitattype Vochtige heide) gewenste waarden. Op de flanken liggen de grondwaterstanden duidelijk te laag. Dit verklaart in belangrijke mate waarom de arealen met natte heide over grote delen te kampen hebben met sterke vergrassing. Naast de effecten van stikstofdepositie speelt ook verdroging door te lage en te snel wegzakkende grondwaterstanden hier een belangrijke rol.

4 Werkwijze uitwerking PAS maatregelen (korte termijn)

Uitgangspunt voor de uitwerking van de maatregelen zoals opgenomen in het inrichtingsplan vormen de maatregelen die opgenomen zijn in het rapport “Natura 2000 gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Dinkelland” (KWR, 2015).

Door het kennisteam Punthuizen-Stroothuizen zijn deze maatregelen verder uitgewerkt. Deze uitwerking betreft voornamelijk een nadere detaillering van de maatregelen, zoals opgenomen in de PAS gebiedsanalyse.

Voor een aantal maatregelen worden voorstellen gedaan om deze te laten vervallen, aan te passen of aanvullende maatregelen te nemen ten opzichte van de gebiedsanalyse. De onderbouwing bij deze voorgestelde wijzigingen is terug te vinden in paragraaf 6.2.

4.1 Uitwerking hydrologische maatregelen

Om tot een detaillering van maatregelen zijn allereerst de maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse (zie kaartenbijlage) doorgerekend met een grondwatermodel. De maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse wijken op onderdelen af van de doorgerekende maatregelen in het GGOR achtergronddocument (Waterschap Regge en Dinkel, 2011). Daarom zijn de maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse opnieuw doorgerekend.
In 2014 is er een nieuw regionaal grondwatermodel voor Twente opgeleverd (Tauw 2014). Dit model is als basis gebruikt voor de uitgevoerde modelberekeningen. Om de kwaliteit van het bestaande model te bepalen is allereerst een verificatie van het model uitgevoerd door gemeten en berekende grondwaterstanden met elkaar te vergelijken. Daarnaast zijn een aantal controles uitgevoerd op de juistheid van de verschillende modelonderdelen zoals de oppervlaktewaterpeilen, ligging en dimensionering van het oppervlaktewaterstelsel. Daarnaast bleken aanpassingen aan Duitse zijde noodzakelijk voor een juist functioneren van het grondwatermodel voor het deelgebied Punthuizen. De

doorgevoerde wijzigingen in het model en de verificatieresultaten zijn opgenomen in een aparte rapportage (Bor, 2017). De belangrijkste doorgevoerde modelwijzingen zijn:

- Aanpassing van het oppervlaktewaterstelsel. De ligging, dimensionering en peilen van de leggerwaterlopen zijn aangepast op basis van informatie versterkt door Waterschap Vechtstromen.
- De sloten die niet in beheer zijn bij het waterschap zijn op basis van de meeste recente top10 opgenomen in het model. Deze kaarten zijn gecontroleerd door een tweetal gebiedskenners. De resultaten van deze controle zijn eveneens verwerkt in het model.
- De modelbestanden in Duitsland zijn aangepast. Belangrijkste wijzingen betroffen de ligging, dimensionering en peilen van het oppervlaktewaterstelsel en het maaiveldsniveau. Informatie (hoogtebestanden, dwarsprofielen) is beschikbaar gesteld door Waterschap Vechtstromen.

Na de doorrekening van de maatregelen uit de gebiedsanalyse is een eerste toets uitgevoerd op de effecten van de maatregelen op de doelen (habitattypen) en de omgeving (landbouw, bebouwing). Daarnaast zijn de maatregelen uit de gebiedsanalyse tijdens een veld 3-daagse nagelopen in het veld en waar nodig aangevuld of gecorrigeerd. Dit heeft geresulteerd in een eerste uitwerking van maatregelen die vervolgens wederom is doorgerekend met het grondwatermodel. Met het model zijn effecten van maatregelen op grondwaterstanden (ghg,gvg,glg) en kwel bepaald. Deze effecten zijn vervolgens gebruikt om de effecten op habitattypen, landbouw en bebouwing te bepalen. De resultaten van deze analyses zijn per eigenaar verwerkt in inrichtingsvoorstellen. Deze inrichtingsvoorstellen zijn, met de eigenaren individueel middels keukentafelgesprekken, besproken. Deze rekenronde en bespreking van maatregelen heeft geleid tot een verdere detaillering van maatregelen. Voor dit maatregelenpakket is tevens het effect op erfafwatering en een toetsing van de normering wateroverlast (NBW-toets) uitgevoerd. Op basis van de resultaten van dit onderzoek (Tauw, 2017B) is vervolgens het definitieve maatregelenpakket, inclusief omgevingseffecten uitgewerkt, zoals dat is opgenomen in dit rapport en het Inrichtingsplan (Tauw, 2017c).

4.2 Uitwerking maatregelen bemesting

Voor het uitwerken van de definitieve bemestingsbeperkende maatregelen is gebruik gemaakt van de volgende hulpmiddelen:

- Handreiking Bemesting Ontwikkelopgave EHS/Natura2000 in Overijssel (Moning en Siebinga, 2016)
- Bijbehorende BemestingsMaatregelWijzer
- Onderzoek vermesting van het grondwater (Aggenbach en Cirkel 2017b)
- Stroombaanberekeningen en isohypsenpatronen berekend met het grondwatermodel (Bor, 2017)
- Expertkennis van het kennisteam

De Bemestingsmaatregelenwijzer is nadrukkelijk een hulpmiddel om risico's van bemesting voor grondwaterafhankelijke habitattypen in beeld te brengen. De uitkomsten zijn, samen met de resultaten uit het onderzoek naar vermesting van grondwater en expertkennis van het kennisteam ingezet bij de totstandkoming van een definitief pakket aan bemestingsmaatregelen.

Bij de uitwerking van maatregelen is binnen de Natura 2000 begrenzing ook rekening gehouden met de mogelijkheden voor realisatie van uitbereidingsdoelen (paragraaf 6.5). Buiten de begrenzing zijn voor Stroothuizen de resultaten van het onderzoek naar vermesting van grondwater (Aggenbach en Cirkel, 2017b) leidend. Voor de gebieden buiten de Natura 2000 begrenzing is ook rekening gehouden met de effecten van vernatting op de landbouwkundige gebruiksmogelijkheden (Aequator, 2017). Daar waar landbouwkundige gebruiksmogelijkheden zeer sterk beperkt worden door vernatting en bemestingsmaatregelen is functieverandering voorgesteld in het Inrichtingsplan.

Bemestingsmaatregelwijzer

De maatregelen voor bemesting zijn voor alle percelen in het uitwerkingsgebied uitgewerkt op basis van de Handreiking Bemesting Ontwikkelopgave EHS/Natura2000 in Overijssel (Moning en Siebinga, 2016), de bijbehorende BemestingsMaatregelWijzer en de gebiedskennis van het kennisteam.

Met behulp van de BemestingsMaatregelwijzer kan per perceel een risico-inschatting worden gemaakt voor:

- Oppervlakkige afspoeling van N en P
- Erosie (P gebonden aan sedimentdeeltjes)
- Ondiepe uitspoeling van N en P naar oppervlaktewater
- Nitraatuitspoeling naar het grondwater

Om de BemestingsMaatregelwijzer te kunnen gebruik zijn een aantal gegevens nodig. Per ingevuld item is hierna aangegeven welke informatiebronnen voor de verschillende gegevens zijn gebruikt.

De inschatting van het risico van beïnvloeding van de natuur voor overland transport en oppervlaktewater is ingeschat op basis van veldbezoeken en gebiedskennis. Op twee locaties in het gebied is sprake van een risico op overland transport. Dit betreft de percelen die aan de zuidzuide van het kerngebied Stroothuizen grenzen. Daarnaast zijn er drie percelen waar zowel een risico is op overland transport als beinvloeding via oppervlaktewater in de toekomstige situatie. Dit betreft de huidige landbouw enclave in Punthuizen en twee landbouw enclaves, gelegen tussen Punthuizen en Beuninger Achterveld. Hier worden de slenken gerealiseerd, waardoor in de toekomstige situatie water over maaiveld natuurgebieden met kwetsbare habitattypen in kan lopen.

De reistijd van het grondwater is bepaald op basis van stroombaanberekeningen die zijn uitgevoerd met het grondwatermodel. Intrekgebieden van het grondwater dat als kwel in de natuurgebieden uittreedt, zijn bepaald op basis van stroombaanberekeningen en isohypsenpatronen berekend met het grondwatermodel.
De stroombaanberekeningen (Bor 2017, bijlage 7) geven inzicht in de regionale grondwaterstroming. De stroombanen geven laten zien wat de herkomst van het grondwater is (ligging intrekgebieden) dat als kwel uittreedt in de lager gelegen delen van Punthuizen en Stroothuizen. Daarnaast geven de stroombanen inzicht in de pakketten die het grondwater doorstroomt (diepte stroombanen) en de reistijd van het grondwater. Op basis van de stroombanen zijn de intrekgebieden op regionaal niveau bepaald.
De stroombanen geven echter geen volledig inzicht in de ligging van lokale intrekgebieden, veelal dekzandruggen, waar water infiltreert en op korte afstand uittreedt als basenarme kwel. Dat is enerzijds te wijten aan de schaalgrootte (rekencellen van 25x25 meter) van het model maar komt ook doordat opbolling van grondwater in de dekzandruggen alleen in natte winterperioden gedurende korte tijd optreedt. Daarom zijn naast stroombaanberekeningen ook isohypsenpatronen voor winter (ghg) en zomerperiode berekend.
Wanneer de isohypsen (Bor 2017, bijlage 8) beschouwd valt op dat er in de winter opbolling plaatsvindt in dekzandruggen en dat er, door de aanwezigheid van drainerende sloten, lokale stromingsstelsel actief zijn. In de zomersituatie vindt er geen opbolling meer plaats en vallen perceelssloten droog waardoor de grondwaterstroming een meer regionaal karakter vertoont en de intrekgebieden van vorm veranderen.
Voor technische achtergrondinformatie over de wijze waarop de stroombanen en isohypsenpatronen zijn bepaald wordt verwezen naar de modelrapportage (Bor, 2017) en de hierin opgenomen bijlagen met isohypsenpatronen (bijlage 8 modelrapportage) en dwarsdoorsnedes met stroombanen (bijlage 7 modelrapportage).Om te bepalen of er een relatie tussen een landbouwperceel en een natuurgebied zijn de infiltratiegebieden van de drie natuurgebieden in beeld gebracht door de informatie uit de stroombaanberekeningen en isohypsenpatronen te combineren (Bor 2017). Alleen voor de percelen binnen het plangebied van waaruit water infiltreert en toestroomt naar de natuurgebieden is de bemestingsmaatregelenwijzer ingevuld Wanneer op basis van de stroombaanberekeningen en/of de isohypsenpatronen blijkt dat een perceel geheel of gedeeltelijk als infiltratiegebied voor de kwelgevoedde habitats fungeert is de bemestingsmaatregelenwijzer ingevuld. Er is dan immers sprake van een (mogelijke) relatie tussen landgebruik in het infiltratiegebied en de kwaliteit van het grondwater dat uittreedt als kwel. Voor percelen waarvoor geen relatie is aangetoond tussen infiltratie- en kwelgebied zijn is de bemestingsmaatregelenwijzer niet ingevuld en zijn geen maatregelen uitgewerkt

omdat water dat in deze gebieden infiltreert het natuurgebied niet bereikt. Bij het uitwerken van maatregelen is ook rekening gehouden met het feit dat zowel de stroombanen als isohypsenpatronen veranderen als gevolg van de geplande inrichtingsmaatregelen.
In bijlage 7 is aan de hand van een aantal voorbeelden uitgewerkt hoe de intrekgebieden binnen het plangebied zijn bepaald en hoe deze onder invloed van de maatregelen kunnen veranderen.

De gevoeligheid van het habitat voor nutrientenverlies is bepaald op basis van Achtergronddocument Handreiking bemesting Natura 2000 (Groenendijk et al, 2017), informatie uit de profielendocumenten (Minsterie EZ, 2009) en herstelstrategieën stikstofgevoelige habitattypen (Ministerie EZ, 2014). Vrijwel alle (grond)waterafhankelijke typen (Vochtige heide, Blauwgrasland en Zwakgebufferde vennen) die voorkomen in het gebied, kennen een hoge gevoeligheid voor nutriëntenbelasting.

Perceelsgegevens over grondgebruik, fosfaattoestand, de ligging van drainage en bemesting zijn aangeleverd door de eigenaren en geverifieerd tijdens de eigenarenbezoeken. Voor fosfaattoestand zijn daarbij gegevens uit de meest recente bodembemonsteringen gebruikt. Voor de percelen waar geen informatie beschikbaar was is de volledige range in PAL getallen ingevuld in de BemestingsMaatregelenWijzer. Hieruit bleek dat voor de betreffende percelen het PAL getal geen effect had op de risico inschatting in het plangebied.

Bodeminformatie zoals grondsoort en grondwatertrap is afgeleid uit de detailbodemkartering die voor de gebiedsuitwerking is uitgevoerd (Aquator, 2017). Indien binnen percelen verschillende grondwatertrappen voorkomen is op perceelniveau de het risico weergegeven op basis van de grondwatertrap die het hoogste risico op uit of afspoeling van N en P geeft.
Omdat het risico voor af- en uitspoeling van nutriënten kan veranderen na het uitvoeren van hydrologische maatregelen is de toekomstige situatie, dus na uitvoering van de PAS maatregelen (korte termijn) als uitgangspunt genomen bij het invullen van de BMW. Wijzigingen in grondwatertrap zijn bepaald door modeleffecten op te tellen bij de huidige situatie die is afgeleid uit de bodemkartering (Aquator, 2017).

Van de resultaten van de bemestingswijzer is in de kaartenbijlage een kaart opgenomen met de risico's op Nitraatuitspoeling naar grondwater. Naast deze risico's is het risico op beïnvloeding via oppervlaktewater, het onderzoek van KWR naar vermesting van het grondwater in Stroothuizen en de gebiedskennis van het kennisteam meegenomen in het bepalen van de definitieve risico-inschatting en bijbehorende maatregelen (hoofdstuk 6).

Onderzoek vermesting grondwater

In de PAS gebiedsanalyse is een onderzoeksopgave (M11) opgenomen met betrekking tot de invloed van vermest grondwater op het deelgebied Stroothuizen. Deze onderzoeksopgave hangt samen met de maatregelen M3b en M3c uit de gebiedsanalyse. Het doel van deze onderzoeksopgave is het in beeld brengen van welke maatregelen nodig zijn om vermesting vanuit voedende infiltratiegebieden tegen te gaan.

Uit hydrochemisch onderzoek aan het grondwater in 1990 bleek dat als gevolg van bemesting in de omgeving het freatisch pakket op de randen van het reservaat vervuild was geraakt (Jansen & Aggenbach 1991). In de centrale slenk en de omgeving daarvan en perceel groener (beide zones met toestroom van basenrijk grondwater) werd in de jaren '90 een trendmatige toename van chloride en sulfaat concentraties gemeten op een aantal locaties die worden beïnvloed door bemesting in het intrekgebied. Deze locaties bevonden zich met name in de zuidelijk deel het dichtst bij het intrekgebied ligt dat in landbouwkundig gebruik is. Deze toename ging ook gepaard met een toename van ammonium en orthofosfaat concentratie hetgeen duidelijk op interne eutrofiering onder invloed van sulfaatreductie. Locaties aan de venranden in het midden en oosten van Stroothuizen vertoonden eind jaren '80 en begin jaren '90 geen aanwzijgen voor toestroming van vervuild grondwater door bemesting in het intrekgebied. (Aggenbach & Cirkel 2017b). Onbekend was in hoeverre de grondwaterkwaliteit rond en onder het reservaat sindsdien is veranderd en of de invloed van bemesting is toe- of afgenomen. Daarom

is in november 2016 het grondwater in bestaande filterbuizen bemonsterd en geanalyseerd in hoeverre er sprake is van bemestingsinvloeden op de hydrochemie.

De resultaten van het onderzoek zijn opgenomen in paragraaf 5.2. De input uit het onderzoek is meegenomen in de definitieve maatregelenkeuze voor de maatregelen M3b en M3c en de bemestingsbeperkende maatregelen voor de percelen die als intrekgebied voor Stroothuizen fungeren.

5 Onderzoeksresultaten PAS kennislacunes

In het kader van de gebiedsuitwerking zijn ook een aantal aanvullende onderzoeken uitgevoerd. In de PAS gebiedsanalyse is een kennislacune opgenomen die van invloed is op de uitwerking van de korte termijn maatregel. Dit betreft maatregel M11 (onderzoek vermesting grondwater in Stroothuizen) Daarnaast heeft het kennisteam een onderzoek laten uitvoeren naar de basenverzadiging in Punthuizen en Stroothuizen vanwege de geconstateerde achteruitgang de basenminnende habitattypen Blauwgrasland en Zwak gebufferde vennen in beide gebieden (hoofdstuk 2). Het onderzoek naar vermesting van grondwater is uitgewerkt in paragraaf 5.1. Het onderzoek naar de basenverzadiging is uitgewerkt in paragraaf 5.2. Samen met de resultaten van hydrologische modelberekeningen en de beschikbare gebiedskennis zijn de uitkomsten van deze onderzoeken geïnterpreteerd en gebruikt om de korte termijn maatregelen te formuleren zoals deze zijn verwoord in hoofdstuk 6.

5.1 Onderzoek vermesting grondwater Stroothuizen

In de PAS gebiedsanalyse is een onderzoeksopgave (M11) opgenomen met betrekking tot de invloed van vermest grondwater op het deelgebied Stroothuizen. Deze onderzoeksopgave hangt samen met de maatregelen M3b en M3c uit de gebiedsanalyse. Het doel van deze onderzoeksopgave is het in beeld brengen van welke maatregelen nodig zijn om vermesting vanuit voedende infiltratiegebieden tegen te gaan.

Uit hydrochemisch onderzoek aan het grondwater in 1990 bleek dat als gevolg van bemesting in de omgeving het freatisch pakket op de randen van het reservaat vervuild was geraakt (Jansen & Aggenbach 1991). Begin jaren ’90 was het grondwater in de kwelzone centrale slenk ook ten dele vervuild geraakt. Er waren geen aanwijzingen voor toestroming van vervuild grondwater door bemesting in de venranden in het midden en oosten van Stroothuizen (Aggenbach en Cirkel, 2017b). Onbekend was in hoeverre de grondwaterkwaliteit rond en onder het reservaat sindsdien is veranderd en of de invloed van bemesting is toe- of afgenomen. Daarom is in de PAS-gebiedsanalyse een onderzoeksopgave (M11) opgenomen met betrekking tot deze leemte in kennis. Deze onderzoeksopgave hangt samen met de maatregelen M3b en M3c uit de gebiedsanalyse. Het doel van deze onderzoeksopgave is het in beeld brengen van welke maatregelen nodig zijn om vermesting vanuit voedende infiltratiegebieden tegen te gaan.

In november 2016 is het grondwater in bestaande filterbuizen bemonsterd en geanalyseerd in hoeverre er sprake is van bemestingsinvloeden op de hydrochemie.

De onderstaande conclusies zijn overgenomen uit het rapport “Analyse actuele toestand en trends grondwaterkwaliteit Stroothuizen’ (Aggenbach en Cirkel, 2017b).

Vraag 1: In hoeverre is het grondwater dat de kwelzones in Stroothuizen voedt, vervuild als gevolg van bemesting in het intrekgebied?

- Grondwater dat kwelzones voedt, is sterk vervuild als gevolg van bemesting in het inzijggebied. Het grondwater dat de centrale slenk en omgeving voedt is sterk vervuild met sulfaat;
- Gezien de relatief korte verblijftijden van het toestromende grondwater is de verwachting dat dit water inmiddels overal is doorgedrongen in de kwelzones.

Vraag 2: Welke trends in de hydrochemie van het grondwater zijn tussen 1990 en 2016 opgetreden?

- De invloed bemesting in freatische grondwater is weinig of niet afgenomen;
- Als gevolg van verzurende werking van meststoffen is vermoedelijk uitloging van het freatisch pakket opgetreden, waardoor grondwater dat toestroomt in de kwelzones minder basenrijk wordt/is geworden;
- Daarnaast is de invloed van bemesting en mogelijk ook atmosferische depositie nu ook zichtbaar geworden in het 1e en 2e watervoerende pakket.

Vraag 3. Welke (toekomstige) risico's zijn aanwezig voor kwelafhankelijke habitattypen door toestroming van grondwater dat beïnvloed is door bemesting van het intrekgebied?

- Afbraak van organische materiaal en eutrofiëring. Dit is een risico voor het voorkomen en de kwaliteit van de habitattypen H3130 Zwakgebufferde vennen, H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden), H6410 Blauwgraslanden en H7150 Pioniervegetaties met snavelbiezen;
- Door vermindering van de basenrijkdom het toestromende grondwater minder toevoer van zuurvormende stoffen en door aanvoer veel sulfaat opbouw van verzuringscapaciteit in de bodem. De kwelzones worden daardoor in droge perioden meer gevoelig voor sterke verzuring. Dit is een risico voor het voorkomen en de kwaliteit van de habitattypen H3130 Zwakgebufferde vennen, H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden), H6410 Blauwgraslanden.

5.2 Onderzoek basenverzadiging

De basenrijkere habitattypen binnen Punthuizen en Stroothuizen zijn voor hun voorkomen afhankelijk van de toestroom van voldoende en schoon basenrijk grondwater. De basenminnende vegetatietypen is Stroothuizen vertonen achteruitgang na een aanvankelijk positieve ontwikkeling die is ingezet door maatregelen in de periode 1988-1994. De blauwgraslanden en zwak gebufferde venvegetaties ontwikkelen zich hier in de richting van Hennegrasruigten en zuur klein Zeggenmoeras (Aggenbach en Jansen 2004, Pranger en Tolman 2011). Binnen Punthuizen staat de kwaliteit van het blauwgrasland eveneens onder druk als gevolg van verdroging en vermindering van kwelinvloed (hoofdstuk 2 en 3). Om de actuele situatie en trends in beeld te brengen en te bepalen of effecten van maatregelen voldoende zijn om te kunnen om te voldoen aan de ecologische vereisten die de habitattypen stellen, is door KWR (Aggenbach en Cirkel, 2017a) een analyse uitgevoerd of de huidige en toekomstige (na uitvoering van maatregelen) aanvoer van basen via kwel voldoende is om de basenverzadiging op peil te houden en/of te krijgen.

De onderstaande synthese van de onderzoeksresultaten waarin de onderzoeksvragen worden beantwoord is overgenomen uit het rapport "Analyse van actuele en vereisten kwelfluxen voor basenminnende habitattypen in Stroothuizen en Punthuizen". (Aggenbach en Cirkel, 2017a). Voor de onderzoeksaanpak en uitwerking van de resultaten wordt verwezen naar dit rapport.

1. Wat zijn de huidige basenverzadiging en zuurbuffercapaciteit?
2. Hoe hebben de basenverzadiging en zuurbuffercapaciteit zich in de afgelopen jaren ontwikkeld?

In Punthuizen zijn in de kwelzone (Locaties P5 en P15) de basenverzadiging en bodem-pH over het algemeen hoog, maar vertoonde de basenverzadiging wel op een tijdschaal van enkele jaren een grote dynamiek. De hoge basenrijkdom gaat samen met een constante aanwezigheid van basenminnend blauwgrasland. Op locaties buiten de slenk en buiten deze kwelzone (P9 en P12) zijn de basenverzadiging en pH laag. Weliswaar hebben deze locaties een relatief basenarm doelvegetatietype (associatie van Veelstengelige waterbies), maar zijn deze onderhevig aan verzuring en deels ook afname van de basenverzadiging. Diepe ontwatering in de dekzandrug aan de westzijde van de slenk beperken de hoogte van de freatische stand hier sterk. Mogelijk ontbreekt aan de westzijde van de slenk een basenrijke kwelzone als gevolg van deze ontwatering. De berekende kwelfluxen zijn hier ook laag.

In Stroothuizen was een deel van de locaties al basenarm en is de basenrijkdom daar niet of nauwelijks hersteld na het nemen van interne herstelmaatregelen. Na het nemen van de maatregelen trad zelfs zwakke tot sterke verzuring op en een daling van de basenverzadiging. Een aantal locaties die na plaggen basenrijk zijn geworden, zijn daarna weer verzuurd. Daarbij ontwikkelt zich ook een basenarme en zure organische laag boven op het minerale profiel.

In Stroothuizen heeft de dynamiek van organische stof ook grote invloed op de ontwikkeling van de basenrijkdom. Door tijdelijke afbraak van organische stof kunnen de basenverzadiging en pH tijdelijk stijgen; accumulatie van humus bevordert bij een te geringe kwelflux een daling van de basenverzadiging en pH. De basenminnende doeltypen hebben zich daardoor in Stroothuizen op de meeste locaties niet duurzaam ontwikkeld.

Samenvattend: in Punthuizen is een hoge basenrijkdom kwetsbaar voor langere periodes van droogte, maar deze kan zich in natte jaren snel herstellen. In Stroothuizen is dat niet het geval; daar is een hoge basenrijkdom niet duurzaam.

3. Wat is de waterkwaliteit van het kwellende grondwater ter plaatse?

De basenrijkdom (Ca+Mg+K+Na) en het bicarbonaatgehalte van het toestromende grondwater verschillen aanzienlijk tussen beide gebieden. De kwelzone van Punthuizen heeft toestroming van zeer basenrijk grondwater. In Stroothuizen is het toestromende grondwater vaak minder basenrijk. Er is in dit gebied maar één locatie waar het toestromende grondwater een vergelijkbaar hoog basengehalte heeft als in Punthuizen. De basenrijkdom en het bicarbonaatgehalte worden tevens sterk beïnvloed door de dynamiek van de freatische stand. In droge periode treedt zuurvorming op door oxidatieprocessen. Dit verlaagt tijdelijk de het bicarbonaatgehalte en kan zorgen voor desorptie van basen en daarmee voor tijdelijke uitloging. Het optreden van verzuring door lage grondwaterstanden verschilt per locatie. Die verschillen zijn vermoedelijk te wijten aan verschillen in sulfidengehalte en gereduceerde ijzerverbindingen en het diepteprofiel van deze mineralen. Zuurvorming trad op in de zomerperioden en ook sterk in de periode met droge winters (1995-1997). Verder was er een locatie (S19) waar langdurige afbraak organische stof zorgde voor sterke desorptie van calcium en daardoor voor hoge Ca-concentraties ondiep in het profiel.

De patronen in van de basenrijkdom van het ondiepe grondwater worden sterk bepaald door de balans van kwel en wegzijging en de dynamiek daarvan. Deze verschillen sterk tussen Stroothuizen en Punthuizen. De SWAP-modelleringen laten zien dat Punthuizen en hoge netto-kwelflux heeft, terwijl Stroothuizen netto wegzijging heeft. In Punthuizen treedt gedurende de winter en het voorjaar een sterke kwelflux op in de oostrand van de slenk. De modelberekeningen laten dan ook zien dat gedurende een lange tijd het aandeel van grondwater in de wortelzone hoog is. Dit blijkt ook uit de geringe stratificatie van de Ca- en HCO3-concentratie in het profiel gedurende de kwelperioden. In de kwelperiode is dat overal vrijwel even hoog. In Stroothuizen treedt in een groot deel van de natte periode geen kwel op, maar juist wegzijging. In de winterperiode treedt daardoor infiltratie van relatief basenarm neerslag- en oppervlaktewater. Veel van de locaties laten daarom van ondiep naar dieper in het profiel oplopende Ca- en HCO3-concentraties zien. De berekeningen van het grondwateraandeel in de bodemtoplaag (10 cm-mv) met SWAP geeft aan dat op de locaties in Stroothuizen grotendeels uit neerslagwater bestaat. Aan het eind van het natte seizoen gaat door het uitzakken van het freatisch peil en het opgang komen van verdamping wel kwelinvloed optreden. Deze ‘kwelflux’ heeft door de diepe indringing van neerslagwater dan vaak een relatief lage basenrijkdom. Het stagante karakter van water in de slenk van Stroothuizen blijkt ook uit de hoge indampfactor die kan worden afgeleid uit de metingen van chloride en de SWAP-modelleringen. Met de afwisseling van een geringe opwaartse en neerwaartse stroming, terwijl de planten behoorlijk verdampen, ontstaat een ingedikte waterlaag die heen en weer beweegt in de bodem. Drempels die van invloed zijn op de afvoer van oppervlaktewater hebben hier vermoedelijk geen grote invloed op. Op de locaties in Stroothuizen treedt alleen in natte jaren kortstondig aanvoer op van puur grondwater naar de bodemtoplaag. In de jaren ’90 was er ook een meerjarige periode zonder dat er weinig verdund grondwater de wortelzone bereikte.

Samenvattend: de kwelzone met blauwgrasland in Punthuizen heeft een hoge kwelflux met een hoge basenrijkdom. De periodieke kwelzones in Stroothuizen hebben kortstondig een geringe kwelflux die in geringe mate basen naar de wortelzone transporteren.

4. Hoe groot is benodigde kwelflux om die basenverzadiging op peil te brengen en te houden voor instandhouding van basenminnende habitattypen?

De benodigde kwelfluxberekeningen houden rekening met aanvoer van basen om 1) de bestaande organische-stofvoorraad basenrijk te maken, 2) nieuwe organische stof basenrijk te maken, 3) het verlies van basen door maaibeheer te compenseren en 4) verzurende atmosferische depositie te neutraliseren. In Punthuizen bedraagt de benodigde kwelflux 0.3 tot 0.9 mm/d (uitgemiddeld over het hele jaar). In Stroothuizen bedraagt dat duidelijk meer: ca. 1 tot 5 mm/d. De grotere vereiste kwelflux in Stroothuizen hangt samen met de minder hoge basenrijkdom van het toestromende grondwater, de aanwezigheid van een significante organische-stofvoorraad (ook na plaggen) met een lage tot matige basenverzadiging en de hoge accumulatiesnelheid van organische stof. De hoge accumulatiesnelheid in Stroothuizen hangt samen met een relatief hoge productiviteit van de vegetatie.

In Punthuizen is de actuele kwelflux bij het ontbreken van een neerslaglens, die is berekend met de SWAP-modellering, veel groter dan de noodzakelijke kwelflux. Dit is dan ook een verklaring dat in Punthuizen tijdelijke uitloging door zuurvorming snel kan worden gecompenseerd. Het niet in de modellen meenemen van de benodigde flux om deze uitloging te compenseren heeft dan ook geen consequenties voor de conclusies. Voor locatie S2 in Stroothuizen is de actuele kwelflux bij het ontbreken van een neerslaglens (resp. 0.2 mm/d) juist meer dan één ordegrootte kleiner dan de vereiste kwelflux (4.7 mm/d). De kwelfluxberekening gebaseerd op een toename van de basenvoorraad laat zien dat in de periode 1990-1999 de kwelflux zeer laag was (0.1 mm/d) en in de periode 1999-2009 duidelijk hoger (1.15 mm/d). Deze actuele kwelfluxen liggen dus ook nog onder het vereiste niveau. Locatie S2 was basenarm en hier is ook nauwelijks in basenverzadiging toegenomen. Voor locatie S6 in Stroothuizen is de actuele kwelflux bij het ontbreken van een neerslaglens (2.5 mm/d) juist hoger dan de vereiste kwelflux (1.3 mm/d). Bij opbouw van organische stof na het plaggen blijft de minerale toplaag een hoge basenverzadiging houden, maar ontwikkelt zich een basenarmere organische laag. De discrepantie tussen voldoende kwel en toch een verzurende toplaag kan twee oorzaken hebben: 1) de berekening van de actuele kwelflux bij het ontbreken van een neerslaglens gaat uit van een grondwateraandeel in de zone op 10 cm -mv van 1% of meer, wat betekent dat een aanzienlijk deel van de kwelflux nog steeds sterk met basenarm regenwater kan zijn gemengd, wat ook blijkt uit de relatief lage basenrijkdom van het grondwater op 40-50 cm diepte; 2) basenrijk grondwater kan moeilijk in de organische laag doordringen, mogelijk door ongunstige capillaire eigenschappen. Verder zorgt de geringe kwelflux en netto wegzijging in Stroothuizen dat de verzurende werking van atmosferische depositie kan door werken op de bodem.

5. Is een schatting te maken van de huidige en toekomstige kwelflux? Zo ja, hoe groot is deze en hoe betrouwbaar is de schatting?

Ja, er kan een grove schatting worden gemaakt van de huidige kwelfluxen op de meeste geanalyseerde locaties. De SWAP modellen konden goed gecalibreerd worden en daarmee de huidige kwelflux en ook menging van grondwater en neerslagwater modelleren. De modellering met SWAP was mogelijk omdat er meerjarige meetreeksen beschikbaar waren van drie ondiepe peilbuisfilters op een locatie. Een belangrijke factor voor een goede berekening van de kwelflux is namelijk invoer van het verschil in freatische stand en de stijghoogte dieper in het freatische pakket. In deze eerste poging is de calibratie van de SWAP-modellen omwille van de doorlooptijd en budget beperkt uitgevoerd.

Door het regionale grondwatermodel gegenereerde reeksen voor de grondwaterstand op het niveau van het diepste filter zijn gebruikt als invoerreeks in de opgestelde SWAP-modellen. Dit kon omdat het numerieke grondwatermodel vergaand verfijnd was voor de waterhuishouding van de natuurgebieden. Voor de kwelzone van Punthuizen konden de uitvoerreeksen rechtstreeks gebruikt worden wegens een bijzonder goede fit van de gemodelleerde huidige situatie op de gemeten waterstandsreeks. Voor Stroothuizen was een gedeeltelijke aanpassing van de uitvoerreeksen nodig door een gedeeltelijk mismatch van het numerieke model met gemeten standen (locatie S2). In het bovenstrooms deel van de slenk kon het numerieke grondwatermodel de waterstandsdynamiek niet goed volgen en kon hierdoor de kwelflux niet worden berekend (locatie S6). Problematisch bij het doorrekenen van de scenario's is echter dat de drainagebasis en drainageweerstand die horen bij de door het regionale model gegenereerde stijghoogtereeksen niet bekend zijn. De resultaten kunnen dan ook niet worden gebruikt om de voorgestelde maatregelen aan te toetsen of te evalueren. Wel geven de resultaten inzicht in de gevoeligheid van de modelsimulaties voor de drainagebasis en drainageweerstand van het tweede meer grotere systeem. Hieruit blijkt vooral een gevoeligheid voor de drainagebasis.

6. Zijn de voorgenomen maatregelen voldoende voor duurzame instandhouding van de habitattypen?

Zoals aangegeven, kunnen de scenario's niet met voldoende zekerheid worden geëvalueerd of getoetst met de SWAP-modellen door het ontbreken van de bij de aanpassingen in het model behorende veranderingen in drainageweerstand en drainagebasis op de onderzoekslocaties. Wel is aan de hand van de scenario's de gevoeligheid van de effecten van maatregelen op de kwelflux onderzocht. Voor Punthuizen zorgen de scenario's voor de Korte termijn en Lange termijn voor een verhoging van de kwelflux bij afwezigheid van een neerslaglens met 17 tot 43 % (locatie P15). Het Lange termijn scenario geeft daarbij de sterkste verhoging (26-43 %). Omdat de actuele kwelflux reeds de vereiste kwelflux overschrijdt, zorgen de scenario's voor een nog betere waarborg voor het handhaven van een hoge basenrijkdom. Verder is de kwelflux, en daarmee de basenflux, gedurende winter en het voorjaar in de blauwgraslandzone erg gevoelig voor de mate en vooral ook de duur van opbolling van de freatische stand in de dekzandruggen. Meteorologische variatie (zoals de periode gedurende 1996-1997) hebben daar grote invloed op. Maatregelen die de lokale opbolling en de duur daarvan in de dekzandruggen vergroten en maken het systeem minder gevoelig voor zulke meteorologische variatie en geven het systeem ook meer herstelvermogen van perioden met interne verzuring en uitloging van basen. De basenrijkdom kan door een langere periode van droogte echter snel achteruitgaan, hetgeen een bedreiging vormt voor de kwaliteit van de habitattypen. Soorten kunnen door de snelle verzuring lokaal verdwijnen en zijn dan voor hervestiging afhankelijk van een nabije populatie die de verzuringspiek wél heeft doorstaan. Er is geen garantie dat die dan ook beschikbaar is. Hoewel na een verzuringspiek een snel herstel van de basenrijkdom van het ondiepe grondwater optreedt indien het weer natter wordt, kan dus toch onherstelbare schade aan het habitattype ontstaan. In feite is de robuustheid van de standplaatsfactoren die noodzakelijk is om behoud van kwaliteit van het habitattype te garanderen, onvoldoende en is, mede gezien de beperkte omvang van de gebieden, verhoging van de grondwaterstanden in de zomer en het najaar nodig om die robuustheid te bereiken. De zomer en het najaar zijn voor oxidatieprocessen met zuurvorming de meest gevoelige periode, omdat dat redoxprocessen sneller verlopen bij een hogere temperatuur. Het systeem kan ook minder gevoelig worden gemaakt voor periodieke verzuring door opbouw van verzuringscapaciteit zoveel mogelijk tegen te gaan. Een eenvoudige maatregel is om de sloot die nog steeds sulfaatrijk oppervlaktewater aanvoert te dempen. Ook het stoppen van bemesting in de intrekgebieden van de voedende lokale systemen, draagt daaraan bij. Verder draagt een hogere grondwaterstand in de zomer en het najaar ook bij aan negatieve effecten van klimaatsverandering waarbij drogere zomers kunnen gaan optreden.

In de westzijde van de slenk van Punthuizen treedt momenteel kwel in winter/voorjaarsperioden niet op. Een zone met kwel van basenrijk grondwater kan hier ontbreken door diepe sloten in de dekzandrug aan de westzijde en de dichte ligging op de diep drainerende Puntbeek. De maatregelen in het Lange termijn scenario kunnen daardoor bijdragen aan herstel van een basenrijke kwelzone. Indien dit herstel optreedt kan het areaal blauwgrasland zich uitbreiden en kan het beter bestand zijn tegen fluctuaties van het systeem.

Voor locatie S2 in Stroothuizen zorgen de kortetermijnmaatregelen voor de PAS absoluut bezien voor een zeer geringe verhoging van de kwelflux bij afwezigheid van een neerslaglens (voor beide scenario's een verhoging met 0.1 mm/d). Daarmee blijft de kwelflux in het benedenstroomse deel van de slenk ver onder de vereiste kwelflux. Meer bovenstrooms was het niet mogelijk om toekomstige kwelfluxen te berekenen (zie antwoord op vraag 5). Voor Stroothuizen zijn maatregelen die de stijghoogte in het freatische pakket sterk verhogen cruciaal. De geëvalueerde scenario's (korte termijn maatregelen en korte termijnmaatregelen + peilverhoging in de Puntbeek) verhogen de stijghoogte met ca. 10 cm. Een sterkere verhoging zal de wegzijging van regenwater substantieel verminderen en toestroming van basenrijk grondwater naar de wortelzone bevorderen.

6 Definitief maatregelenpakket korte termijn

Op basis van de werkwijze zoals geschetst in hoofdstuk 4 zijn de maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse nader gedetailleerd en op onderdelen zijn maatregelen geschrapt of toegevoegd. De definitieve maatregelenkaart is opgenomen in kaartenbijlage net als de maatregelenkaart uit de PAS gebiedsanalyse. In bijlage 5 is een maatregelentabel opgenomen waarbij de maatregelen uit het voorstel van het kennisteam zijn gekoppeld aan de maatregelen uit de gebiedsanalyse.

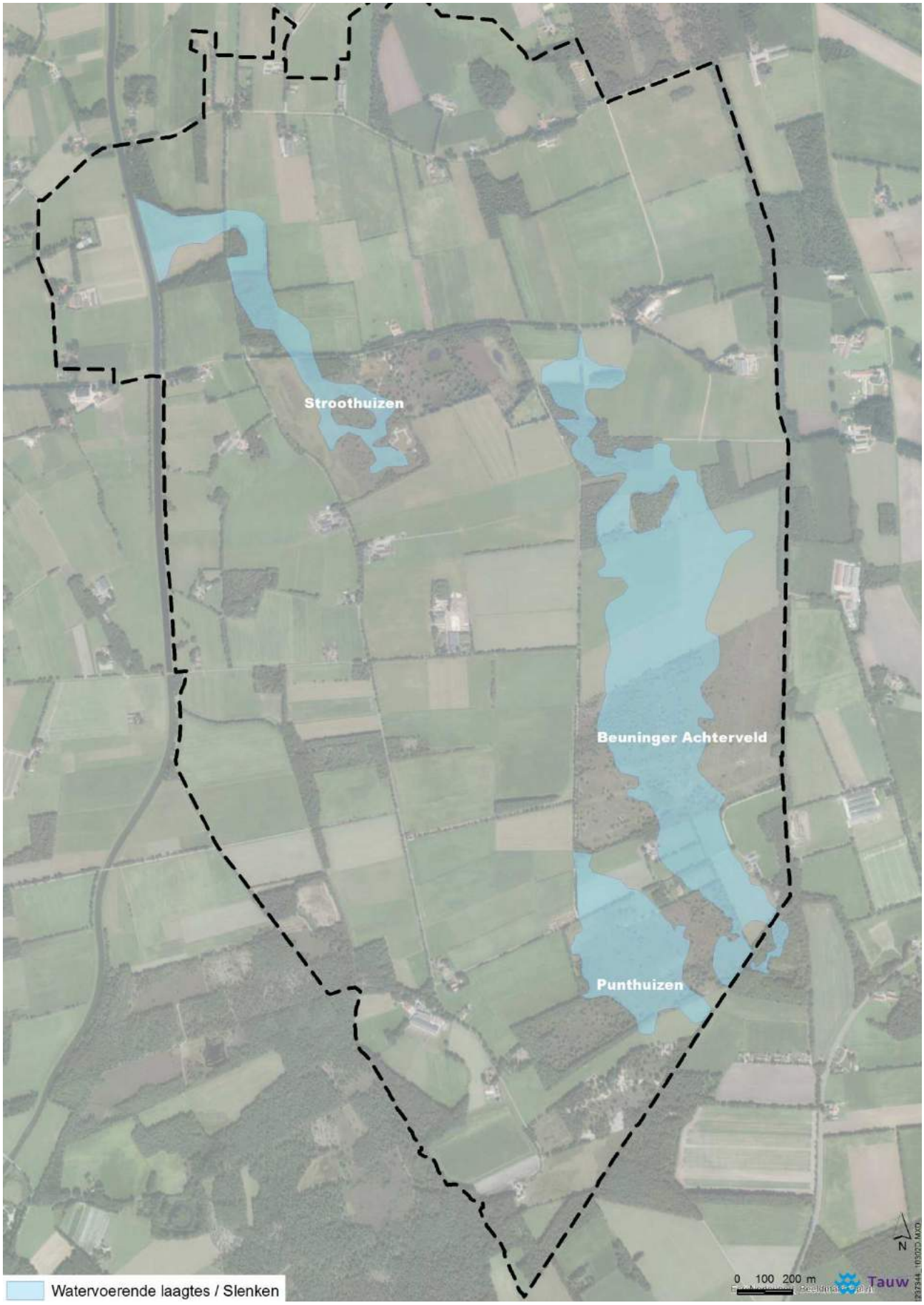
De maatregelen zijn onderverdeeld in hydrologische maatregelen en bemestingsmaatregelen. Deze maatregelen en de effecten van die maatregelen worden afzonderlijk besproken in paragraaf 6.1.en 6.2. De consequenties van de maatregelen voor de gebruiksmogelijkheden van percelen zijn uitgewerkt in het Inrichtingsplan en Provinciaal Inpassingsplan (PIP, Tauw, 2017). Voor de percelen waarvoor in het Inrichtingsplan functieverandering naar natuur wordt voorgesteld zijn in paragraaf 6.3 potentiele natuurpakketten (SNL types) uitgewerkt en in paragraaf 6.4.aanbevelingen voor overgangs- en eindbeheer voorgesteld. Voor een deel van de habitattypen zijn in het aanwijzingsbesluit uitbreidingsdoelen opgenomen. De potenties voor uitbereiding van deze habitattypen zijn apart uitgewerkt in paragraaf 6.5. Tenslotte is in paragraaf 6.6 aangegeven in welke volgorde maatregelen moeten worden uitgevoerd teneinde een maximaal resultaat van de inrichtingsmaatregelen te verkrijgen.

6.1 Hydrologische maatregelen

De maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse zijn door het kennisteam in detail uitgewerkt. Basis van deze uitwerking vormt herstel van het hydrologisch systeem. Dat betekent herstel van grondwaterstanden, grondwaterstroming, oppervlakkige afwatering en inundatie in natte perioden en herstel van grond- en oppervlaktewaterkwaliteit. Al deze maatregelen zijn gericht op het opheffen van verdroging, vermesting en verzuring. Uitgangspunt is het behalen van de instandhoudingsdoelen met een minimaal effect op de omgeving.

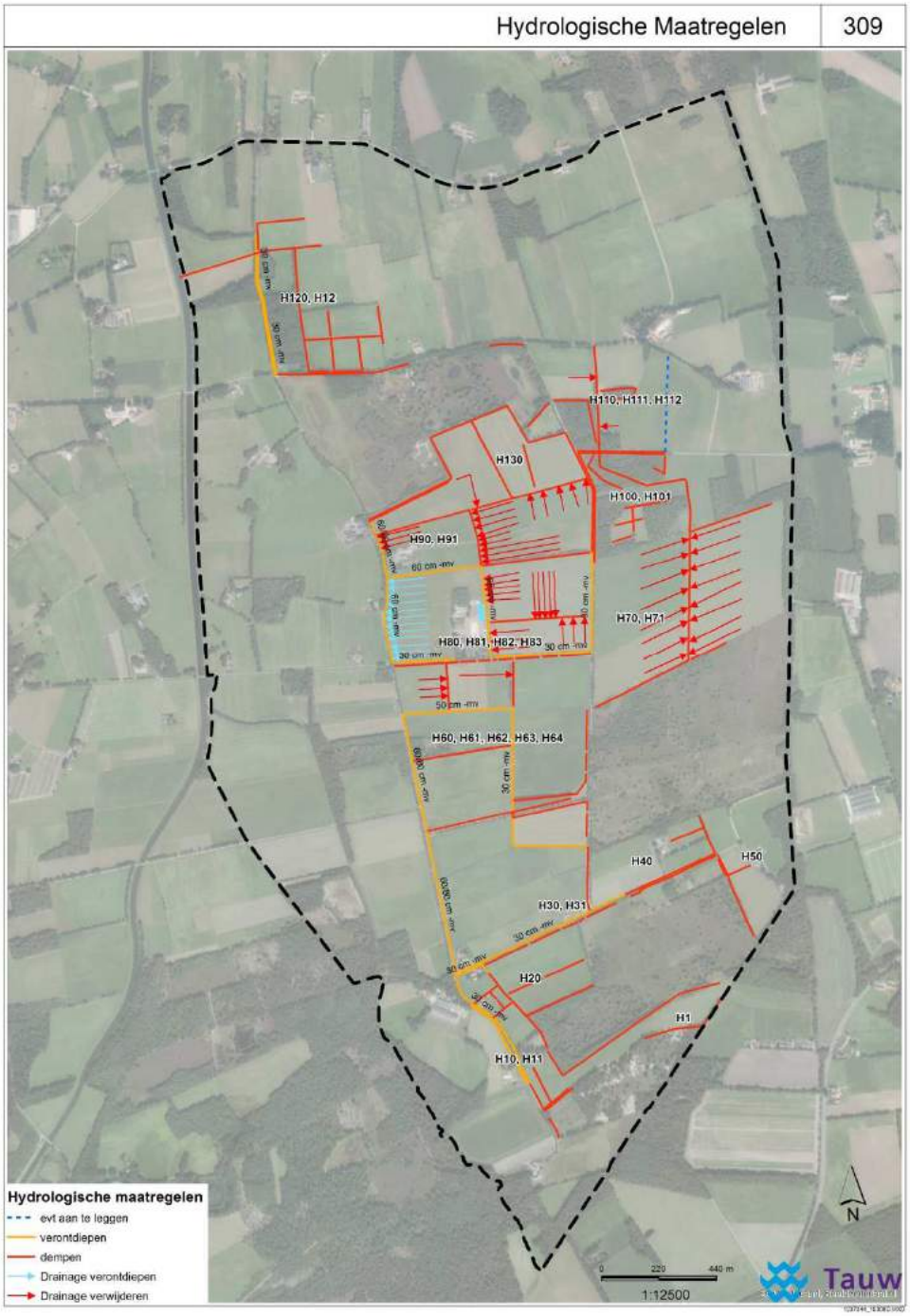
Van nature kennen alle drie de deelgebieden laagten die in de winter inunderen met regen- en grondwater. Dit water wordt over maaiveld afgevoerd. Als gevolg van maatregelen in de ruilverkaveling Denekamperveld is de slenkenstructuur die oorspronkelijk zorgde voor een vertraagde afvoer van water in natte perioden doorsneden. In de delen die in de ruilverkaveling zijn ontgonnen, zijn de slenken verdwenen, omdat grond van aangrenzende dekzandruggen in de aanwezige laagten is geschoven. De percelen zijn daarna voorzien van diepe ontwateringssloten, vaak in combinatie met drainage. Door deze maatregelen is niet alleen verdroging ontstaan maar is ook de samenhang tussen de gebieden op landschapsschaal verdwenen.

De basis van het maatregelenpakket vormt het herstel van (een deel van) het slenkenpatroon dat oorspronkelijk aanwezig was. Er bevinden zich in het gebied een drietal van deze systemen. Het eerste systeem kent haar oorsprong in Punthuizen. Het deel van de slenk ten noorden van Holtweg tot aan de Strengeveldsweg wordt hersteld. Het tweede systeem kent haar oorsprong direct over de grens in een bosgebiedje in Duitsland. Dit systeem loopt vervolgen via Haar Jan over het Beuninger Achterveld door het Strengeveld in de richting van de Stroothuizerweg. Het derde systeem kent haar oorsprong in Stroothuizen. Dit systeem loopt ten noorden van de Stroothuizerweg door en buigt af naar het Omleidingskanaal dat het verdere verloop van dit systeem doorsneden heeft. Het slenkenpatroon is weergegeven in figuur 54.



Figuur 54 Slenkenpatroon Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

In figuur 55 zijn de hydrologische maatregelen uit het inrichtingsplan weergegeven. De maatregelen bestaan uit het dempen en verondiepen van sloten, verleggen van waterlopen, hydrologisch isoleren van een waterloop en het verwijderen en verondiepen van drainage. De maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse zijn op perceelsniveau uitgewerkt en op onderdelen gewijzigd. In bijlage 5 is een tabel opgenomen waarbij per maatregel een toelichting is gegeven waarom een maatregel wordt genomen, wat de relatie van de maatregel is met de knelpunten die geconstateerd zijn in hoofdstuk 3 t/m 5 en hoe de maatregel zich verhoudt tot de maatregelen zoals die geformuleerd zijn in de PAS gebiedsanalyse.



Figuur 55 Hydrologische maatregelen

Ten noorden, zuiden en westen van de Stroothuizerweg worden ontwateringsmiddelen gedempt, verondiept of verlegd. De waterlopen ten noorden van de Stroothuizerweg vangen veel kwel af en zorgen daarmee voor verdroging en verzuring van het Blauwgrasland en de Zwakgebufferde vennen in de centrale slenk van Stroothuizen. De ontwatering ten westen en zuiden van Stroothuizen zorgt voor verlaging van de grondwaterstand in het intrekgebied (minder opbolling) waardoor binnen Stroothuizen

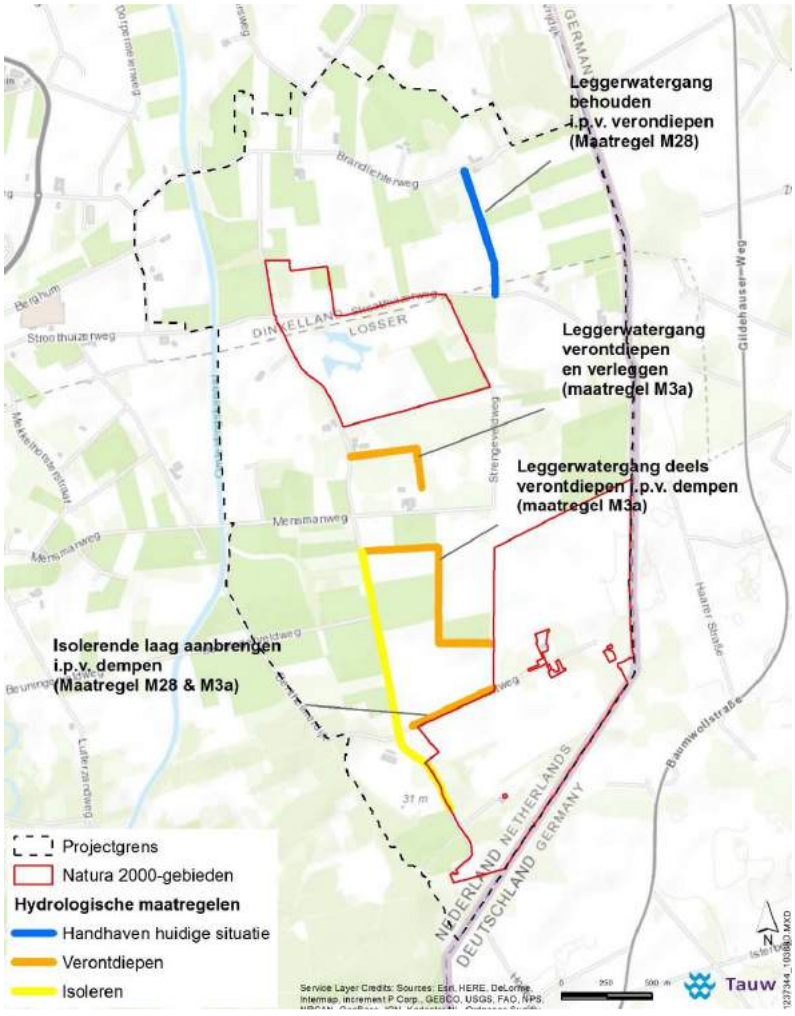
de grondwaterstand lager is geworden en in winter en voorjaar geen grondwater kan toestromen naar de slenken met natte heide en de vennen met zwakgebufferde venvegetaties zoals het Oortven.

In het Strengeveld, ten noorden van het Beuninger Achterveld, worden sloten gedempt, de aanwezige drainage verwijderd en het originele maaiveldniveau van de laagte hersteld. De waterlopen zorgen voor een sterke verlaging van de grondwaterstand in het Beuninger Achterveld waardoor verdroging is opgetreden.

In het middengebied worden de aanwezige waterlopen gedempt, verondiept of verlegd. De mate waarin dit nodig is, hangt grotendeels af van de afstand en diepte van de ontwateringsmiddelen ten opzichte van het Beuninger Achterveld, Punthuizen en Stroothuizen.

Rondom Punthuizen worden aanwezige waterlopen gedempt of verondiept. De waterloop langs de Punthuizerweg wordt hydrologisch geïsoleerd omdat deze een belangrijke afvoerfunctie heeft voor de aanwezige erven langs deze weg. Door deze waterlopen te dempen worden verdroging en verzuring in Punthuizen aangepakt.

De hiervoor besproken maatregelen komen grotendeels overeen met de maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse. Veel van de maatregelen betreffen detailuitwerkingen op perceelsniveau. Een aantal maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse zijn gewijzigd. De belangrijkste wijzigingen van de korte termijn maatregelen uit de gebiedsanalyse worden hierna besproken. Vervolgens is het effect van deze veranderingen op de instandhoudingsdoelen in beeld gebracht. De belangrijkste wijzigen (daar waar maatregelen vervallen of fors aangepast zijn) ten opzichte van de PAS gebiedsanalyse zijn weergegeven in figuur 56.



Figuur 56 Wijzingen korte termijn maatregelen in voorstel kennisteam ten opzichte van PAS gebiedsanalyse voor de korte termijn maatregelen

In het middengebied (maatregel M30) wordt maatregel M3a, het dempen van de leggerwaterloop in dit gebied aangepast. Het eerste deel van de waterloop tussen de Holtweg, dat parallel loopt aan de Strengeveldweg wordt gedempt. Op het punt waar de waterloop vanaf de Strengeveldweg afbuigt naar het westen tot aan de klootschietbaan wordt de waterloop verondiept tot 30 centimeter onder maaiveld in plaats van gedempt. Vanaf de klootschietbaan tot aan de het punt waar de waterloop onder de Punthuizerweg doorloopt wordt de waterloop verondiept naar 50 cm onder maaiveld in plaats van gedempt.

De leggerwaterloop langs de Punthuizerweg staat in de gebiedanalyse deels als te dempen (M3a) en te verondiepen (M28). In het eerste voorstel was deze maatregelen aangepast naar een verondieping tot 30 centimeter onder maaiveld (tot aan Holtweg) en 60-80 centimeter benedenstrooms van de Holtweg. Het effect van deze maatregelen op de afwatering van erven tijdens extreem natte omstandigheden is doorgerekend (Tauw, 2017). Uit deze doorrekening bleek dat het risico op wateroverlast op enkele erven zal toenemen indien de waterloop wordt verondiept. Bovendien zouden op vrijwel alle erven aanpassingen in de hemelwaterafvoer moeten worden gedaan zoals het verleggen van duikers, kabel en leidingen etc. Omdat de waterloop langs de Punthuizerweg wel van invloed is op de hydrologische situatie aan de westzijde van Punthuizen is de maatregel aangepast. De waterloop zal hydrologisch worden geïsoleerd van haar omgeving door het aanbrengen van een kleilaag. Daardoor blijft de afwateringscapaciteit van de waterloop geborgd. Regenwater afkomstig van de woningen en erven kan worden afgevoerd, terwijl tegelijkertijd de waterloop niet meer drainerend op haar omgeving werkt. Naast deze aanpassing worden op de kruising van Holtweg en Punthuizerweg een aantal bermsloten die eveneens de afwatering van een tweetal erven verzorgen gehandhaafd. Ook hier geldt dat verondiepen zal leiden tot overlast op aangrenzende woningen en opstallen (Tauw, 2017).

De leggerwaterloop tussen de Mensmansweg en Stroothuizen (maatregel M3a) zal niet worden gedempt maar worden verlegd naar de zuidzijde (verder van het natuurgebied af) en verondiept tot 60 cm – maaiveld. De overige sloten en drainage zullen worden gedempt/verwijderd met uitzondering van de drainage op de huiskavel aan de zuidwestzijde. Daarnaast is het dempen van een greppel langs de Strengeveldweg toegevoegd omdat deze ontbrak in de gebiedsanalyse.

De in de PAS gebiedsanalyse voorgestelde verondieping van de waterloop ten noorden van de Stroothuizerweg (M28) wordt geschrapt. Uit berekeningen (zie kaartenbijlage) blijkt dat deze maatregelen nauwelijks (minder dan 5 cm) effect heeft op het deelgebied Stroothuizen terwijl de maatregelen in een zeer groot gebied zou leiden tot forse vernatting van landbouwgronden. Bovendien worden met de maatregelen ten oosten en zuiden van Stroothuizen de belangrijkste knelpunten in voldoende mate aangepakt. Herstel van de opbolling van de grondwaterstand in het infiltratiegebied, in combinatie met het voorkomen van de toestroom van vermest grondwater zijn de belangrijkste maatregelen voor herstel van het Oortven en de in het westelijk deel van Stroothuizen gelegen natte heide en vennen. Het is op voorhand moeilijk te bepalen of de maatregelen leiden tot voldoende herstel van de buffering van het Oortven (herstel waterkwaliteit) door toestroom van gebufferd grondwater omdat naast de mate waarin gebufferd grondwater kan toestromen ook stikstofdepositie van invloed is op de waterkwaliteit in het Oortven. Het is daarom van groot belang dat de effecten van de maatregelen worden gemonitord. Mocht uit monitoring blijken dat de effecten van de voorgestelde maatregelen onvoldoende is, dan is in plaats van het verondiepen van deze waterloop een aanpassing van het stuwpeil een logisch alternatief. Vanwege droogval heeft de waterloop weinig invloed op de zomersituatie. Verhoging van de grondwaterstand in winter en voorjaar kan ook worden bewerkstelligd door het winterpeil te verhoging naar het zomerpeil en dus jaarrond een vast peil te hanteren bij de stuw ten noorden van de Stroothuizerweg. Op deze manier kan de afwatering van de Stroothuizerweg, de erven en gebouwen en de landbouwgronden ten oosten van Stroothuizen in stand worden gehouden.

De overige maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse worden ongewijzigd doorgevoerd. De kaart met hydrologische maatregelen is opgenomen in figuur 55.

Om het effect van de wijzingen ten opzichte van de PAS gebiedsanalyse in beeld te brengen zijn zowel de maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse als het definitieve maatregelenpakket doorgerekend met het grondwatermodel (Bor, 2017). In de kaartenbijlage zijn de verschillen tussen de twee maatregelenpakket voor winter (ghg), voorjaar (gvg) en zomer (glg) weergegeven. Uit deze berekening blijkt dat de aanpassingen geen of slechts zeer geringe (< 5 centimeter) verschillen in effect generen. Rondom Punthuizen zijn helemaal geen effecten waarneembaar. Dat komt doordat de aanpassingen zeer gering zijn en eigenlijk alleen greppels betreffen die alleen bij heftige regenval water van verhard oppervlak (wegen en erven) afvoeren. In het middengebied (M30) blijven de verschillen beperkt tot het landbouwgebied. Het schrappen van de verondieping ten noorden van de Stroothuizerweg (M28) leidt tot een vermindering van het effect in winter en voorjaar van minder dan 5 centimeter. Er is geen effect in de zomer (glg).

In tabel 6 zijn voor de huidige situatie, het maatregelenpakket uit de PAS gebiedsanalyse en voor het maatregelenpakket dat voor de korte termijn is geformuleerd door het kennisteam de doelgaten weergegeven na uitvoering van de maatregelen. Voor de gehanteerde randvoorwaarden wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

			Huidig		KT kennisteam		KT PAS	
Peilbuis	Deelgebied	Habitattype	GLG (m)	GVG	GLG	GVG	GLG	GVG
B29C0258	Punthuizen	H6410		0,15		0,12		0,12
B29C0256	Punthuizen	H4010A		-0,22		-0,26		-0,26
B29C0252	Punthuizen	H6410	0,2	-0,19	0,14	-0,23	0,14	-0,23
B29C0251	Punthuizen	H6410	0,24	-0,04	0,18	-0,07	0,18	-0,08
B29C0250	Punthuizen	H6410	0,25	-0,02	0,19	-0,06	0,19	-0,06
B29C0249	Punthuizen	H6410	0,51	0,2	0,45	0,16	0,45	0,15
B29C0245	Punthuizen	H6410	0,42	0,13	0,37	0,10	0,37	0,10
B29C0243	Punthuizen	H4010A		0,07		0,02		0,02
B29C0242	Punthuizen	H4010A		0,04		-0,02		-0,02
B29A0752	Stroothuizen	H4010A		-0,02		-0,13		-0,14
B29A0208	Stroothuizen	H3130	-0,07	0,12	-0,17	0,07	-0,18	0,07
B29A0204	Stroothuizen	H4010A		-0,3		-0,34		-0,34
B29A0199	Stroothuizen	H4010A		-0,12		-0,23		-0,24
B29A0198	Stroothuizen	H4010A		-0,06		-0,14		-0,14
B29A0197	Stroothuizen	H4010A		-0,08		-0,16		-0,16
B29A0194	Stroothuizen	H6410	-0,4	-0,36	-0,53	-0,39	-0,54	-0,40
B29A0193	Stroothuizen	H6410	-0,03	-0,11	-0,15	-0,15	-0,16	-0,15
B29A0191	Stroothuizen	H6410	-0,17	0,07	-0,29	0,03	-0,30	0,03

Legenda

- Grondwaterstand te laag
- Grondwaterstand nagenoeg op ondergrens optimale bereik
- Grondwaterstand binnen randvoorwaarden
- Geen randvoorwaarden

Habitattypen

H6410	Blauwgraslanden
H4010A	Vochtige heiden
H3130	Zwakgebufferde vennen

Tabel 6 doelgat voor huidige situatie, korte termijn maatregelen pakket PAS gebiedsanalyse en korte termijn maatregelenpakket kennisteam

Op basis van de berekende doelgat wordt duidelijk dat de effecten van de het PAS maatregelenpakket en het voorstel voor korte termijn maatregelen van het kennisteam niet van elkaar verschillen. De doelgaten zijn aan elkaar gelijk en op 1 locatie is er een berekend verschil van slechts 1 centimeter.

Voor Stroothuizen bevinden de grondwaterstanden zich in de huidige situatie op het grootste deel van de locaties met peilbuizen binnen de ecologische vereisten. Voor locatie B29A0191 wordt het doelgat als gevolg van de korte termijn maatregelen opgelost. Op locaties B29A0208 blijft een doelgat bestaan van 7 centimeter. Op locaties waar de grondwaterstanden zich al binnen de optimale bandbreedte bevonden zorgen de maatregelen ervoor dat de grondwaterstanden zich meer in het midden van de optimale bandbreedte gaan bevinden. De grondwaterstanden worden daardoor robuuster voor droge zomers.

Binnen Punthuizen blijft na uitvoering van de korte termijn maatregelen sprake van verdroging. Hoewel de maatregelen op een deel van de locaties positief doorwerken op de grondwatersituatie is het effect niet voldoende om het doelgat volledig te dichten. Dat geldt met name voor de zomersituatie en op twee locaties ook voor de voorjaarssituatie. Het betreft allen locaties met het habitattype Blauwgrasland. Voor locaties met het habitattype Vochtige heide is de situatie na uitvoering van maatregelen voldoende.

Naast effect op grondwaterstanden is ook het effect van maatregelen op de toestroom van basenrijk grondwater door kwel belangrijk. Deze effecten zijn enerzijds in beeld gebracht door fluxen in winter, voorjaar en zomer te berekenen en voor de voorjaarsituatie in beeld te brengen in hoeverre er sprake is van een toename van kwel, omslag van wegzijging naar kwel of vermindering van wegzijging. De patronen zijn weergegeven in bijlage 4.

De analyse van kwel- en wegzijgingspatronen laat zien dat de maatregelen positief uitwerken op locaties waar habitattypen voorkomen die afhankelijk zijn van toestroom van gebufferd grondwater door kwel. In Stroothuizen neemt de kwel in de centrale slenk toe en slaat aan de randen van de slenk infiltratie om in kwel. Ook aan de zuidzijde van het Oortven neemt de invloed van kwel toe.
Binnen Punthuizen neemt in de centrale laagte aan de randen de kwel toe of slaat wegzijging om in kwel. Juist hier bevinden zich rompgemeenschappen van het Blauwgrasland. En de overige delen van de laagte neemt de wegzijging af. Beide ontwikkelingen zijn bezien van de instandhoudingsdoelen positief. Verder valt op dat in een aantal percelen waar landbouwgronden worden omgevormd naar natuur na uitvoering van maatregelen eveneens sprake is van kwel in de laagste delen. Deze locaties vormen mogelijk locaties voor realisatie van uitbereiding van het habitattype Blauwgrasland (zie paragraaf 6.4)

Het model berekend kwel of de scheidende laag . Op voorhand kan lastig worden ingeschat of en zo ja, hoeveel van deze kwel daadwerkelijk in maaiveld komt en of deze kwelhoeveelheden in staat zijn om de basenverzadiging op peil te brengen of te houden. Om te kunnen toetsen of de maatregelen voldoende zijn om te voldoen aan de ecologische vereisten is door KWR (Aggenbach en Cirkel, 2017a) een analyse uitgevoerd of de huidige en toekomstige (na uitvoering van maatregelen) aanvoer van basen via kwel voldoende is om de basenverzadiging op peil te houden en/of te krijgen. De conclusies uit deze analyse zijn opgenomen in het vorige hoofdstuk onder in het antwoord op onderzoeksvraag 6.

Voor Punthuizen laten de maatregelen een positief effect zien op de kwelfluxen. Voor de onderzochte locaties is de kwelflux in de huidige situatie in gemiddelde of natte jaren reeds groot maar treedt in droge jaren niet of nauwelijks kwel van basenrijk water op. Als gevolg van de maatregelen nemen de fluxen toe en treden deze vaker op. Daardoor wordt de kans dat verzuring optreedt kleiner. Daarbij zijn de effecten groter naarmate meer ingrepen in de ontwatering rondom Punthuizen worden gedaan.

Ook in Stroothuizen zorgen de PAS maatregelen voor een toename van de kwelfluxen. De berekende toename van de kwelflux als gevolg van de maatregelen lijkt onvoldoende voor herstel van basenverzadiging. Hierbij dient te worden aangetekend dat het slechts 1 locatie betreft en dat bovenstrooms in de slenk gelegen locaties niet konden worden meegenomen in de berekeningen. De modelaannames voor Stroothuizen, onder andere het niveau van de afvoerdrempels binnen het systeem en de drainageweerstand zijn van grote invloed op de uitkomsten. Daarnaast geldt dat er een aanname is gedaan voor de periode waarin herstel van de basenverzadiging op zal moeten treden. Omdat deze in de huidige situatie onvoldoende is zal de basenverzadiging eerst op niveau moeten komen alvorens deze, met geringe kwelfluxen, op niveau kan worden gehouden. Tegelijkertijd laten de resultaten een

toename van de invloed van kwelwater zien. Het aandeel kwelwater in de wortelzone neemt periodiek toe als gevolg van de maatregelen.
Berekende fluxen met het grondwatermodel laten ondanks de geringe effecten van de maatregelen op de freatische grondwaterstanden wel een grote toename (tot meerdere mm/d) van de kwelflux over de 1e scheidende laag zien. Dat betekent echter niet automatisch dat deze kwel in de wortelzone komt en daarmee invloed heeft op de basenverzadiging. De modeluitkomsten zijn daarom niet 1 op 1 te vergelijken met de uitkomsten uit het onderzoek van KWR (Aggenbach en Cirkel, 2017a).
In de huidige situatie vindt er, met name aan de noordzijde van Stroothuizen, maar deels ook aan de westzijde van de Punthuizerweg, veel afvoer van basenrijk grondwater plaats door het intensieve en diepe slotenstelsel. De sloten voeren jaarrond water, hetgeen een aanwijzing is dat vooral dieper grondwater wordt afgevoerd door deze waterlopen. Dit in tegenstelling tot de waterlopen aan de zuidzijde en westzijde, die vooral in winter en voorjaar draineren werken maar in de zomer droogvallen. Aan de noordzijde zal het diepe waterlopenstelsel worden gedempt als onderdeel van de korte termijn PAS maatregelen. De modelresultaten laten een sterk effect van deze maatregelen zien op grondwaterstroming, -standen en kwel.
Vanwege de onzekerheden of de maatregelen tot een voldoende toename van de basenverzadiging zullen leiden, stelt het kennisteam voor om de korte termijnmaatregelen uit te voeren en in te zetten op een intensieve monitoring van basenverzadiging en grondwaterkwaliteit in combinatie met het meten van freatische grondwaterstanden op verschillende diepte en het meten van de stijghoogte. Op deze wijze kan het effect van de maatregelen worden gemonitord en kan waar nodig worden bijgestuurd.

Voor het Beuninger Achterveld is in tabel 6 geen doelgatbepaling opgenomen. Er zijn hier geen voldoende lange meetreeksen beschikbaar (zie hoofdstuk 3). De huidige grondwaterstanden bevinden zich in het voorjaar in de lage delen aan de rand de vereisten (40 cm –mv) en de hogere delen daaronder (zie hoofdstuk 3). De maatregelen resulteren in een verhoging van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand van 10-15 centimeter op locaties met het habitattype Vochtige heide (H4010A) en Pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150). Daarmee zorgen de maatregelen dat de voorjaarsgrondwaterstanden op de lage delen binnen de vereisten komen te liggen. Daarnaast zullen de grondwaterstanden minder snel en minder diep wegzakken, omdat ook de zomergrondwaterstanden hoger worden en er vanuit de zuidelijke gelegen slenk water door het Beuninger Achterveld wordt aangevoerd in natte (winter)perioden. Dit remt de successie, waardoor Pioniervegetaties met snavelbiezen langer in stand kunnen worden gehouden en Vochtige heide minder snel zal vergrassen.

6.2 Maatregelen bemesting

Voor alle percelen binnen het plangebied die fungeren als intrekgebied voor Punthuizen, Stroothuizen of Beuninger Achterveld is de maatregel: stoppen reguliere bemesting. Alleen beweiding met maximaal 1,5 GVE is nog mogelijk op deze percelen. Door de gebruiksmogelijkheden van deze percelen (effecten hydrologische maatregelen en bemesting stoppen) wordt in het Inrichtingsplan (Tauw, 2017) een functiewijziging naar natuur voorgesteld. Dat betekent dat op deze percelen de voorwaarden van het SNL-natuurdoeltype gelden. In paragraaf 6.3 en 6.4 wordt dit nader toegelicht. Hieronder wordt de totstandkoming van deze bemestingsbeperkende maatregel beschreven.

Vanwege de combinatie hydrologische maatregelen en stoppen reguliere bemesting is er geen perspectief meer op regulier agrarisch gebruik van deze percelen. In het Provinciaal Inpassingsplan (PIP) zijn deze percelen opgenomen als natuur. Hier wordt gekozen voor met een beheervorm die ten goede komt aan het natuurdoeltype dat zich op deze percelen kan ontwikkelen.

De werkwijze waarop deze maatregelen tot stand zijn gekomen is toegelicht in hoofdstuk 4. In de kaartenbijlage zijn de resultaten uit de bemestingsmaatregelenwijzer op kaart weergegeven. De kaarten geven de risico van bemesting weer op:

- Nitraatuitspoeling naar grondwater
- Ondiepe uitspoeling van N en P naar het oppervlaktewater
- Oppervlakkige afspoeling van fosfaat en stikstof

- Erosie van bodemdeeltjes met risico voor aanvoer van aan bodem gebonden P

Voor percelen waar geen relatie ligt tussen het grondgebruik en de habitattypen in de gebieden zijn geen risico's op kaart opgenomen. Dat geldt voor percelen die geen onderdeel uitmaken van het intrekgebied van kwelafhankelijke habitattypen (zie bijlage 8 van modelrapportage, Bor 2017) en voor percelen waarvan aanvoer van oppervlaktewater over maaiveld niet via de natuurgebieden plaatsvindt.

Naast de risico-inschatting vanuit de bemestingswijzer, zijn voor Stroothuizen ook de uitkomsten van het grondwaterkwaliteitsonderzoek (zie paragraaf 5.2) betrokken bij het formuleren van deze maatregelen. Daarnaast is gebruik gemaakt van de expertkennis van het kennisteam en zijn de uitkomsten van het hydrologisch onderzoek (hydrologische effecten inrichtingsmaatregelen) benut bij het bepalen van de bemestingsmaatregelen.

Het stopzetten van bemesting is noodzakelijk vanwege de korte reistijden van het grondwater, de gevoeligheid van de habitattypen voor aanvoer van nutriënten en de grote risico's op aanvoer van nitraat en fosfaat via grond- en oppervlaktewater. De kaarten van de bemestingswijzer bevestigen dit beeld. Op alle percelen is een groot risico op uitspoeling van nitraat via het grondwater, met uitzondering van een perceel tussen Punthuizen en Beuninger Achterveld, het Strengeveld en één perceel direct grenzend ten zuiden van Stroothuizen.

Voor het Beuninger Achterveld kan systeemherstel door oppervlakkige afvoer van water via het slenkenpatroon alleen optreden indien het oppervlaktewater geen verhoogde nitraat en fosfaatgehalten bevat. De natte heide in het Beuninger Achterveld is zeer gevoelig voor aanvoer van voedselrijk water. Daarnaast grenzen de percelen ten zuiden van Beuninger Achterveld direct aan de Droge en Vochtige heiden. Huidige bemesting van de percelen zorgt ervoor dat meststoffen uitspoelen vanuit de hogere gelegen percelen naar het Beuninger Achterveld. Daarom moet bemesting op deze percelen worden gestopt.

Voor Punthuizen geldt dat in de huidige situatie in natte perioden vermest oppervlaktewater direct het Blauwgrasland inloopt. De hogere delen van de percelen ten zuiden van het gebied maken onderdeel uit van het lokale infiltratiegebied van de laagte met Blauwgrasland. Daarnaast hebben deze percelen een hoog risico op uitspoeling van nitraat via het grondwater. Daarom moet bemesting op dit perceel worden gestopt.

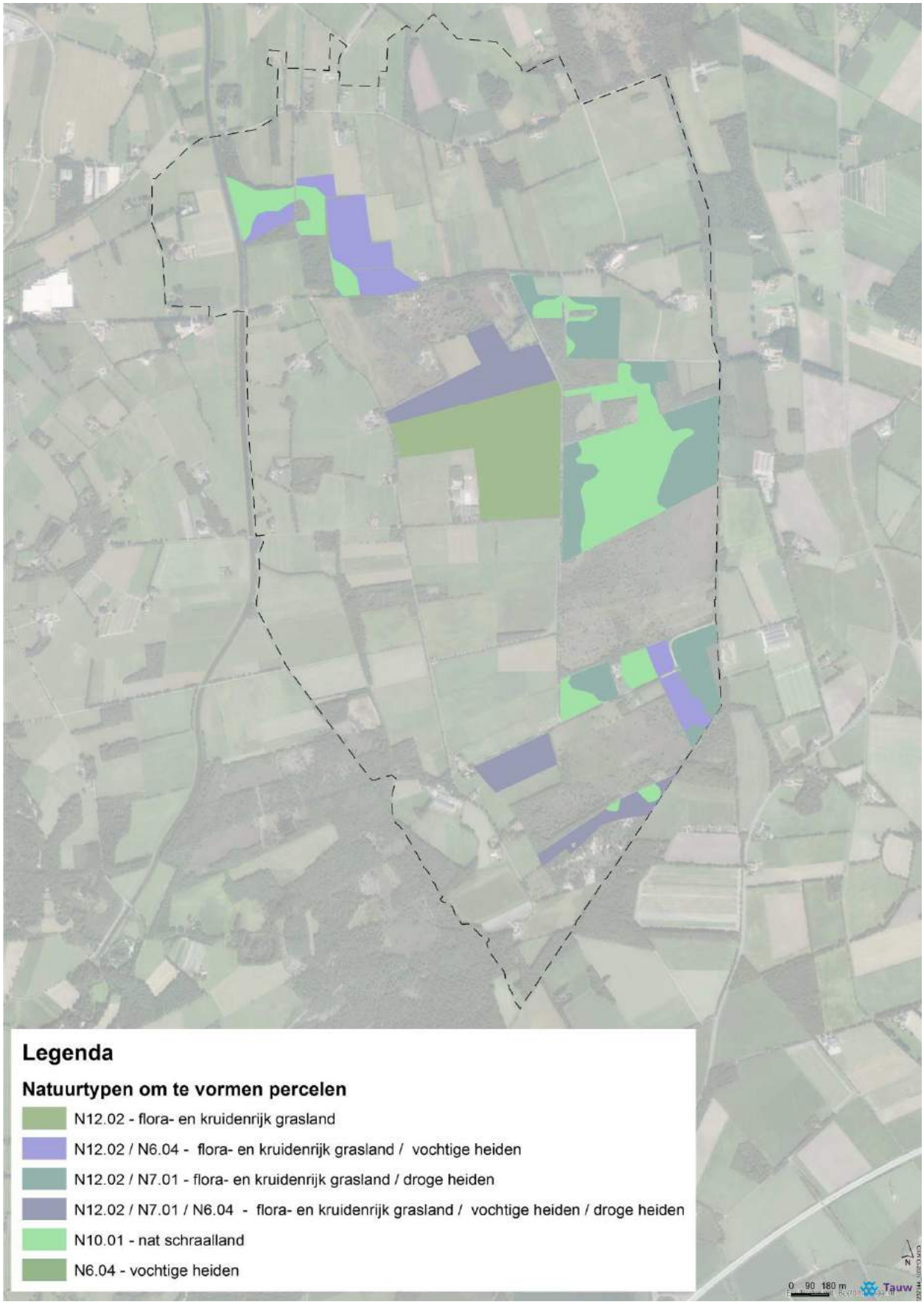
Voor Stroothuizen geldt specifiek dat sinds de jaren '90 de invloed van vermest grondwater in het diepe grondwater is toegenomen (zie paragraaf 5.2). Aanvoer van sulfaatrijk grondwater vormt, naast onvoldoende toevoer van kwel, het grootste knelpunt voor de centrale slenk met Blauwgrasland en zwakgebufferde venvegetaties (zie paragraaf 5.2). Daarom zijn ook voor dit deelgebied voor alle in het lokale intrekgebied gelegen percelen bemestingsmaatregelen noodzakelijk (M3b/M3c). Voor het perceel aan de zuidwestzijde van Stroothuizen zijn geen bemestingsmaatregelen nodig om het grondwater dat in dit perceel infiltreert langs Stroothuizen stroomt. Daardoor is het niet van invloed op de habitattypen in het natuurgebied.

De intrekgebieden waar bemestingsmaatregelen op van toepassing zijn opgenomen in figuur 57. Voor de wijze waarop deze intrekgebieden zijn bepaald wordt verwezen naar paragraaf 4.2. en bijlage 7. De ingevulde bemestingsmaatregelenwijzers op perceelsniveau maken onderdeel uit van de eigenarendossiers.

Figuur 57 Intrekgebieden van grondwatergevoedde habitats waar als maatregel stopzetten bemesting is opgenomen

6.3 Uitwerking natuurpotenties

Voor de percelen waar omvorming naar natuur is opgenomen in het Inrichtingsplan (Tauw, 2017), is een inschatting gemaakt van de natuurpakketten die na inrichting en beheer gerealiseerd kunnen worden. De inschatting van natuurpakketten is gebaseerd op bodemtype, de toekomstige hydrologische situatie (grondwaterstanden en kwel) en ervaringen opgedaan in eerder uitgevoerde herstelprojecten binnen het plangebied. Voor de percelen binnen de plangrens waar maatregelen zijn geformuleerd, is daarbij gekeken of realisatie van de uitbereidingsdoelen voor Droge heide en Blauwgrasland tot de mogelijkheden behoort (zie paragraaf 6.4). De inrichting van percelen als nieuwe natuur dient op basis van bodemonderzoek (bodemopbouw en bodemkwaliteit) meer in detail te worden uitgewerkt, waarbij ook de potenties voor realisatie van bijvoorbeeld blauwgrasland of heidevegetaties beter in beeld kan worden gebracht. In alle gevallen geldt dat inrichting van de percelen waar nieuwe natuur wordt ingericht, niet ten koste mag gaan van de instandhoudingsdoelen in de huidige natuurgebieden. Met name waar dekzandruggen onderdeel uitmaken van lokale grondwatersystemen mag afgraven niet van invloed zijn op het hydrologisch functioneren. Door ook op deze delen bodemkwaliteitsonderzoek uit te voeren kan bepaald worden hoe eventueel afgraven van invloed is op de hydrologie. Afgraven van deze percelen tot onder het niveau waar het grondwater zich bevindt in natte perioden, is in ieder geval ongewenst. De kaart met een inschatting van natuurpotenties in de vorm van SNL typen is weergegeven in figuur 58.



Figuur 58 Inschatting realisatie SNL types. Definitieve potenties en keuzes dienen te worden gemaakt op basis van nader onderzoek

6.4 Overgangs- en eindbeheer

Deze paragraaf beschrijft het gewenste overgangsbeheer -en eindbeheer op hoofdlijnen.
Op basis van een nog uit te voeren bodemkwaliteitsonderzoek (nutriënten en profielopbouw) zal een concrete uitwerking van dit beheer op perceels- en gebiedsniveau plaatsvinden.

De ruggengraat van het maatregelpakket is herstel van de slenkenstructuur, waardoor grondwaterstromingen en –standen, maar ook inundatie en afvoer van oppervlaktewater een meer natuurlijk verloop krijgen. De slenken zijn van nature voedselarm tot matig voedselarm. De 'begraven' slenken aan de zuidzijde en noordzijde van Punthuizen, de zuidzijde en noordzijde Beuninger Achterheide en noordzijde Stroothuizen zijn in gangbaar agrarisch gebruik. De eerste stap is herstel van de voedselarme tot matig voedselarme uitgangssituatie door uitmijnen. Hierbij is het doel om met de aanwezige hoogproductieve grassen, of in geval van akker met granen, zoveel mogelijk beschikbaar fosfaat aan de bodem te onttrekken. De belangrijkste plantenvoedende stoffen stikstof (N), fosfaat (P), kali (K) en eventueel zwavel (S) dienen daarbij zoveel mogelijk in balans te zijn, zodat het gewas zo optimaal mogelijk kan groeien en daarbij de vrij beschikbare voedingsstoffen kan opnemen. Het is goed om dat op basis van periodiek onderzoek naar de bodemvruchtbaarheid te actualiseren. In de regel is een aanvulling van K voldoende. Door spontane vestiging of eventueel inzaai van vlinderbloemigen – klavers wordt in N voorzien. Wanneer de beschikbare fosfaat voldoende is opgesoupeerd, kan worden overgestapt op een verschralingsbeheer (maaien en afvoeren en/of (na)weiden). Bij dicht geschoven laagten is het vervolgens noodzakelijk om de opgebrachte grond te ontgraven, waardoor de slenkenstructuur hersteld wordt. Om de natuurlijkheid van de waterhuishouding te herstellen dienen gelijktijdig buisdrains verwijderd, greppels gedempt en sloten tot het nieuwe maaiveld verondiept te worden. Door vernatting komt opnieuw fosfaat beschikbaar en zal het verschralingsbeheer geïntensiveerd moeten worden. Na ontgraving ontstaat een kiembed voor kruidachtige en houtachtige gewassen. De gewenste vegetatietypen bestaan uit kruidachtige vegetaties passend in het open heidelandschap en de daarin aanwezige N2000 doelen. Verbossing met houtige gewassen moet dan worden voorkomen door extra maaibeurten. Dit valt deels samen met de extra maaibeurt(en) in verband met grotere beschikbaarheid van fosfaat door vernatting.

De hoger gelegen dekzandruggen zijn eveneens in gangbaar agrarisch gebruik. Deze gronden zijn van nature voedselarm en hebben een belangrijke rol in het hydrologisch functioneren van de lokale gradiënten van dekzandruggen naar slenken. De eerste stap is herstel van de voedselarme uitgangssituatie door uitmijnen. Hierbij is het doel om met de aanwezige hoogproductieve grassen of in geval van akker met granen zoveel mogelijk beschikbaar fosfaat te onttrekken. De belangrijkste plantenvoedende stoffen stikstof (N), fosfaat (P), kali (K) en eventueel zwavel (S) dienen daarbij zoveel mogelijk in balans te zijn, zodat het gewas zo optimaal mogelijk kan groeien en daarbij de vrij beschikbare voedingsstoffen kan opnemen. Het is goed om dat op basis van periodiek onderzoek naar de bodemvruchtbaarheid te actualiseren. In de regel is een aanvulling van K voldoende. Door spontane vestiging of eventueel inzaai van vlinderbloemigen – klavers wordt in N voorzien. Wanneer de beschikbare fosfaat opgesoupeerd is, kan worden overgestapt op een verschralingsbeheer (maaien en afvoeren en/of (na)weiden). De ontwikkeling naar een vegetatie gedomineerd door Struikheide en of Dopheide zal mogelijk enkele decennia op zich laten wachten. Een heidelandschap met elementen van droog grasland, heischraalgrasland en heide is vanuit faunistisch oogpunt een winstpunt ten opzichte van de huidige droge en vochtige heiden met zeer weinig nectarplanten. Door intensief landgebruik is de bodem qua fauna vaak uitgewoond. Herstel van het bodemleven zal mogelijk enkele decennia duren. Experimenteren met enten van gezonde grond zou dit proces kunnen versnellen.

Met het overgangsbeheer wordt beoogd om via de weg van de geleidelijkheid voedselrijkdom en hydrologische condities op orde te krijgen met als doel om de samenhangen van dekzandruggen en slenken te herstellen. Idealiter is eerste stap voor zowel hoog als laag gelegen percelen verschralen van de bodem en de tweede stap vernatten – herstel slenkenstructuur. Voordat vernatting plaatsvindt dient in elk geval de reguliere bemesting van de betreffende percelen te zijn gestopt.

Volgordelijk is het van belang dat eerst de voedselrijkdom fors wordt teruggebracht zowel op de hoge als de lage delen. Herstel en integreren van de slenken kan pas wanneer het oppervlaktewater schoon is (voedselarm tot matig voedselarm).

Verzachten van harde grenzen (houtsingels, bosjes etc.) tussen bestaande natuur en maatregelgebieden, zodat opschalen van het open heidelandschap een logische stap is. Het doel zou moeten zijn om een landschappelijke eenheid te ontwikkelen waar kenmerken van het jonge heideontginningslandschap en het open heidelandschap elkaar versterken door contrast en verwevenheid.

6.5 Uitbreidingsdoelen

Voor het gebied Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld zijn naast behoudsdoelstellingen ook uitbreidingsdoelen gedefinieerd voor de habitattypen Blauwgrasland en Droge heide. De mogelijkheden dienen nader in beeld worden gebracht, maar vooralsnog ziet het kennisteam een aantal mogelijke locaties.
Uitbreiding van Droge heide is op korte termijn vooral realiseerbaar binnen bestaande natuurgebieden waar nu nog productiebos (naaldhout) aanwezig is, of op in het verleden ingerichte landbouwpercelen (Groener, Nijhuis) door verder verschralingsbeheer. Op langere termijn zijn er enkele mogelijk om te vormen landbouwpercelen waar Droge heide kan worden gerealiseerd. Of dat door inrichting of verschralingsbeheer kan worden gerealiseerd hangt af van de situatie. Wanneer de hogere delen onderdeel uitmaken van de lokale infiltratiegebieden en grondwaterstand in zich dichtbij of aan maaiveld bevinden, is afgraven niet gewenst omdat dit ten koste gaat van de delen waar zich al grondwaterafhankelijk habitattypen bevinden of ontwikkeld kunnen worden.
Uitbereiding van Blauwgrasland is slechts op een beperkt aantal locaties mogelijk. De grootste kansen liggen in het Strengeveld. De laagte tussen Beuninger Achterveld en Stroothuizen maakt integraal onderdeel uit van het systeemherstel waarop wordt ingezet. Hier kwam voor de ruilverkaveling zeer goed ontwikkeld blauwgrasland voor. Deze locatie is begrensd als nieuwe natuur maar ligt buiten de Natura 2000 begrenzing. Andere mogelijkheden liggen in de slenk ten noorden van Stroothuizen, een kleine laagte aan de westzijde van Punthuizen en een kleine laagte tussen Punthuizen en het Beuninger Achterveld. Het is de vraag of de slenk ten noorden van Stroothuizen niet meer mogelijkheden voor Dotterbloemhooiland dan Blauwgrasland in zich heeft vanwege de lage ligging in het systeem. De laagte bij het Beuninger Achterveld is klein van omvang maar biedt kansen. Herstelmogelijkheden in de laagte aan de westzijde van Punthuizen hangen af van de wensen van de eigenaren, omdat het belangrijkste deel van de laagte net buiten de Natura 2000 begrenzing ligt.
Gezien de sterke achteruitgang van Blauwgrasland in Stroothuizen en het feit dat Blauwgrasland één van de meest bedreigde habitattypen binnen Nederland is, is het van belang om potenties ten volle te benutten.
Herstel van oorspronkelijk reliëf van dichtgeschoven laagtes is uitgangspunt bij natuurontwikkeling op landbouwgrond. Onderzoek naar bodemkwaliteit (fosfaathuishouding en basenverzadiging) en extra onderzoek naar bodemopbouw zijn noodzakelijk voor een betere inschatting van de mogelijkheden.
Naast inrichtingsmaatregelen zijn geen (extra) hydrologische maatregelen noodzakelijk. De uitbereiding lift mee met de PAS maatregelen.

6.6 Volgordelijkheid uitvoering maatregelen

Om de instandhoudingdoelen te halen is een juiste volgorde van uitvoering van maatregelen cruciaal omdat de maatregelen op veel onderdelen een in belangrijke mate met elkaar samenhangen. Voor een aantal onderdelen is daarom uitgewerkt in welke volgorde maatregelen genomen moeten worden.

Het herstel van het oostelijke slenkensysteem tussen Punthuizen, via het Beuninger Achterveld naar het Strengeveld dient als volgt te worden uitgevoerd:

- Allereerst moet de bemesting van de landbouwpercelen die in de toekomst afwateren op dit systeem worden gestopt.
- Uitvoering van de hydrologische maatregelen en inrichting van deze percelen als nieuwe natuur geschiedt bij voorkeur na het gewenste overgangsbeheer.
- Pas wanneer het oppervlakte- en grondwater dat zal worden afgevoerd via het Beuninger Achterveld schoon (dus geen verhoogde nitraat en fosfaatgehalten) is kan de afvoer van naar het Beuninger Achterveld worden hersteld. Tot die tijd dient het water van de (voormalige) landbouwpercelen afgevoerd te worden via de bestaande verduikering naar de leggerwaterloop langs de Strengeveldweg.

- Dat betekent dat de waterloop langs de Strengeveldweg pas verondiept/gedempt kan worden nadat de waterafvoer naar het Beuninger Achterveld hersteld is. Alternatief is om te kijken of deze afwateringsrichting na omvorming naar natuur al op een hogere niveau plaats te laten vinden zonder dat overlast op de beide erven plaatsvindt.
- Voor het aankoppelen van de voormalige landbouwgronden op het Beuninger Achterveld moet de slenk in dit natuurgebied worden herstel. Daarvoor dienen de horsten met Pijpestrootje te worden gemaaid en moeten de greppeltjes met wallen in dit gebied zijn verwijderd. Daarnaast moet het aansluitpunt waar het water het huidige natuurgebied instroomt op de juiste hoogte zijn aangelegd. Het is verstandig om de afvoer naar de verduikering in eerste instantie in stand te houden als noodafvoer. Zo kan het nieuwe systeem haar werking in de praktijk bewijzen.
- Het herstel van de slenk in het Beuninger Achterveld dient gelijktijdig of na uitvoering van de hydrologische maatregelen in het Strengeveld (percelen ten noorden van het Beuninger Achterveld) te worden uitgevoerd. Zo lang de verdroging niet is opgeheven is herstel niet effectief, omdat de laagte wel snel zal dichtgroeien met Pijpestrootje.
- Herstel van de slenk ten noorden van de Zwartkampsweg dient in samenhang met het gedeelte ten zuiden van de Zwartkampsweg te worden uitgevoerd.

Voor Stroothuizen is het van belang dat de bemesting in het intrekgebied gelijktijdig of voorafgaand aan de hydrologische maatregelen wordt uitgevoerd, om een toename van invloed van vermest grondwater te voorkomen. Dat geldt zowel voor de hydrologische maatregelen ten zuiden als ten noorden van Stroothuizen. De slenk ten noorden dient als geheel te worden ingericht. Eventueel is nog een knip mogelijk tussen het deel benedenstrooms en bovenstrooms van de Punthuizerweg.

Voor Punthuizen kunnen de maatregelen aan bovenstroomse zijde afzonderlijk van de andere maatregelen worden uitgevoerd. De maatregelen aan de westzijde moeten als geheel worden beschouwd waarbij ook de bovenstroomse maatregelen in ieder geval als eerste zouden moeten worden uitgevoerd.

Tot slot geldt dat interne maatregelen in de natuurgebieden zoals plaggen en het dempen van greppels gelijktijdig of direct voor of na de externe hydrologische maatregelen moeten worden uitgevoerd.

6.7 Eindbeeld

Het totaal aan maatregelen vormt, tezamen met het toekomstig beheer, het beeld van hoe het plangebied er in de toekomst uit zal gaan zien. Dit eindbeeld is gevisualiseerd en weergegeven in figuur 59. Het betreft een concept eindbeeld dat op details nog aan verandering onderhevig zal zijn.

Binnen het plangebied zijn de huidige en toekomstige natuurgebieden opgenomen met daar binnen het herstelde slenkenpatroon in de vorm van in elkaar overlopende laagtes. Daarnaast zijn de percelen opgenomen waar bemestingsmaatregelen zijn opgenomen binnen de lokale intrekgebieden van de bestaande natuurgebieden. Tot slot zijn de blijvende landbouwgebieden op kaart opgenomen evenals een indicatie van mogelijke nieuwe recreatieve routes door het gebied.

Figuur 59 Concept eindbeeld planuitwerkingsgebied Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld

7 Lange termijn maatregelen hydrologie

In de PAS gebiedsanalyse (M31) is een onderzoeksopgave opgenomen naar de noodzaak voor maatregelen voor de lange termijn. Het gaat om het verder verminderen van de ontwatering in Duitsland vlak over grens bij Punthuizen en Beuninger Achterheide, in het gebied ten westen van het Beuninger Achterveld en Stroothuizen; en ten noorden en noordoosten van Stroothuizen. In de PAS gebiedsanalyse is ook opgenomen dat dit onderzoek plaatsvindt aan het eind van de 1e beheerplanperiode. Zowel binnen het projectteam als uit de streek is de wens uit gesproken inzicht te krijgen in de maatregelen die nodig zijn voor instandhouding. Dus als nu al bekend is dat lange termijn maatregelen nodig zijn om dit ook nu al inzichtelijk te maken. Een eerste analyse van effecten van de korte termijn maatregelen maakt duidelijk dat de korte termijn maatregelen de huidige verdroging en verzuring, in met name Punthuizen, niet geheel kunnen wegnemen (zie paragraaf 6.1).

Er zijn daarom een aantal verkennende scenario's doorgerekend met het grondwatermodel in de vorm van een gevoeligheidsanalyse. Het doel van deze scenario's is het verkrijgen van inzicht in de verschillende "knoppen" waar aan gedraaid kan worden en wat het effect van deze knoppen is op de instandhoudingsdoelen en op de omgeving. De scenario's zijn nadrukkelijk verkennend van aard, omdat maatregelen niet nader zijn gedetailleerd op inrichtingsplanniveau.

De uitkomsten van de volgende drie scenario's voor Punthuizen zijn beschouwd:

- Korte termijnmaatregelen inrichtingsvoorstel + peilverhoging van de Puntbeek vanaf de Duitse grens tot aan de tweede stuw halverwege de Puntbeek op de grens tussen natuur- en landbouwgebied
- Korte termijn maatregelen inrichtingsvoorstel + het dempen van een aantal sloten in Duitsland in een zone ten zuiden van Punthuizen tot aan de Provinciale weg in Duitsland
- Korte termijn maatregelen inrichtingsvoorstel + peilverhoging in de Puntbeek in combinatie met het dempen van de sloten in Duitsland

Voor alle drie de scenario's zijn de effecten op grondwaterstand (gxg's), kwel en het doelgat bepaald. Effecten op landbouw en bebouwing zijn voor het meest scenario met het grootste effect op de grondwaterstanden (verhoging peil Puntbeek en dempen sloten in Duitsland) bepaald om een beeld te krijgen van mogelijke effecten van deze maatregelen op de omgeving. Deze effecten zijn opgenomen in de inrichtingsvoorstellen per eigenaar en voor landbouw in het rapport van Aequator (Aequator, 2017).

In tabel 7 is per scenario het doelgat opgenomen voor de peilbuislocaties in Punthuizen. Omdat de maatregelen geen effect hebben op Stroothuizen, zijn de peilbuislocaties in dit gebied achterwege gelaten. De kaarten met daarop de effecten op grondwaterstanden en kwelpatronen zijn opgenomen in de kaartenbijlage. Bij de beschrijving van de effecten is zowel gekeken naar het doelgat op de peilbuislocaties als naar het ruimtelijk effect van maatregelen. Er zijn namelijk niet overal peilbuislocaties beschikbaar en het ruimtelijk effect van de verschillende maatregelenscenarios is verschillend. Een totaaltabel met het doelgat voor de korte en lange termijn maatregelenscenarios is opgenomen in bijlage 6.

		Scenario							
		Huidig		KT + Puntbeek		KT + Duitsland		KT + Pbeek + Dld	
Peilbuis	Habitattype	GLG	GVG	GLG	GVG	GLG	GVG	GLG	GVG
B29C0258	H6410		0,15		0,09		0,09		0,06
B29C0256	H4010A		-0,22		-0,30		-0,28		-0,33
B29C0252	H6410	0,2	-0,19	0,08	-0,26	0,05	-0,25	-0,03	-0,30
B29C0251	H6410	0,24	-0,04	0,13	-0,10	0,08	-0,10	0,01	-0,13
B29C0250	H6410	0,25	-0,02	0,14	-0,09	0,09	-0,08	0,02	-0,12
B29C0249	H6410	0,51	0,2	0,37	0,11	0,37	0,13	0,27	0,08
B29C0245	H6410	0,42	0,13	0,33	0,07	0,26	0,06	0,20	0,03
B29C0243	H4010A		0,07		-0,01		-0,03		-0,07
B29C0242	H4010A		0,04		-0,04		-0,06		-0,09

Tabel 7 Berekende doelgaten voor doorgerekende lange termijn maatregelenscenario's voor deelgebied Punthuizen

De beschouwde lange termijn maatregelen laten verschillende effecten zien. Een peilverhoging in de Puntbeek geeft een duidelijk effect op de zomergrondwaterstanden in het hele gebied, maar zeker ook in de centrale laagte. Het effect bedraagt ca. 10 centimeter. De maatregel heeft daarmee een positief effect op het uitzakken van de grondwaterstanden in de zomer, maar het effect is niet voldoende om het doelgat te slechten. Het effect is qua orde grootte zelfs kleiner dan het effect van de grondwaterstandverlaging, die als gevolg van weeromstandigheden is optreden in de afgelopen 15 jaar. Dat maakt dat alleen een peilverhoging van de Puntbeek in combinatie met de korte termijn maatregelen wel een duidelijk effect heeft op de zomergrondwaterstanden, maar nog niet voldoende is om het te diep uitzakken van de grondwaterstand in de zomer te voorkomen.
Het doelgat in het voorjaar wordt door de maatregelen kleiner, wordt opgeheven of ligt rond de 10 cm. De effecten in de winterperiode geven t.o.v. het korte termijn maatregelenpakket vooral een vergroting van de opbolling in de dekzandrug aan de westzijde. Deze bedraagt 10-20 cm. In de laagte is het effect ca. 5 cm. De maatregelen zullen hier dus ook zorgen voor een langere inundatieduur. De maatregelen hebben verder een positief effect op kwel- en infiltratiepatronen. Aan de rand van de laagste neemt kwel toe, over een klein oppervlakte slaat wegzijging om in kwel. Wat vooral opvalt t.o.v. het korte termijn scenario's is niet alleen over een groter oppervlak, maar ook aan de westrand van de laagte wegzijging omslaat naar kwel. De maatregel werkt daarmee positief uit voor de westzijde van Punthuizen. De toestroom van water vanuit de lage dekzandrug wordt hersteld, waardoor kwel over een groter oppervlak langduriger in maaiveld kan komen en grondwaterstanden op de westflank van de laagte hoger worden.
Het dempen van de sloten in Duitsland zorgt voor een zeer sterke vergroting van de opbolling van de grondwaterstand in de dekzandruggen rondom de laagte in Punthuizen. Deze neemt vooral aan de zuid- en oostzijde, dus aan de voedingskant van de laagte, fors toe.
Het doelgat in het voorjaar wordt door de maatregelen verkleind, maar blijft op een aantal locaties aanwezig. Er blijft nog 6-13 cm "over". Het doelgat voor de zomersituatie wordt fors kleiner in de centrale laagte en neemt af tot 5-10 cm. Uitzondering hierop vormen de peilbuizen waar ook in de actuele situatie al sprake is van een groot doelgat (zie ook de opmerking in paragraaf 3.1 doelgat actuele situatie). De maatregelen hebben meer invloed op de winter en voorjaarsgrondwaterstanden dan op de glg, omdat de drainagebasis niet in Duitsland ligt maar de Puntbeek de drainagebasis vormt voor het systeem.
Het dempen van sloten in Duitsland zorgt ook voor een forse wijzing van kwel en infiltratiepatronen. In de laagte treedt over een flink oppervlakte toename van kwel of omslag van wegzijging naar kwel op. Tegelijkertijd treedt ook op de flanken van de dekzandruggen, de locaties waar heischrale graslanden en natte heidevegetaties voorkomen op. Hier neemt de wegzijging af. Deze ontwikkelingen zijn positief in relatie tot de instandhoudingsdoelen. Het systeem wordt door deze maatregelen veel minder gevoelig voor droge winters/voorjaren, de inundatieduur van de laagte zal toenemen en de invloed van kwel wordt groter zowel qua oppervlak als qua intensiteit.
Wanneer zowel het peil van de Puntbeek wordt verhoogd als ook de sloten in Duitsland worden gedempt is het effect groter dan het effect van de individuele maatregelen. Daarbij geldt dat het "som"

groter is dan het effect der delen, ofwel 1+1=3. De maatregelen samen zorgen ervoor dat zowel het doelgat in het voorjaar, als in de zomer in de centrale laagte nagenoeg tot 0 worden gereduceerd met uitzondering van de eerder genoemde peilbuizen. Daarnaast treedt over grotere oppervlakte toename van kwel, omslag van kwel naar wegzijging of afname van wegzijging op. Het scenario laat duidelijk zien dat de verschillende lange termijn maatregelen niet onderling uitwisselbaar zijn. De sloten in Duitsland beïnvloeden vooral de opbolling in de dekzandruggen en daarmee de kwel op de randen van de laagte aan de aanstroomkant. De Puntbeek beïnvloedt vooral de zomergrondwaterstanden en daarmee samenhangend de vochtvoorziening, wegzijging en het moment dat het diepere basenrijke water het maaiveld bereikt op de overgang van de droge zomerperiode naar de natte winterperiode.
Daarmee zijn de effecten positief voor zowel de regenwaterafhankelijk habitattypen zoals natte heide (flanken) maar vooral voor de meest kwetsbare habitattypen: de zwakgebufferde vennen en de blauwgraslanden. Vooral voor de basenrijkere vormen van blauwgrasland, die in kwaliteit achteruit zijn gegaan ontstaan over grotere oppervlakte optimale standplaatscondities. De zwakgebufferde venvegetaties krijgen minder vaak last van droogval en ook de buffering zal verbeteren.

8 Conclusies en aanbevelingen

De voorgaande hoofdstukken vormen de onderbouwing van de uitwerking van de PAS maatregelen voor de deelgebieden Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld binnen het Natura 2000 gebied Dinkelland.
De uitgevoerde onderzoeken laten zien dat de opgave binnen het gebied, met name voor de habitattypen die afhankelijk zijn van gebufferde omstandigheden (Blauwgrasland en Zwakgebufferde vennen) groot is.

In Stroothuizen vormt verzuring door onvoldoende toestroom van gebufferde grondwater door lokale kwel (oostzijde, met name Oortven) of dieper grondwater (westzijde, centrale slenk) het belangrijkste knelpunt. Daarnaast is sprake van een toename van de toestroom van vermest grondwater vanuit het intrekgebied. Het voorgestelde maatregelenpakket zorgt voor een forse verbetering van de toestroom van kwelwater en zal de toestroom van verontreinigd grondwater vanuit het intrekgebied aan de zuid en zuidoostzijde fors verminderen. Omdat het lastig in te schatten is of en op welke termijn de basenverzadiging voldoende hersteld is, is intensieve monitoring van de effecten van de korte termijn maatregelen noodzakelijk. Van verdroging is in Stroothuizen minder sprake. Daar waar sprake is van te lage grondwaterstanden zullen de voorgestelde maatregelen deze verdroging opheffen. Daarnaast wordt op locaties die reeds voldoen qua grondwaterstanden de situatie robuuster. De grondwaterstanden bevinden zich beter binnen het optimale bereik.

Voor Punthuizen zijn de korte termijnmaatregelen onvoldoende om het doelgat op te heffen. De helft van het Blauwgrasland bestaat momenteel uit rompgemeenschappen waar sprake is van verdroging en verzuring. Daarnaast is ook in het goed ontwikkelde Blauwgrasland sprake van een negatieve trend. Deze wordt veroorzaakt doordat het systeem gevoelig is voor weersinvloeden. Als gevolg van drogere winters en zomers zijn de grondwaterstanden in de afgelopen 15 jaar lager dan in de periode daarvoor. Hierdoor is de verdroging, maar ook de verzuring van Blauwgrasland en zwakgebufferde venvegetaties toegenomen.
Naast de korte termijn maatregelen is, zowel een verhoging van de drainagebasis (peil Puntbeek), als een vermindering van de ontwatering aan Duitse zijde noodzakelijk. Deze maatregelen versterken elkaar en zijn niet uitwisselbaar qua effecten. De maatregelen zijn nodig om de achteruitgang van de laatste decennia te stoppen, maar ook worden omstandigheden gecreëerd die nodig zijn voor verbetering van kwaliteit en uitbereiding. Het gebied is gevoelig voor droge winter en langdurige perioden van droogte in voorjaar en zomer. Door de maatregelen is het gebied beter is staat om zowel langdurige perioden van droogte in zomer, als natte perioden in de winter te doorstaan. Door de grondwaterstanden niet tot aan de “bovenkant” van de ecologische vereisten te verhogen wordt eveneens voorkomen dat nattere perioden dan gemiddeld kunnen worden ontstaan. Een goed functionerend en stuurbaar overloopniveau is daarbij wel van belang omdat hiermee inundatieduur en frequentie kunnen worden bijgestuurd indien nodig. Goede monitoring van hydrologie, hydro- en bodemchemie en vegetatie is ook in Punthuizen belangrijk.

De lange termijn maatregelen zijn slechts in de vorm van gevoeligheidsanalyse verkend. Nadere detaillering is noodzakelijk (onderzoeksmaatregel M31). Dat geldt bijvoorbeeld voor de wijze waarop een peilverhoging van de Puntbeek wordt uitgevoerd. Aandacht voor extreme afvoeren en inundaties zijn van belang. Voor pieken kan ruimte worden gezocht op de Puntbeekweides nabij de grens en/of door profielaanpassing. Ook het vervangen van vaste overlaten door debietgestuurde regelbare stuwen is een optie. Ook voor de omvang en mate van het verondiepen van sloten in Duitsland is verdere verkenning, in samenwerking met Duitse overheden en eigenaren noodzakelijk. Deze acties maakten geen onderdeel uit van de opdracht aan het kennisteam.

Voor het Beuninger Achterveld is in de huidige situatie sprake van forse verdroging. Deze verdroging kan door uitvoering van de korte termijn maatregelen worden opgeheven.

Voor alle drie de gebieden geldt dat een juist volgorde van uitvoering van maatregelen noodzakelijk is. Daarnaast dienen een aantal maatregelen nog in detail te worden uitgewerkt. Dat geldt met name voor locaties waar slenkenpatronen hersteld worden maar ook voor de hogere gelegen delen van percelen waar natuur ontwikkeld gaat worden. In alle gevallen geldt dat nader onderzoek naar bodemopbouw, bodemkwaliteit en een toets op eventuele negatieve hydrologische effecten noodzakelijk is.

Literatuurlijst

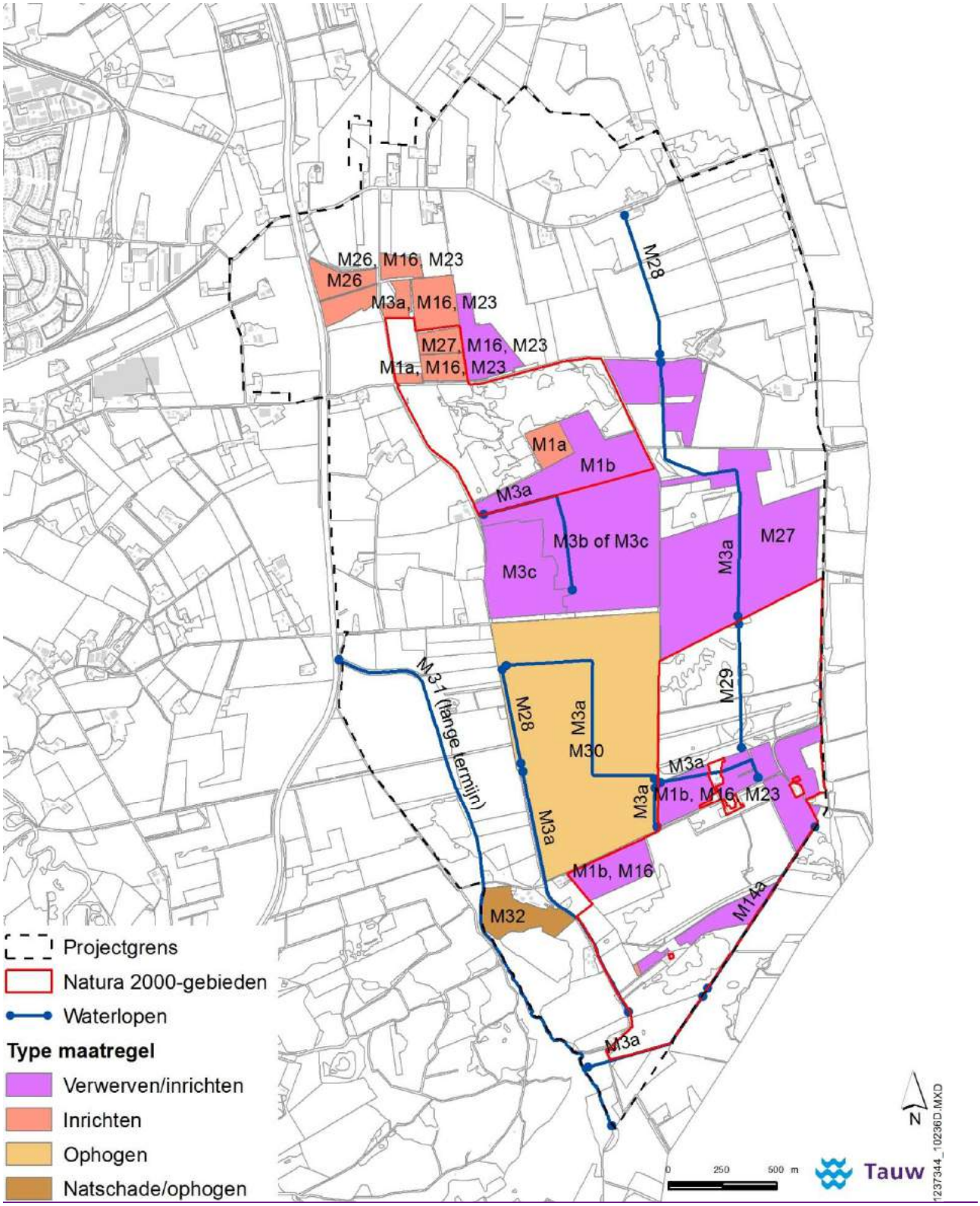
- Aggenbach, C.J.S., M.J. Jalink en A.J.M. Jansen, 1998. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiering van plantengemeenschappen in vennen. Deel 5 uit de serie 'Indicatorsoorten". Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Aggenbach, C.J.S. & A.J.M. Jansen (2004) OBN-Monitoring Middelduinen, Stroothuizen, Punthuizen en Lemselermaten. Eindrapport monitoringperiode 1989-2003. Bijlagenbundel. KWR 03.016. Kiwa N.V., Nieuwegein.
- Aggenbach, C.J.S & D.G. Cirkel (2017a) Analyse van actuele en vereiste kwelfluxen voor basenminnende
- habitattypen in Stroothuizen en Punthuizen. KWR
- Aggenbach, C.J.S & D.G. Cirkel (2017b) Analyse actuele toestand en trends grondwaterkwaliteit Stroothuizen. KWR
- Bernink, J.B., 1916. Ons Dinkelland. Natuurhistorische beschrijving van Oost-Twente. Uitgegeven door en ten voordeele van Natura Docet. Stoomdruk. G. Bruggeman, Oldenzaal.
- Croese, T.H.M., 1991. Vegetatietypologie van de Kartering Dinkelland (NO-Twente), SWE 90.039, Kiwa N.V., Nieuwegein.
- De Boo, M., 1996. Luisteren naar het landschap. Het herstel van een Twentse natte heide. Vewin, Rijswijk.
- Eysink, A.T.W. en O. de Bruijn, 1994. Kruipnieuws van de gradiënt....de Wijdbloeiende rus (Juncus tenageia) floreert weer in Twente. Standplaats en beheer van de draadgentiaangemeenschap (Cicendietum filiformis). Plantensociologische Kring Nederland, Stratiotes 9 (1994), ISSN 0928-2297, Wageningen.
- Dingeldein, W.H., 1948. Het land van de Dinkel. De schoonheid van Noordoost-Twente. Uitgegeven door A. Roelofs van goor – Meppel.
- Gerven van, M.W., E.E. Heidelberg & A.J.M. Jansen, 1993. Anti-verdrogingsscenario's in het Denekampse Veld, Een geohydrologische modelstudie met ecologische en landbouwkundige effectvoorspelling in het kader van REGIWA-project Punthuizen c.s. Kiwa-rapport SWE93.014, Kiwa N.V., Nieuwegein.
- Horsthuis, M.A.P., 2017. Tabel met aandachtsoorten uit diverse verslagen periode 1935 tot 2016.
- Staatsbosbeheer, Deventer.
- Jalink, M.J. en A.J.M. Jansen, 1995. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiering van grondwater-afhankelijke beekdalgemeenschappen. Deel 2 uit de serie 'Indicatorsoorten". Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Jansen, A.J.M., 1996. Hydro-ecologische analyse van Punthuizen (Noord-Oost Twente). Kiwa, SWE 96.128, Nieuwegein.
- Jansen, A.J.M., 1996. Hydro-ecologische analyse van de Beuninger Achterheide (Noord-Oost Twente). Kiwa, SWE 96.127, Nieuwegein.
- Jansen, A.J.M. en C. J.S. Aggenbach, 1991. Lokale hydrologische en hydro-ecologische analyse van Stroothuizen (concept). Kiwa, Nieuwegein.
- KWR, Witteveen + Bos en Royal HaskoningDHV, 2015. Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Dinkelland. Provincie Overijssel, Zwolle.
- Pranger, D.P., M.E. Tolman, 2011. Vegetatie- en Plantensoortenkartering Dinkelland 2010. EGG consult Pranger en Tolman ecologen, Groningen. Rapportnummer 902-f EGG-P&T.
- Projectgroep Habitatkartering, 2010. Methodiekdocument kartering habitattypen Natura 2000. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Schaminée J.H.J., E.J. Weeda en V. Westhoff,1995. De vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus press, Uppsala, Leiden.
- Schaminée J.H.J., A.H.F. Stortelder en E.J. Weeda, 1996. De vegetatie van Nederland. Deel 3. Plantengemeenschappen van graslanden, zomen en droge heiden. Opulus press, Uppsala, Leiden.
- Schaminée J.H.J., E.J. Weeda en V. Westhoff, 1998. De vegetatie van Nederland. Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en binnenlandse pioniermilieus. Opulus press, Uppsala, Leiden.
- Tolman, M.E. en D.P. Pranger, 2001. Vegetatiekartering Dinkelland en Lindermaten. Everts & De Vries e.a. ecologisch adviesbureau, Groningen. Rapportnummer EV 386-4.
- Weerd, M. en
- Wittgen, A.B., H.A. Booijink, R.J.M. v.d. Walle en G. Goorhuis, 1986. Het landschap van Twente. "Schets van de ontwikkelingsgeschiedenis". Uitgave van Vereniging Vrienden van meester Bernink's Museum Natura Docet / Stichting heemkunde Denekamp.

Bijlagen

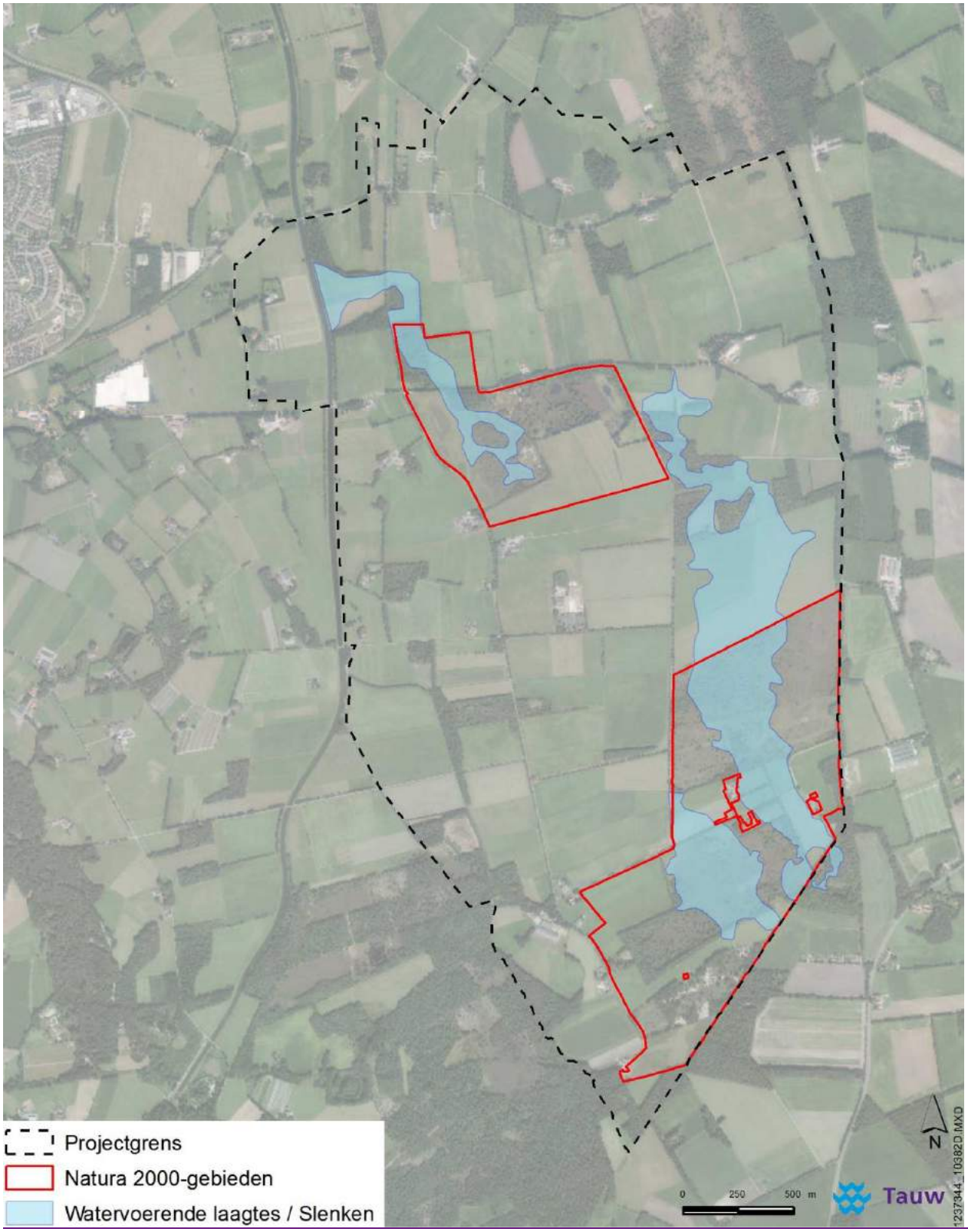
1. Kaartenbijlage
2. Vegetatietypen per habitattype
3. Floraoverzicht Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld
4. Tijdreeksanalyse (4a) en overzichtstabel statistieken tijdreeksanalyse (4b), gxg simulaties (4c)
5. Tabel overzicht maatregelen inrichtingsplan en PAS gebiedsanalyse
6. Doelgattabel huidige situatie en alle berekende scenario's
7. Voorbeelden uitwerking intrekgebieden kwelafhankelijke habitattypen

Bijlage 1

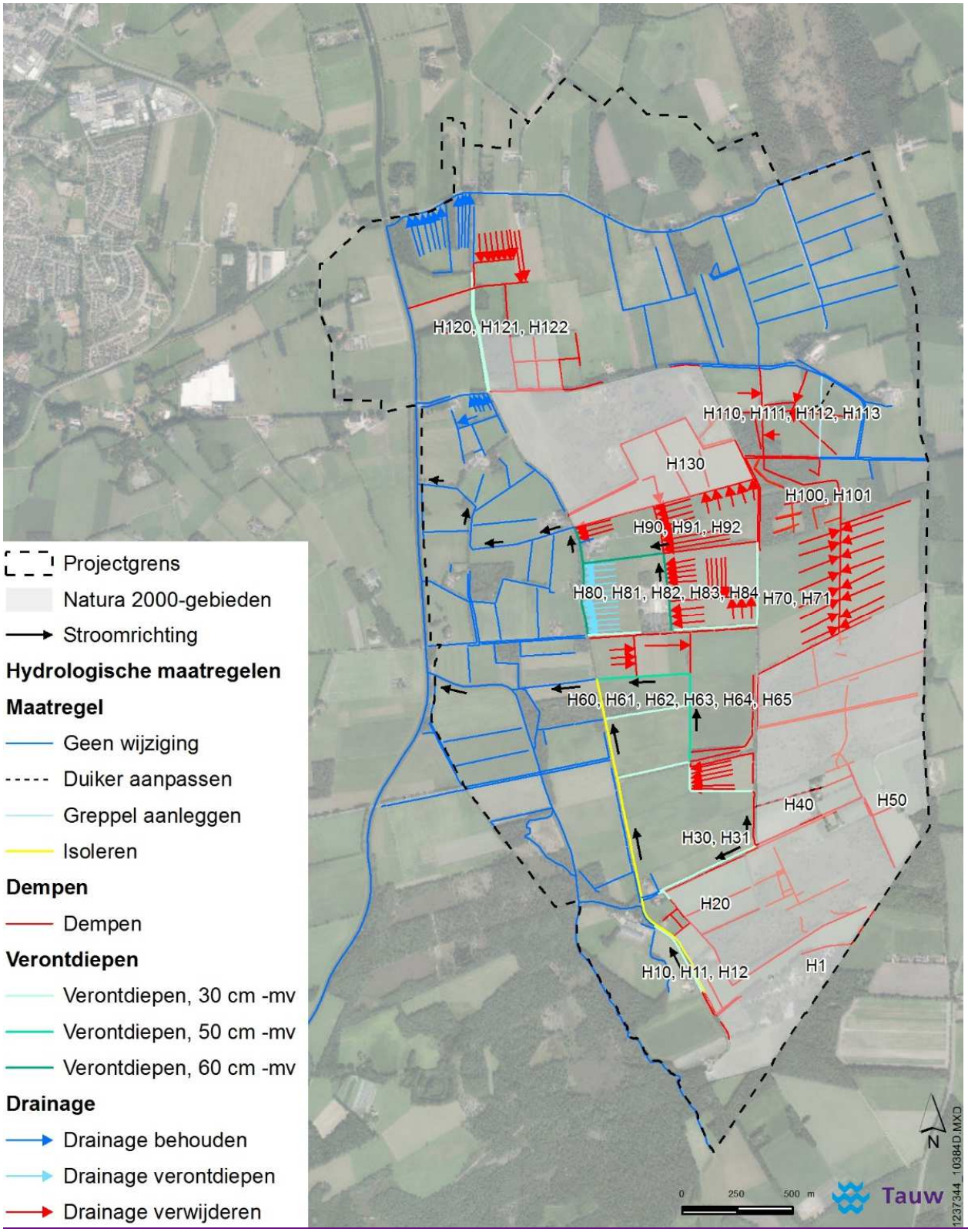
Kaartenbijlage ecologische onderbouwing maatregelenpakket gebiedsuitwerking Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld



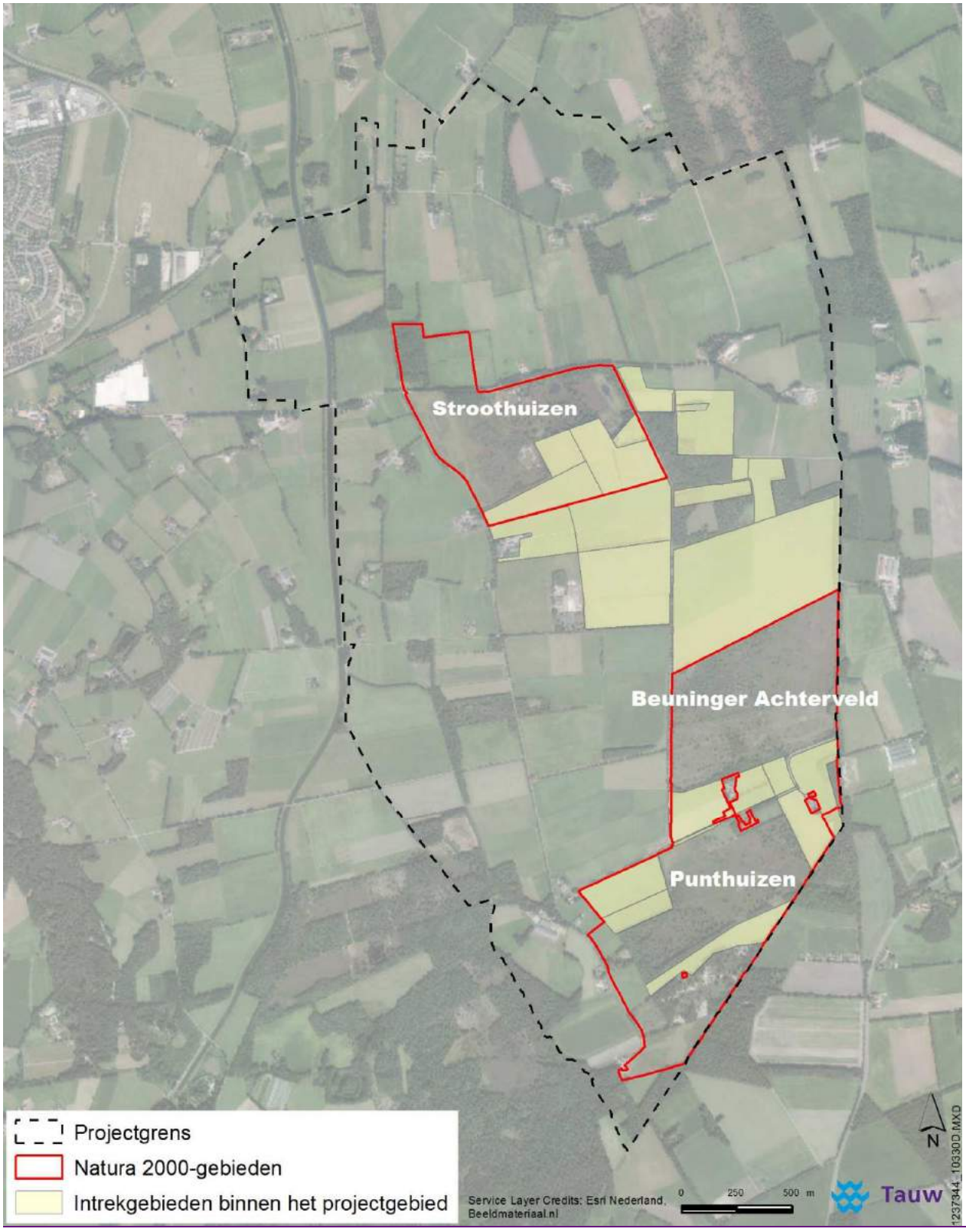
Figuur 1 Maatregelkaart uit de PAS-gebiedsanalyse (2017)



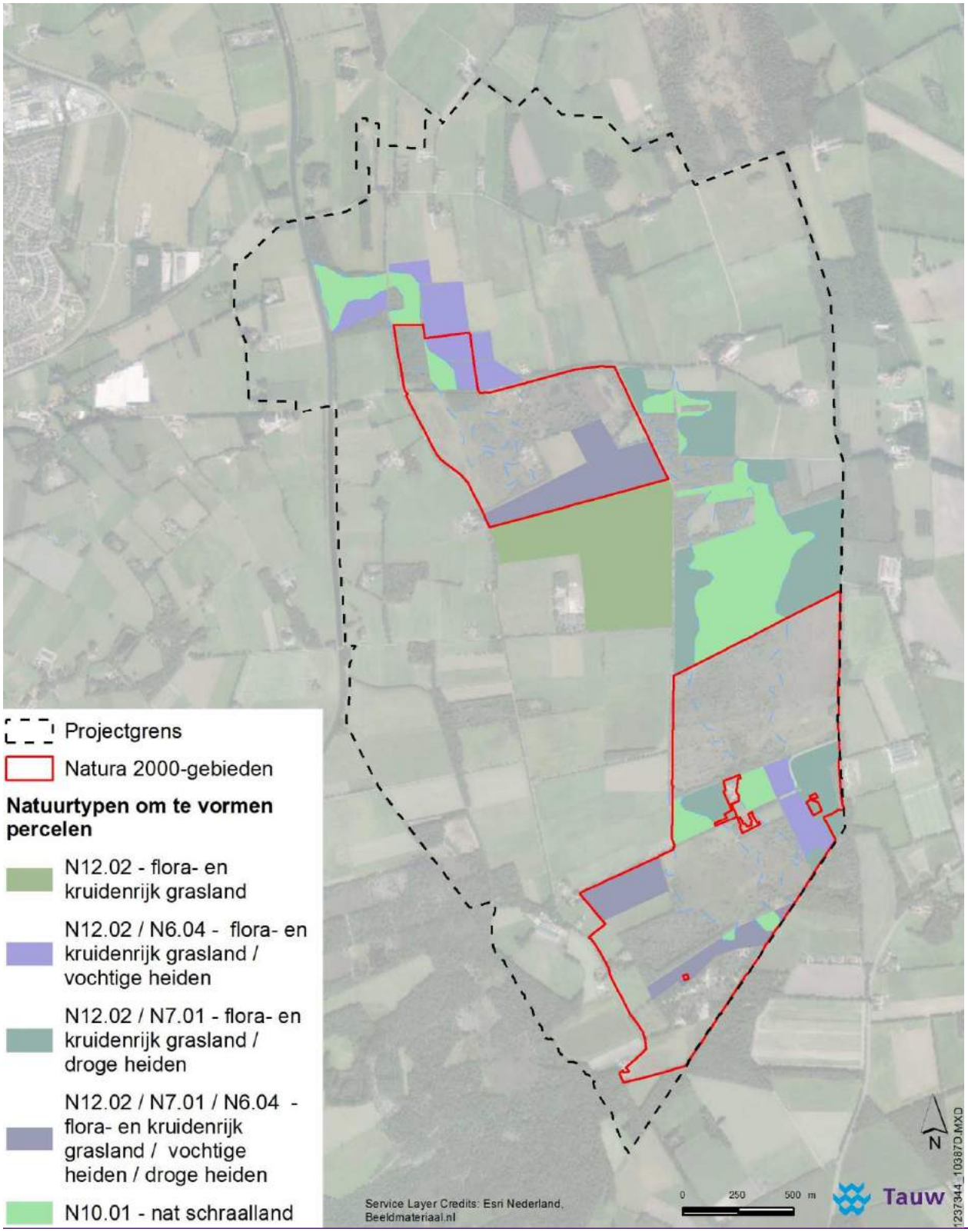
Figuur 2 Slenkenstructuur



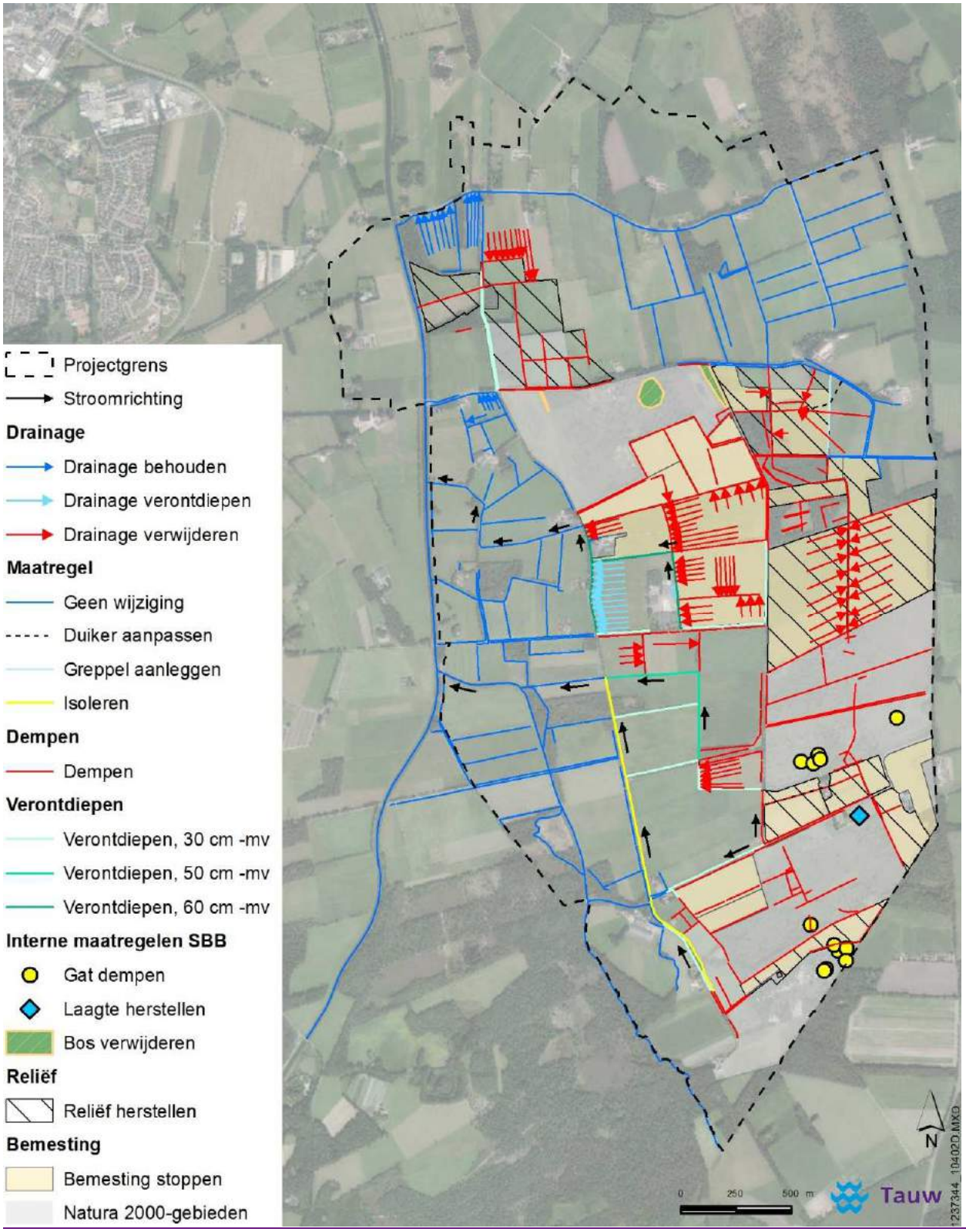
Figuur 3 Hydrologische maatregelen in uitwerkingsgebied Punthuizen Stroothuizen



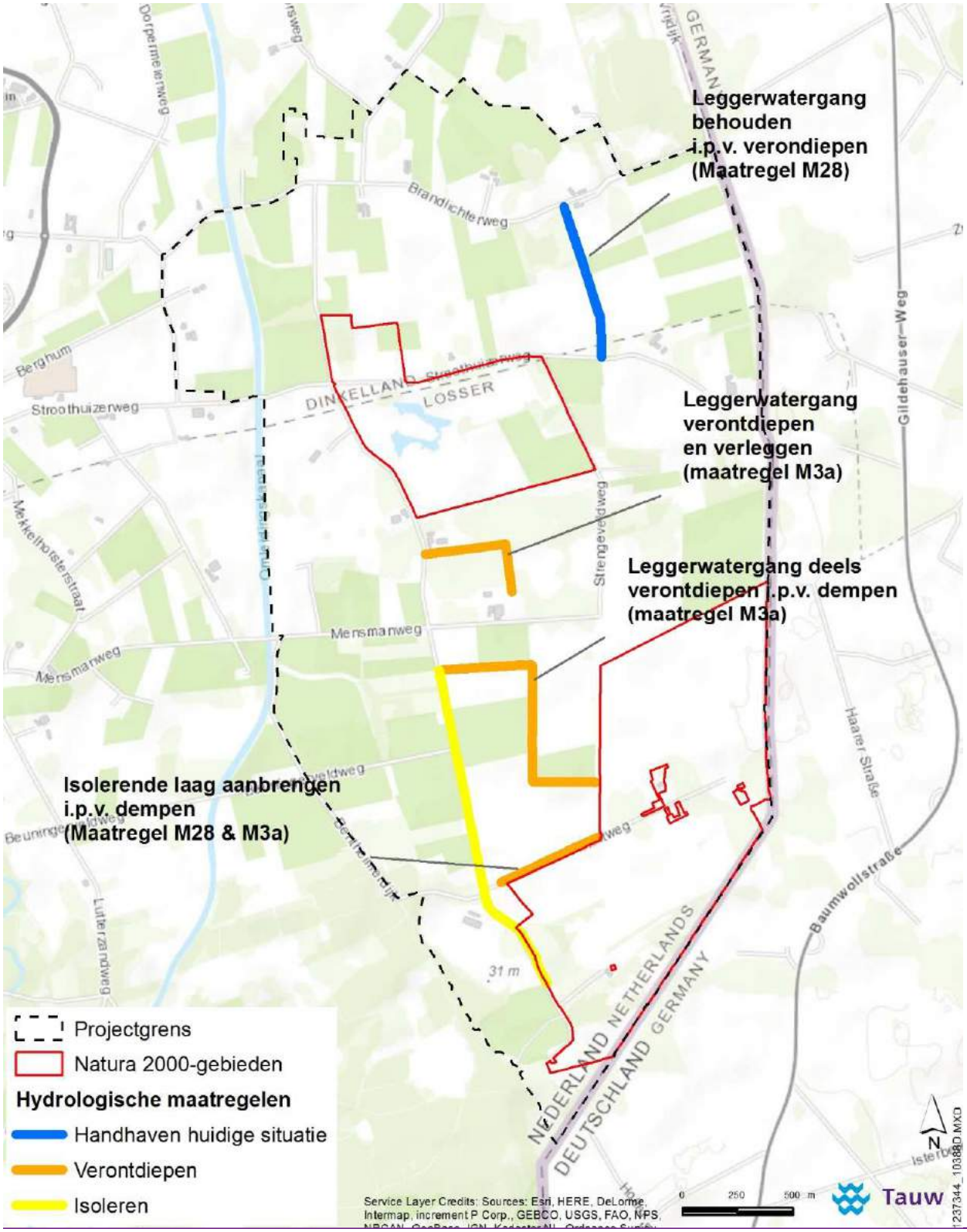
Figuur 4 Intrekgebieden van Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld binnen plangebied



Figuur 5 Potentiekaart natuurtypen van om te vormen percelen



Figuur 6 Maatregelenkaart plangebied

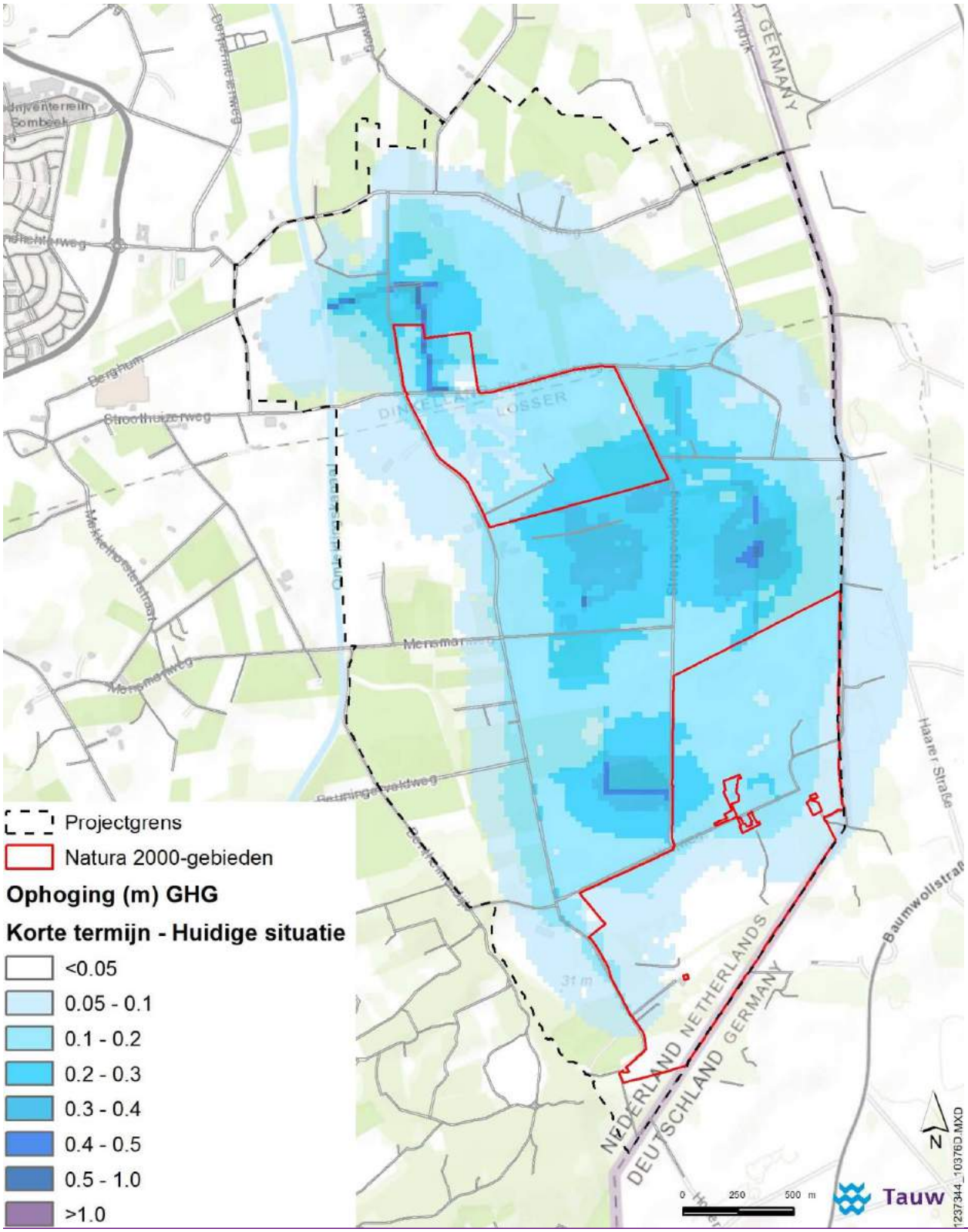


Figuur 7 Wijzigingen ten opzichte van de PAS-gebiedsanalyse

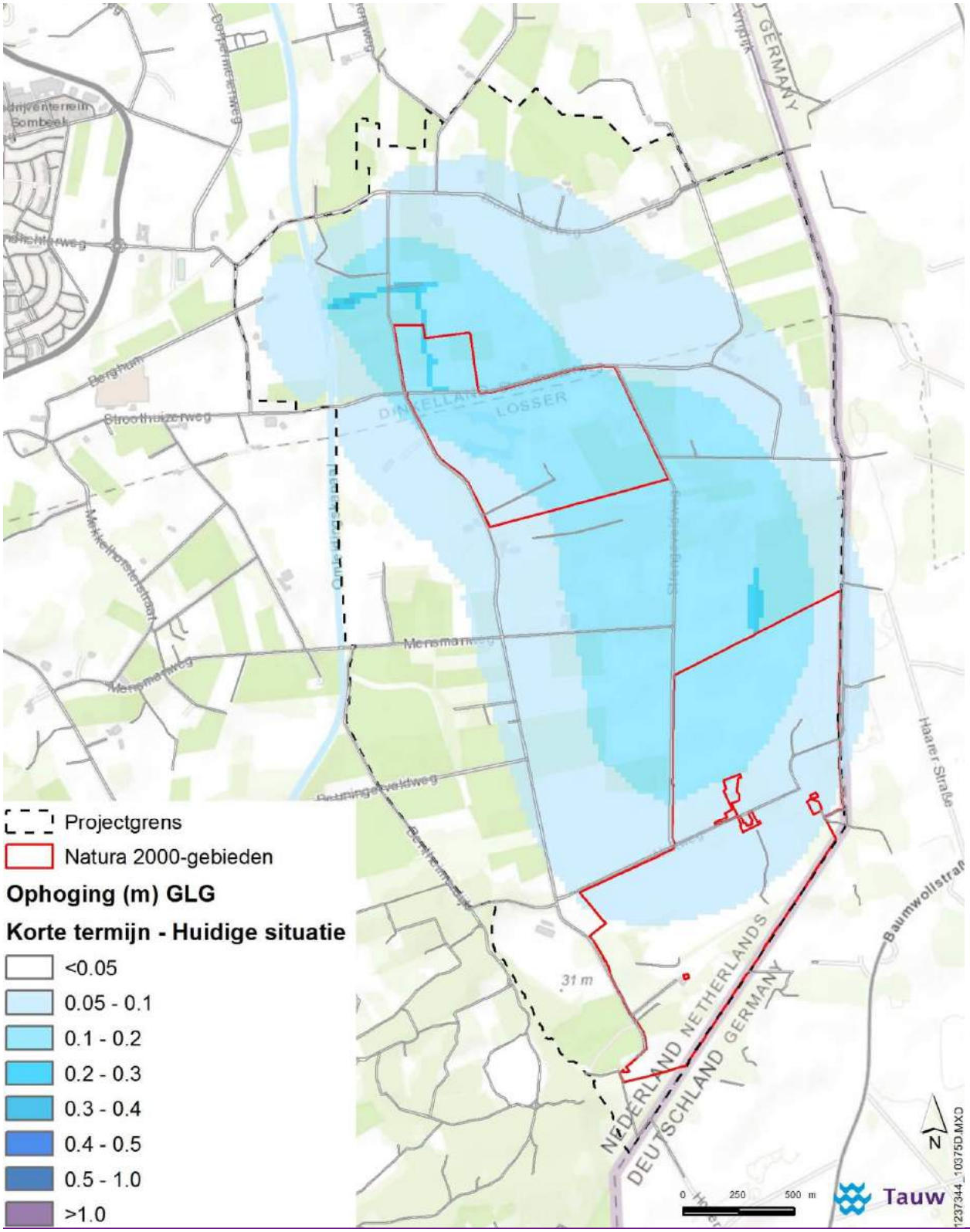
Figuur 8 Concept eindbeeld inrichtingsplan Punthuizen-Stroothuizen

Effecten maatregelenscenario's op grondwaterstanden

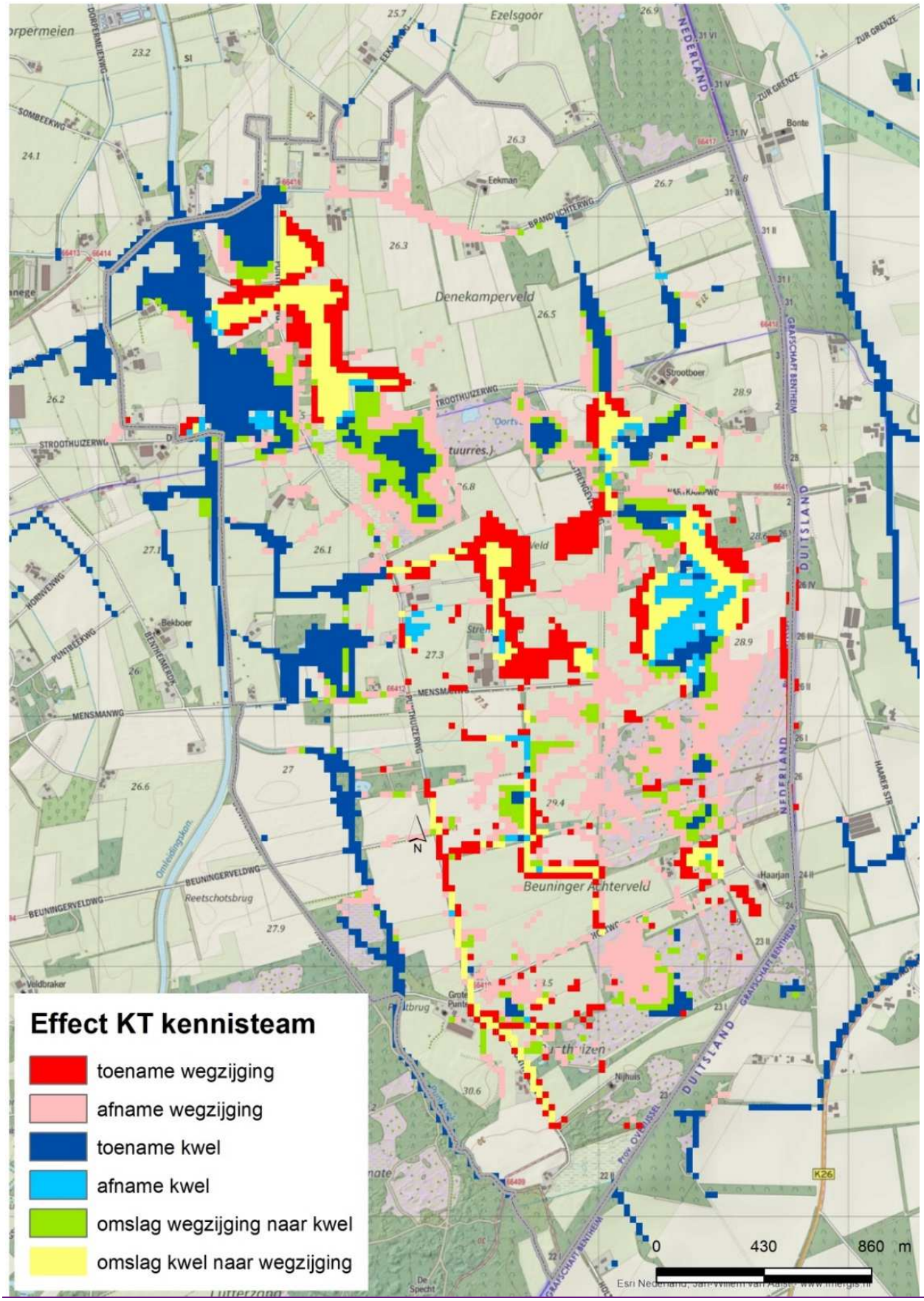
Meer achtergrondinformatie is te vinden in Bor, 2017



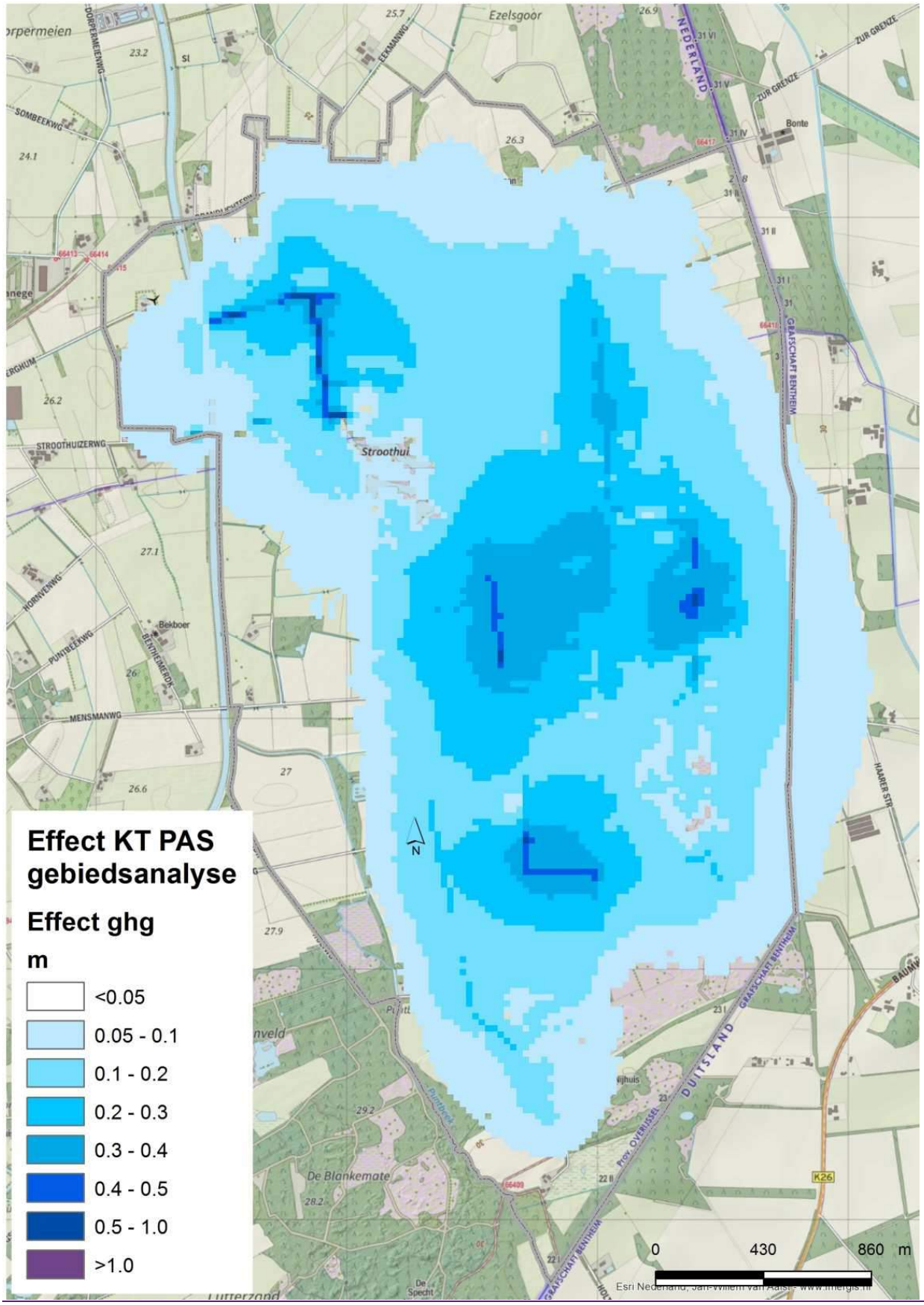
Figuur 9 Berekende verhoging van de wintergrondwaterstand (GHG) (links) gevolg van de maatregelen (inrichtingsplan)



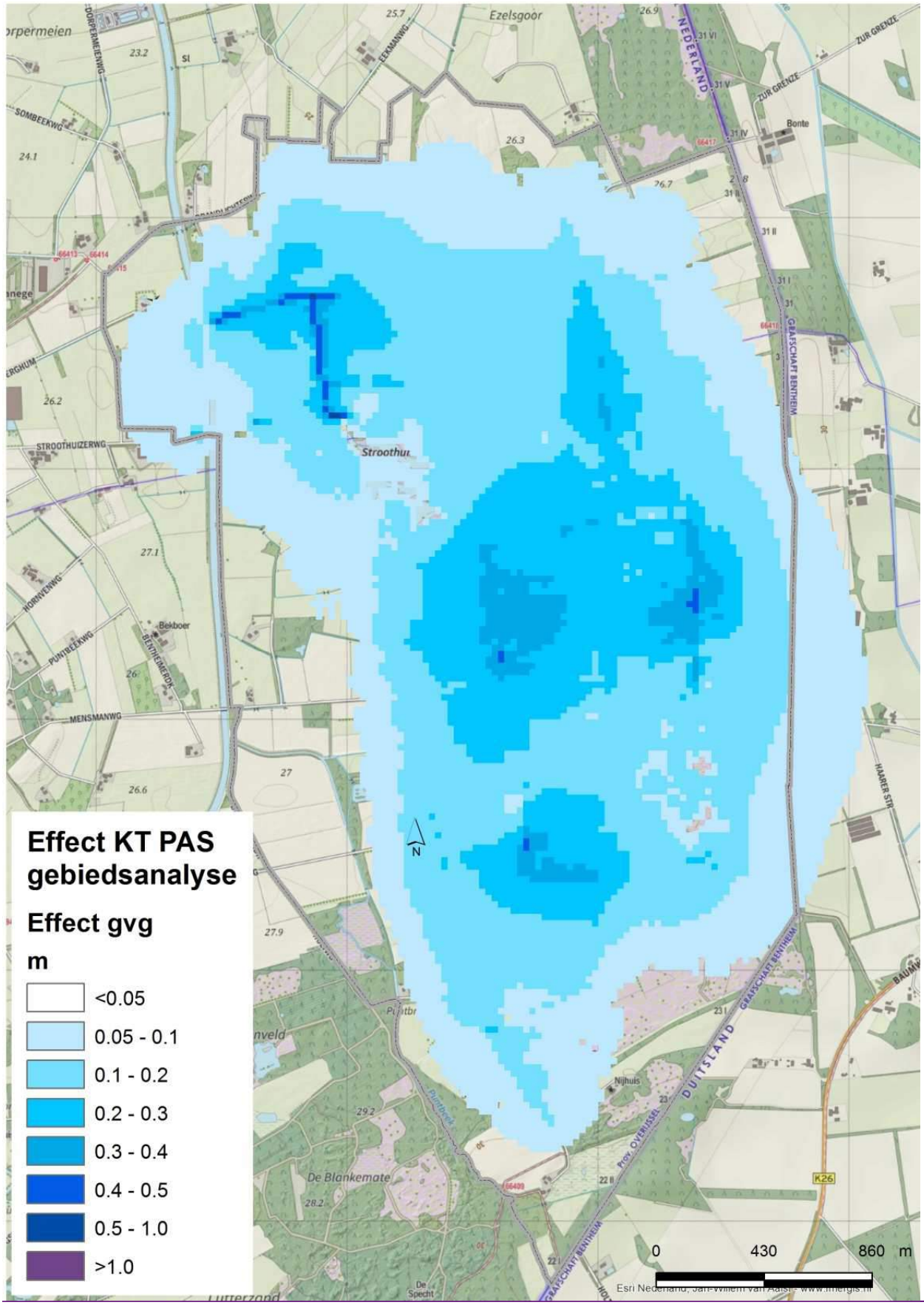
Figuur 10 Berekende verhoging van de zomergrondwaterstand (GLG) als gevolg van de maatregelen (inrichtingsplan)



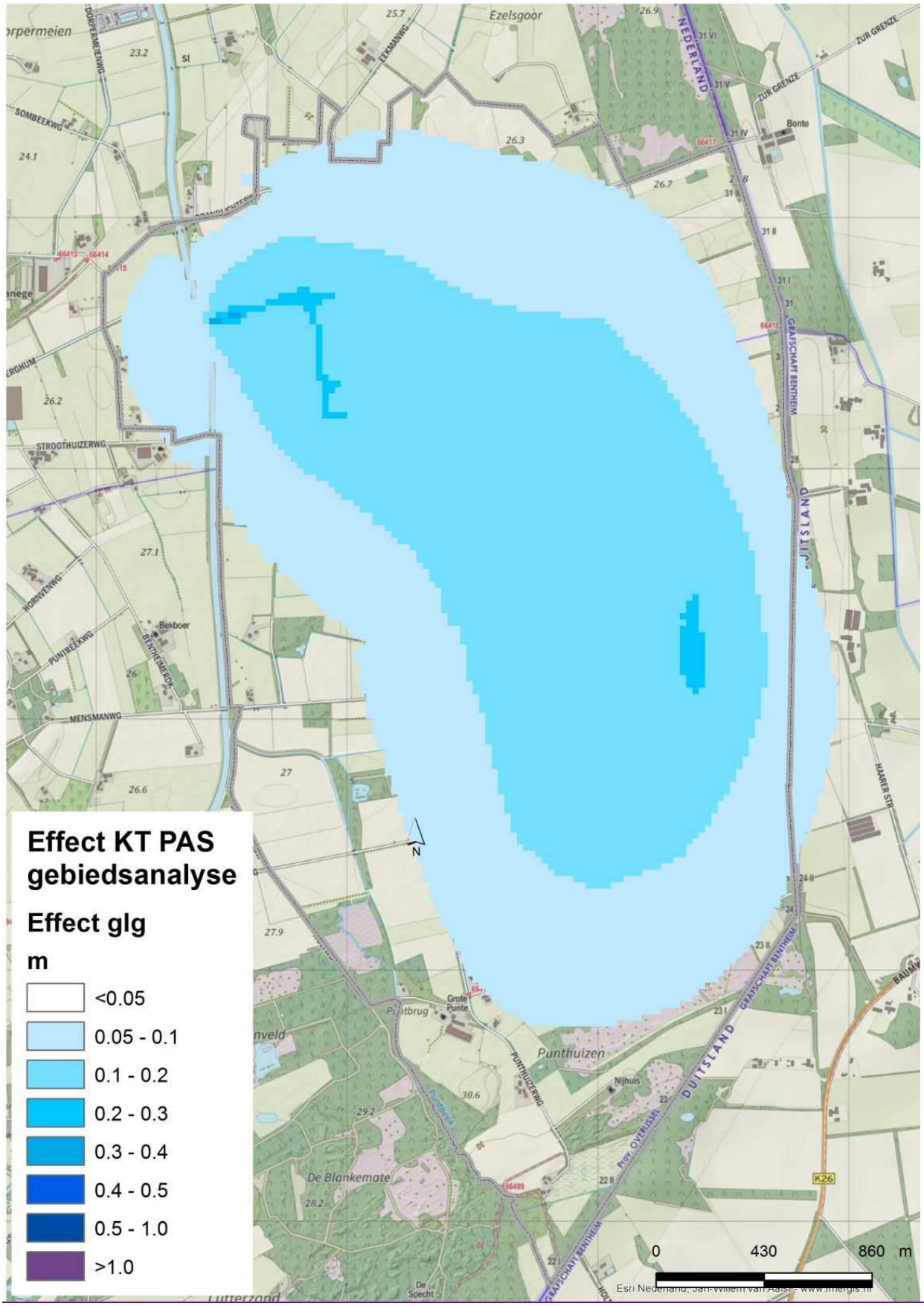
Figuur 11 Verandering in kwel en wegzijging patronen als gevolg van de maatregelen (inrichtingsplan)



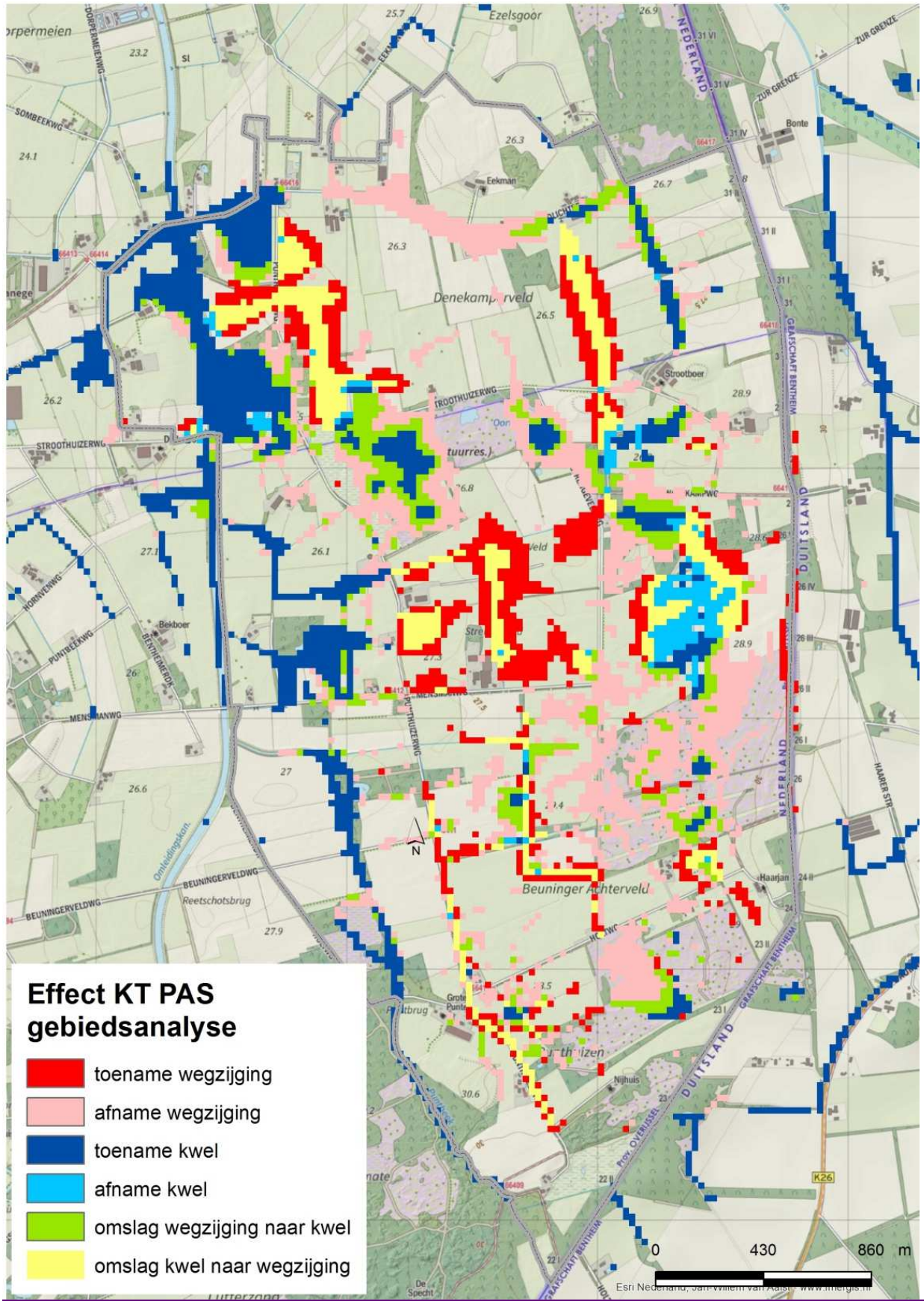
Figuur 12 Berekende verhoging van de wintergrondwaterstand (GLG) als gevolg van de PAS-maatregelen (PAS-gebiedsanalyse)



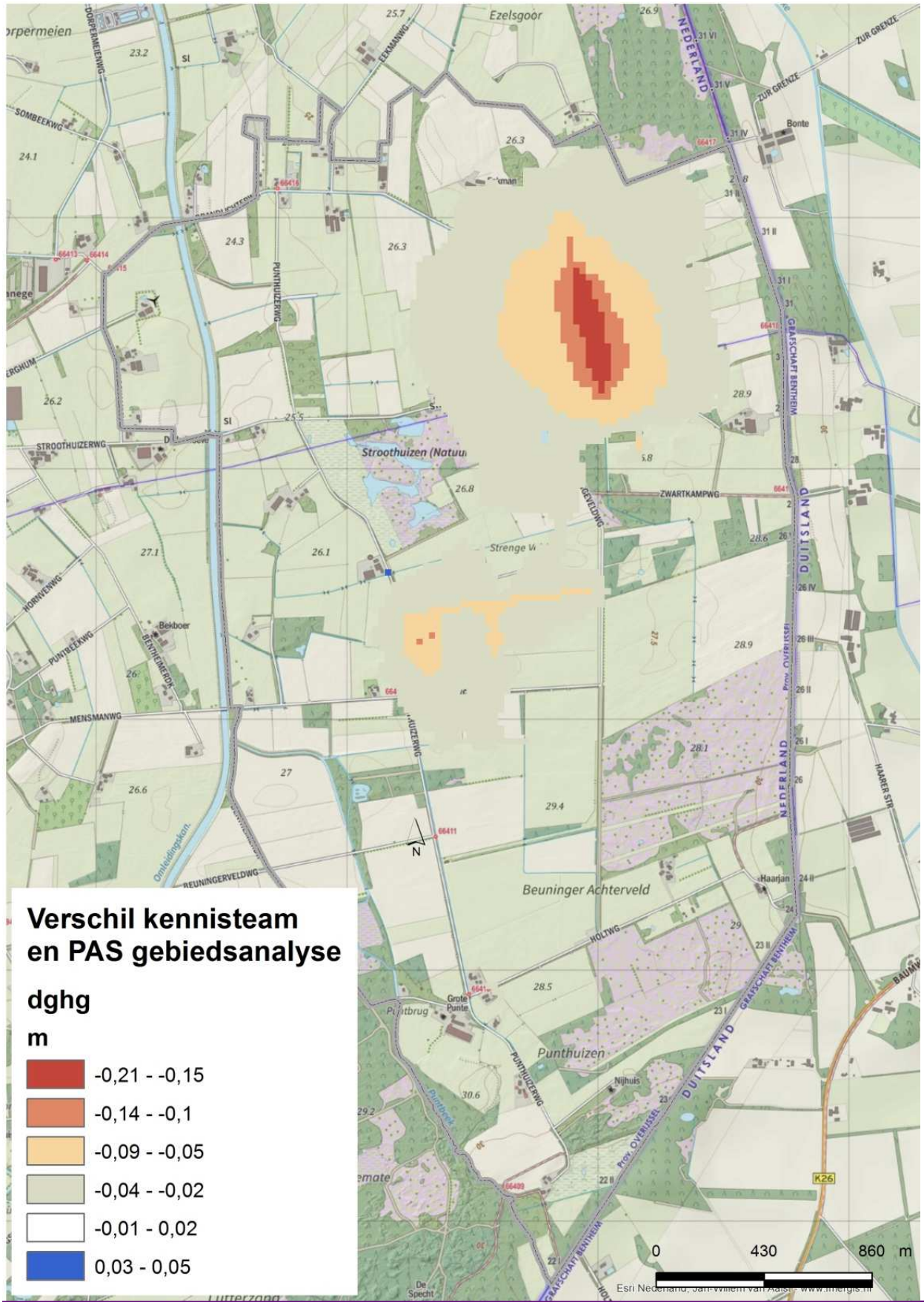
Figuur 13 Berekende verhoging van de voorjaarsgrondwaterstand (GVG) als gevolg van de PAS-maatregelen (PAS-gebiedsanalyse)



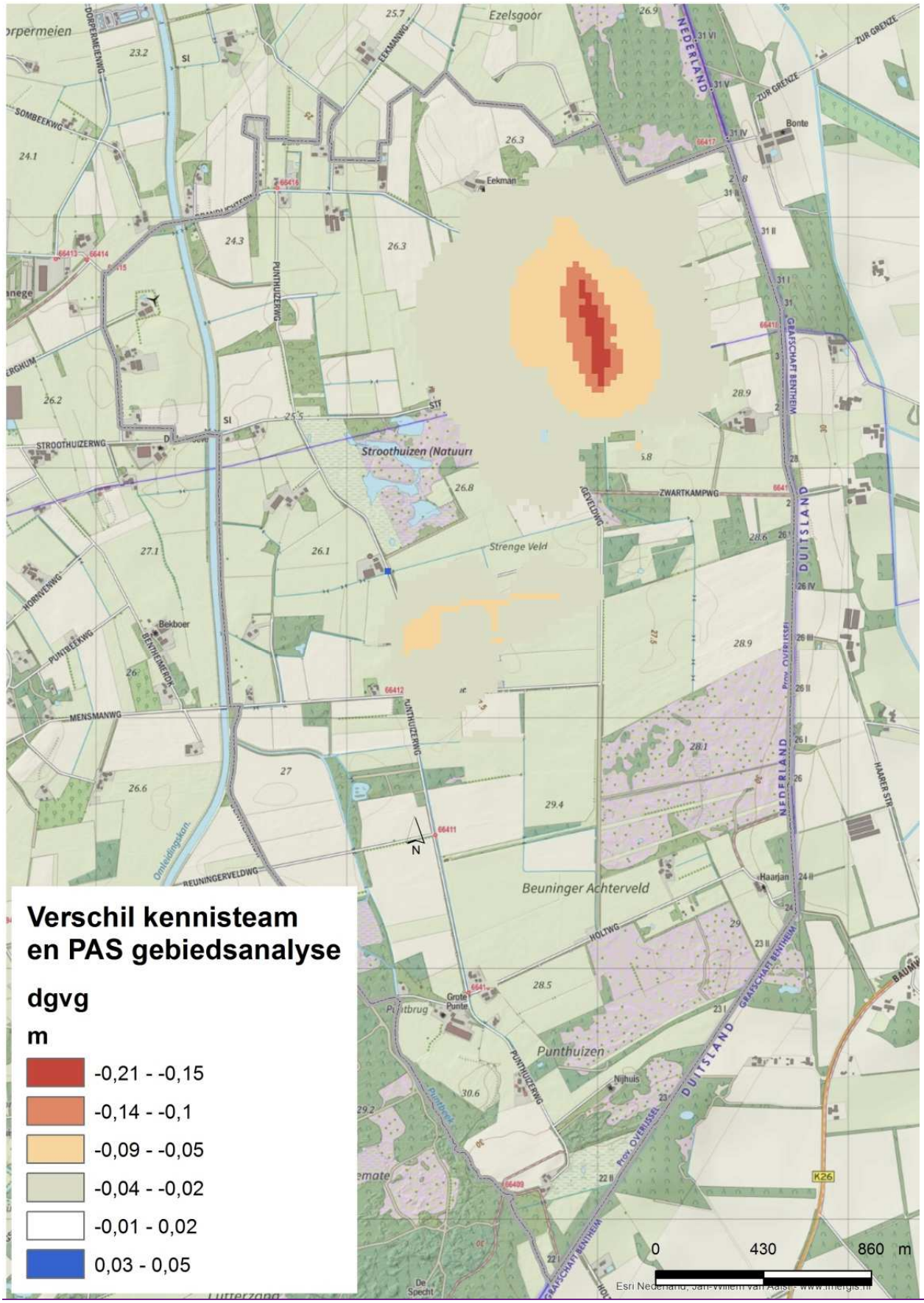
Figuur 14 Berekende verhoging van de zomergrondwaterstand (GLG) als gevolg van de PAS-maatregelen (PAS-gebiedsanalyse)



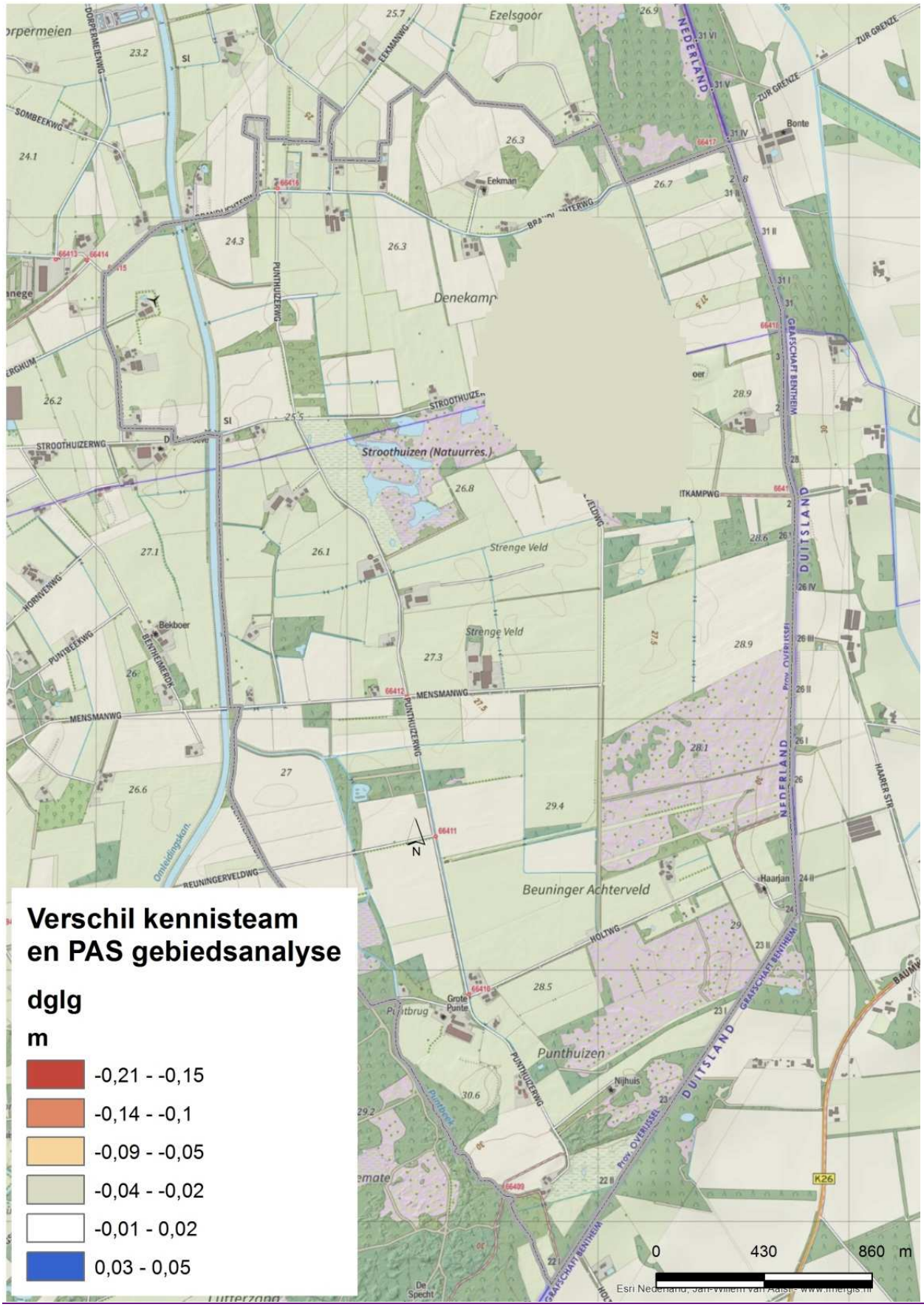
Figuur 15 Verandering in kwel en wegzijging patronen als gevolg van de maatregelen (inrichtingsplan)



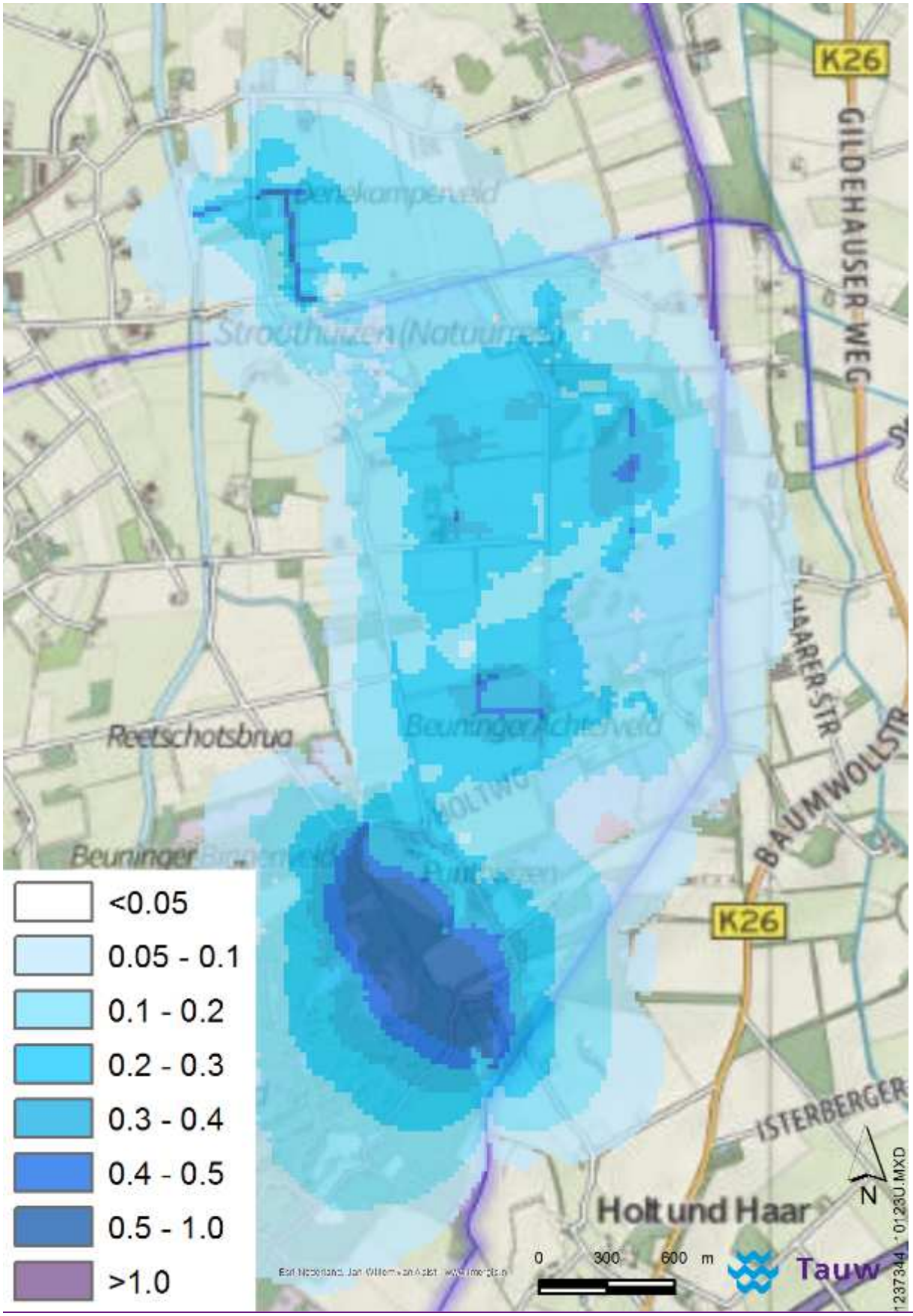
Figuur 16 Verschil in wintergrondwaterstand (GHG) tussen het PAS maatregelenpakket en het inrichtingsplan



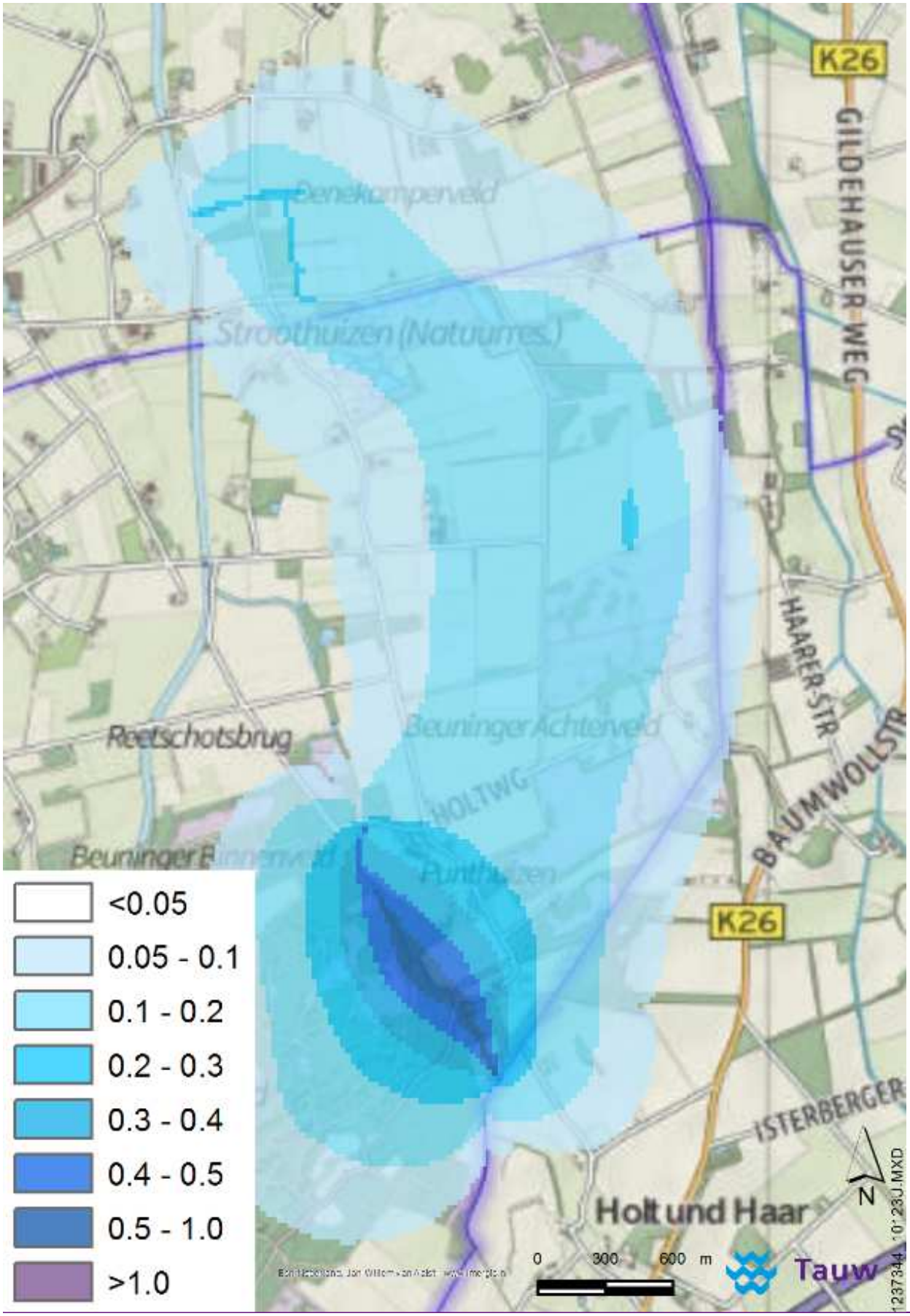
Figuur 17 Verschil in voorjaarsgrondwaterstand (GVG) tussen het PAS maatregelenpakket en het inrichtingsplan



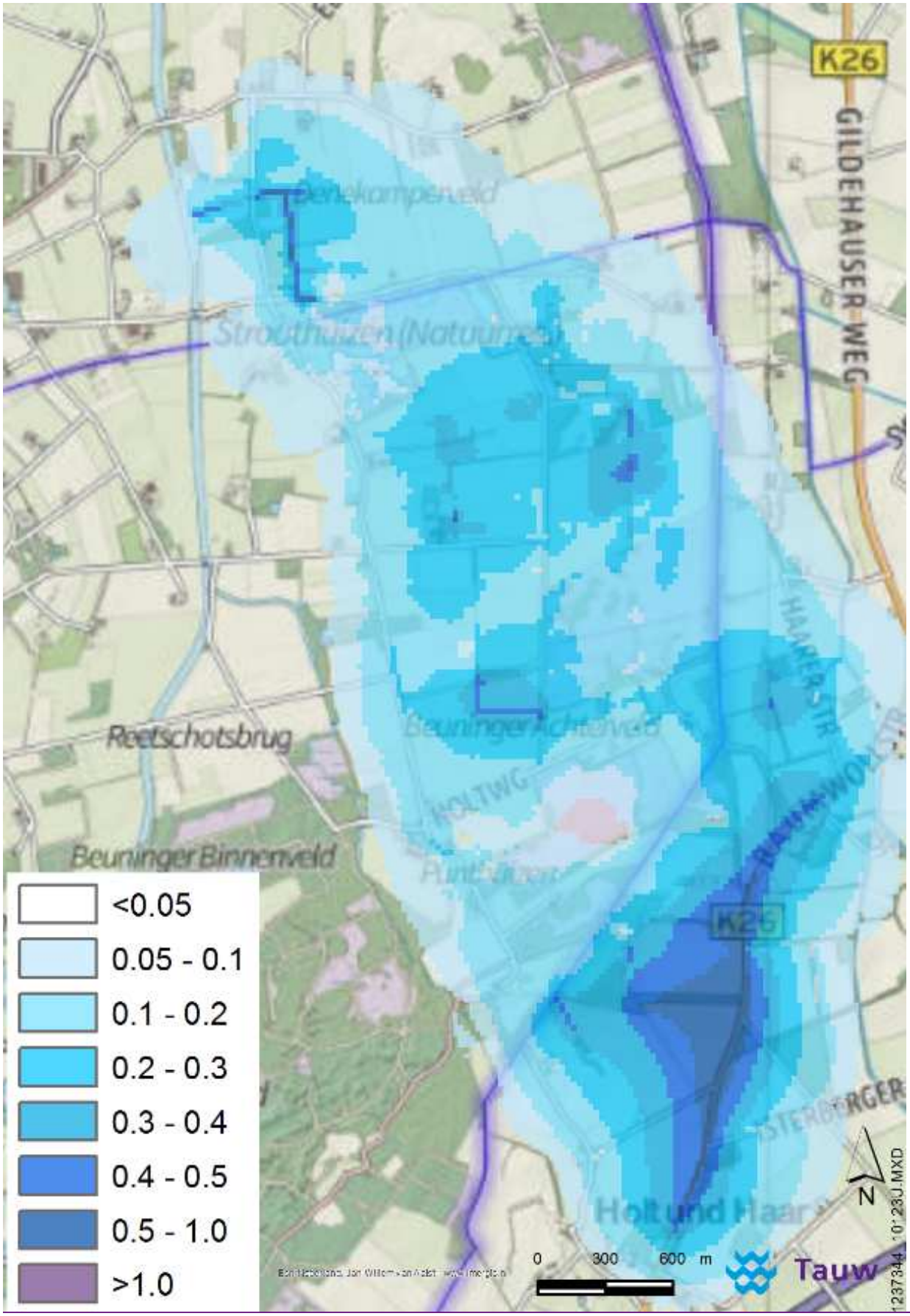
Figuur 18 Verschil in zomergrondwaterstand (GLG) tussen het PAS maatregelenpakket en het inrichtingsplan



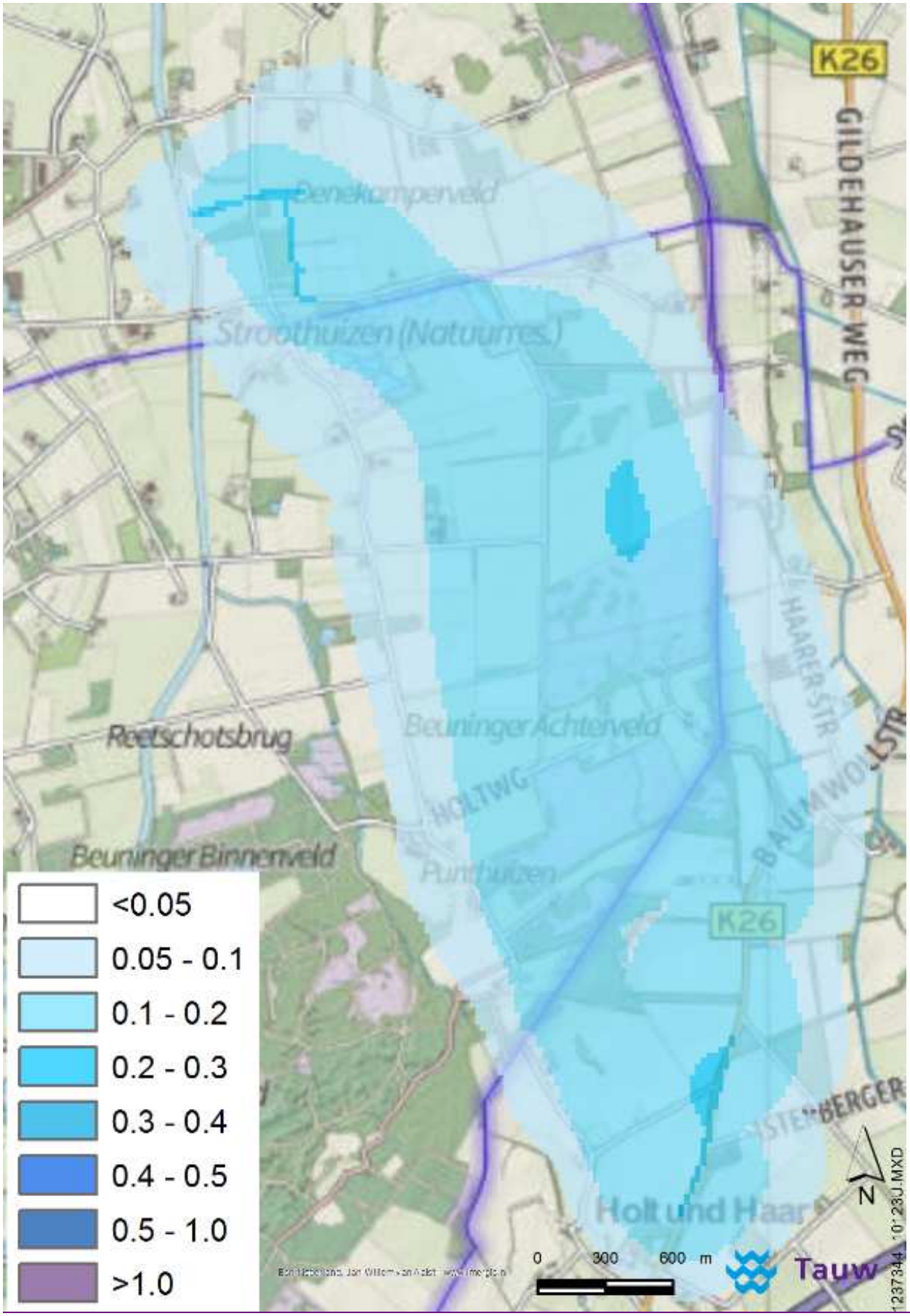
Figuur 19 Berekende verhoging van de wintergrondwaterstand (GHG) als gevolg van korte termijn maatregelen inrichtingsplan en peilverhoging van de Puntbeek



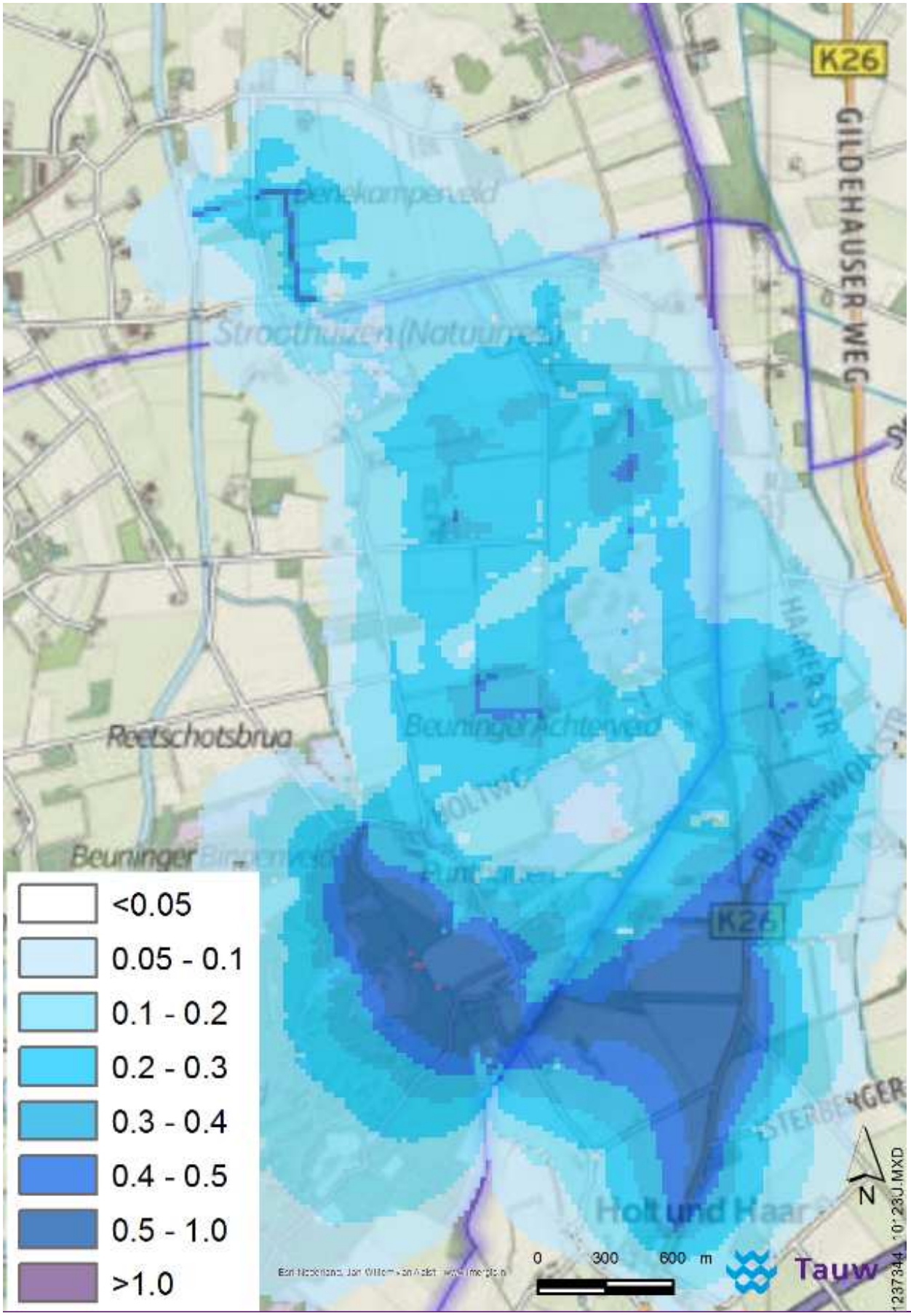
Figuur 20 Berekende verhoging van de zomergrondwaterstand (GLG) als gevolg van korte termijn maatregelen inrichtingsplan en peilverhoging van de Puntbeek



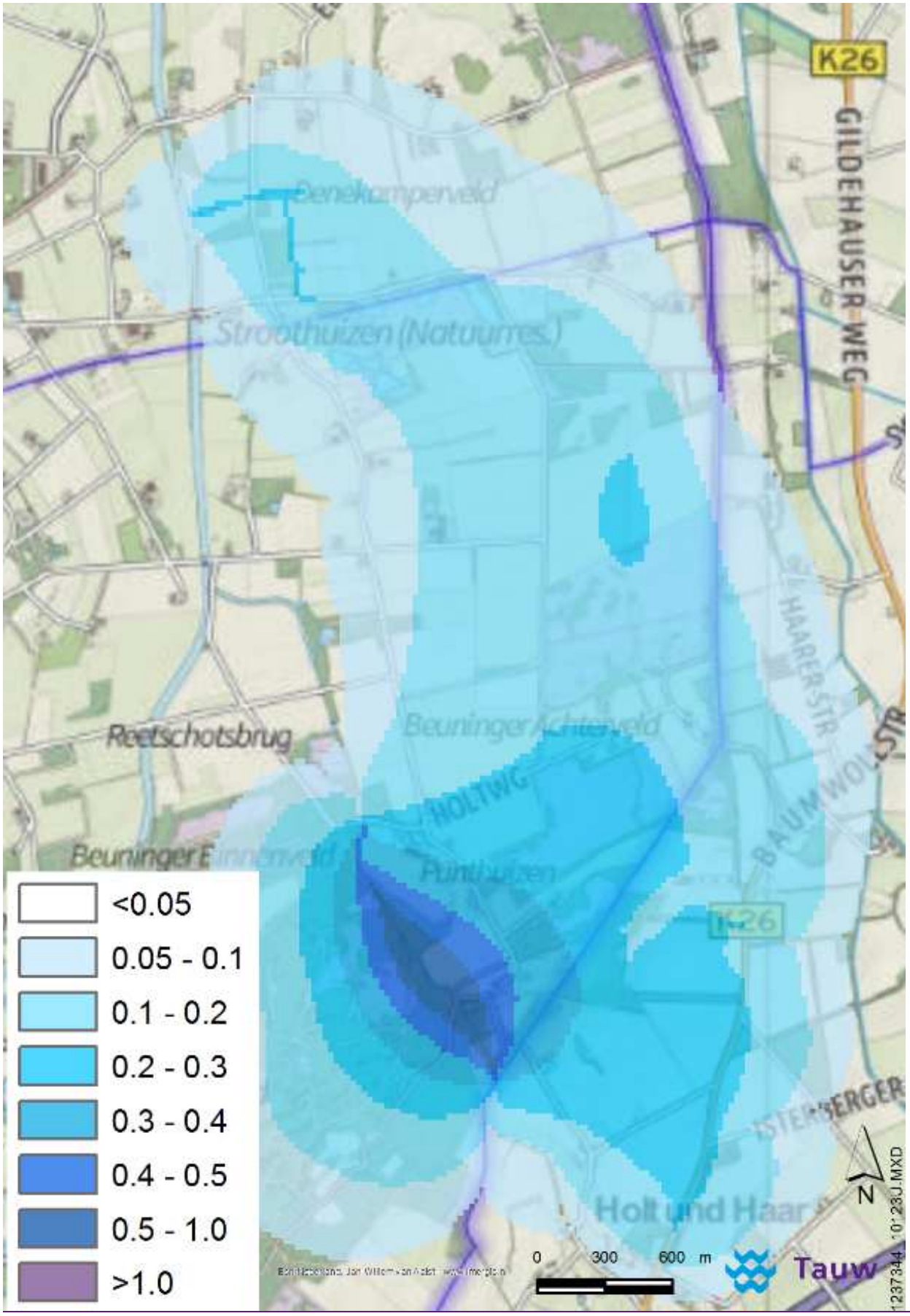
Figuur 21 Berekende verhoging van de wintergrondwaterstand (GHG) als gevolg van korte termijn maatregelen inrichtingsplan en dempen sloten in Duitsland



Figuur 22 Berekende verhoging van de zomergrondwaterstand (GLG) als gevolg van korte termijn maatregelen inrichtingsplan en dempen sloten in Duitsland



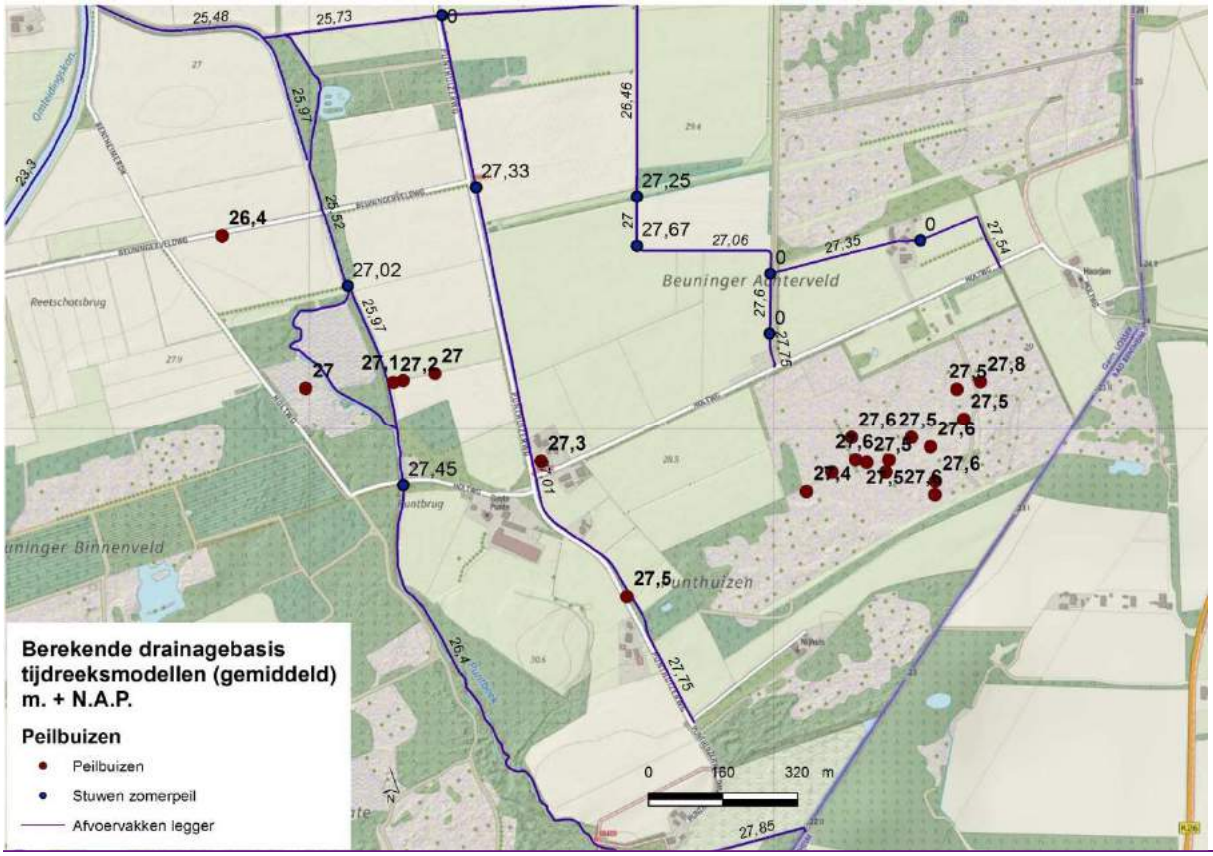
Figuur 23 Berekende verhoging van de wintergrondwaterstand (GHG) als gevolg van korte termijn maatregelen inrichtingsplan, peilverhoging in de Puntbeek en dempen sloten in Duitsland



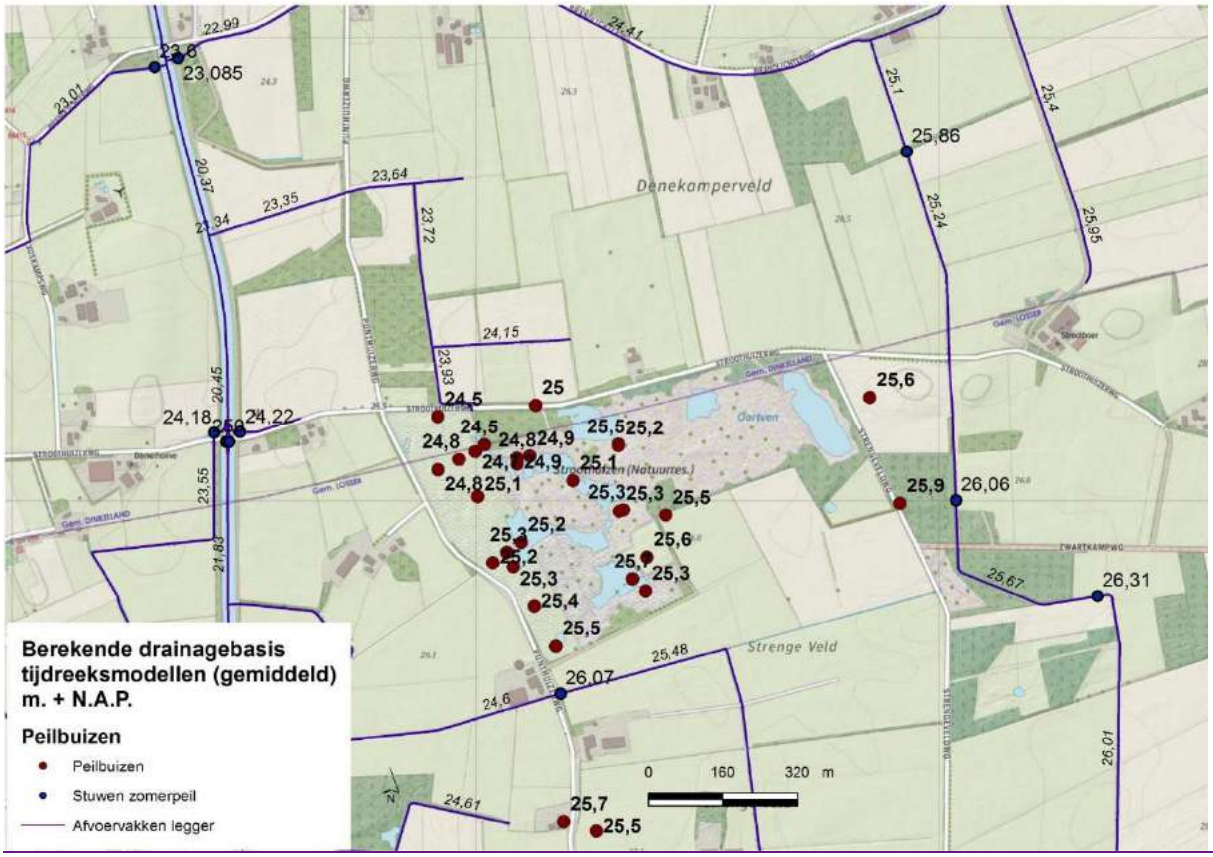
Figuur 24 Berekende verhoging van de zomergrondwaterstand (GLG) als gevolg van korte termijn maatregelen inrichtingsplan, peilverhoging in de Puntbeek en dempen sloten in Duitsland

Drainagebasis waterlopen op locaties met gemeten grondwaterstanden

Afgeleid uit tijdreeksmodellen, berekend met Menyanthes. De waarden geven een gemiddelde drainagebasis



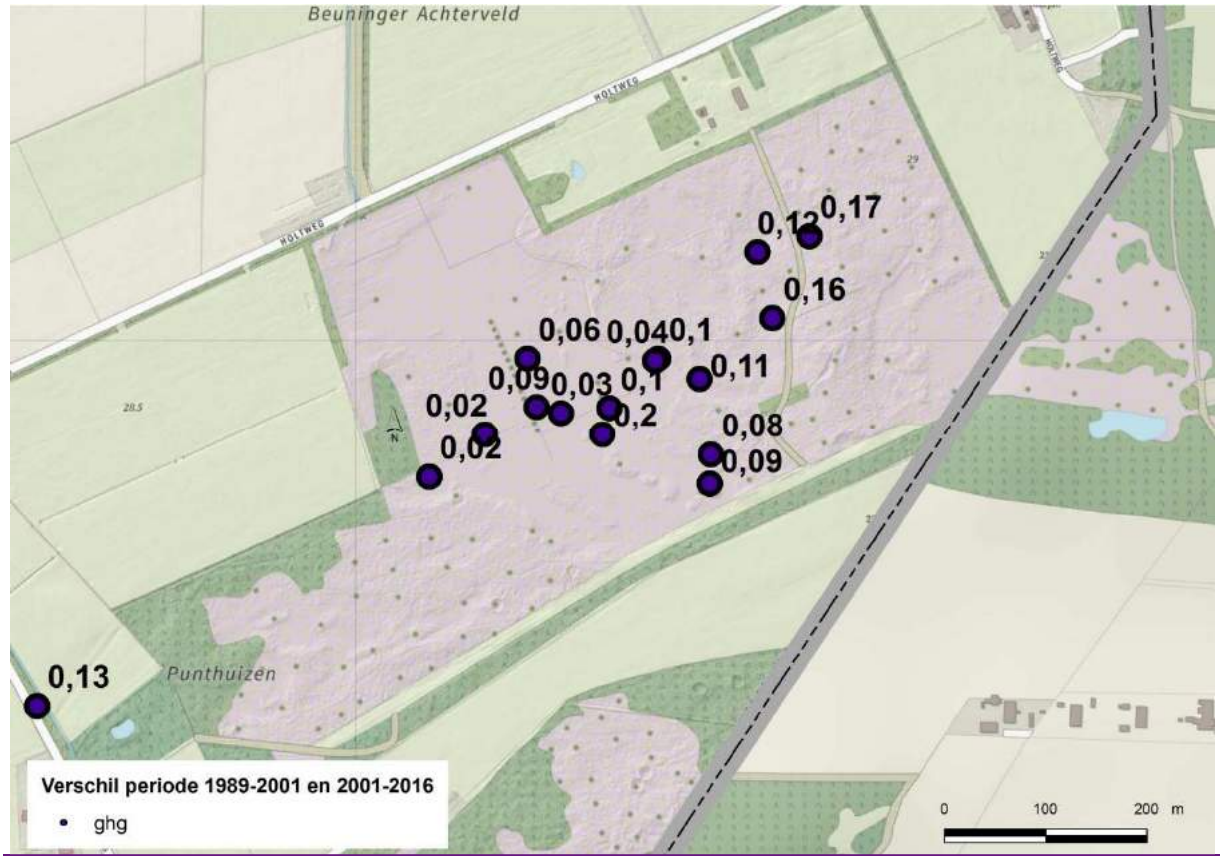
Figuur 25 Berekende drainagebasis in Punthuizen



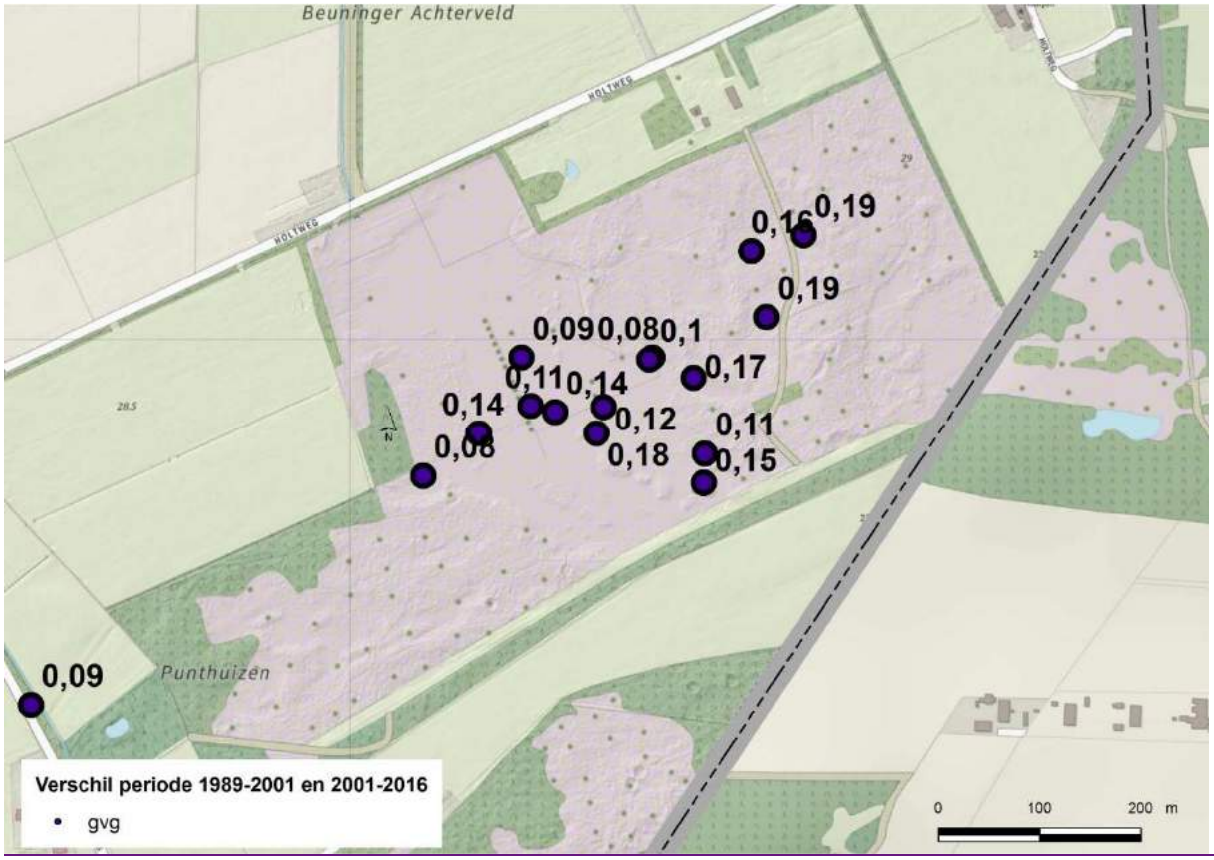
Figuur 26 Berekende drainagebasis in Stroothuizen

Verschillen gesimuleerd gxg's voor de periode 1990-2001 en 2001-2016

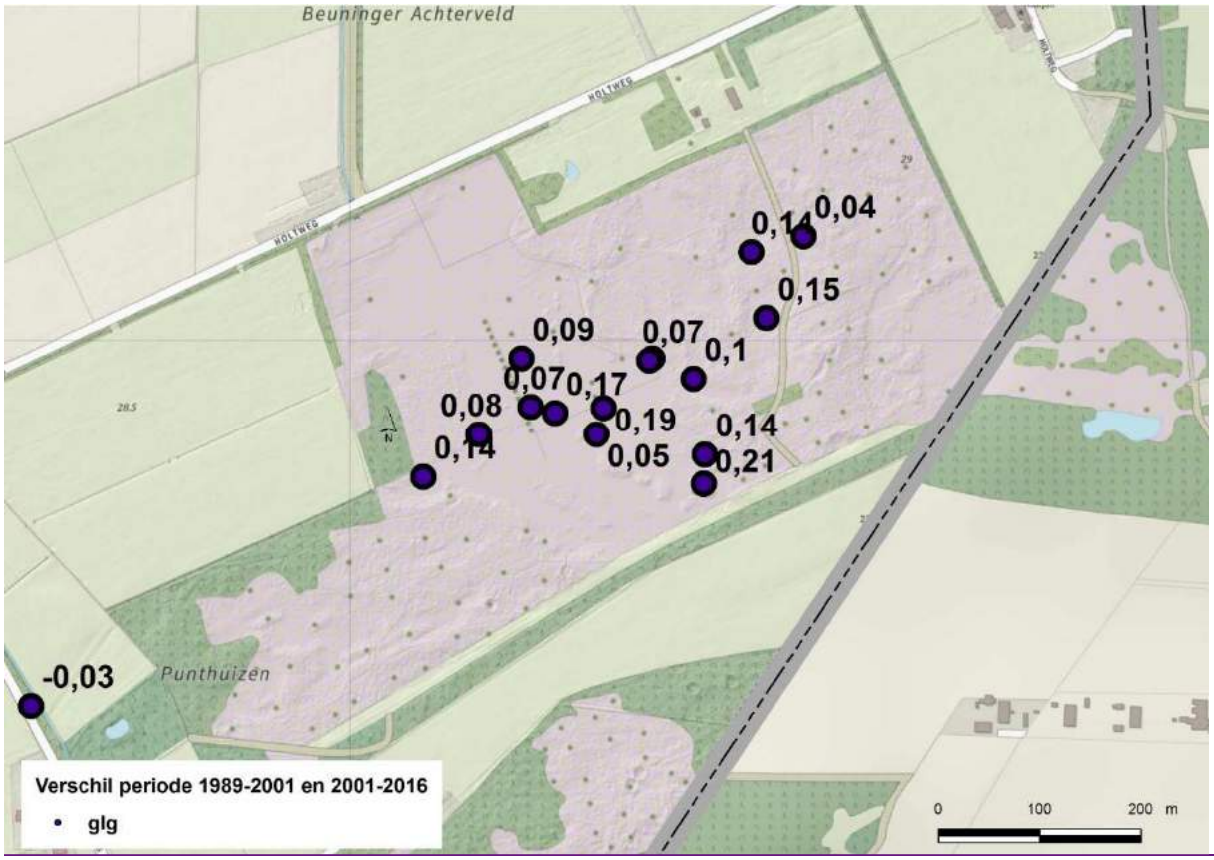
Afgeleid uit tijdreeksmodellen, berekend met Menyanthes



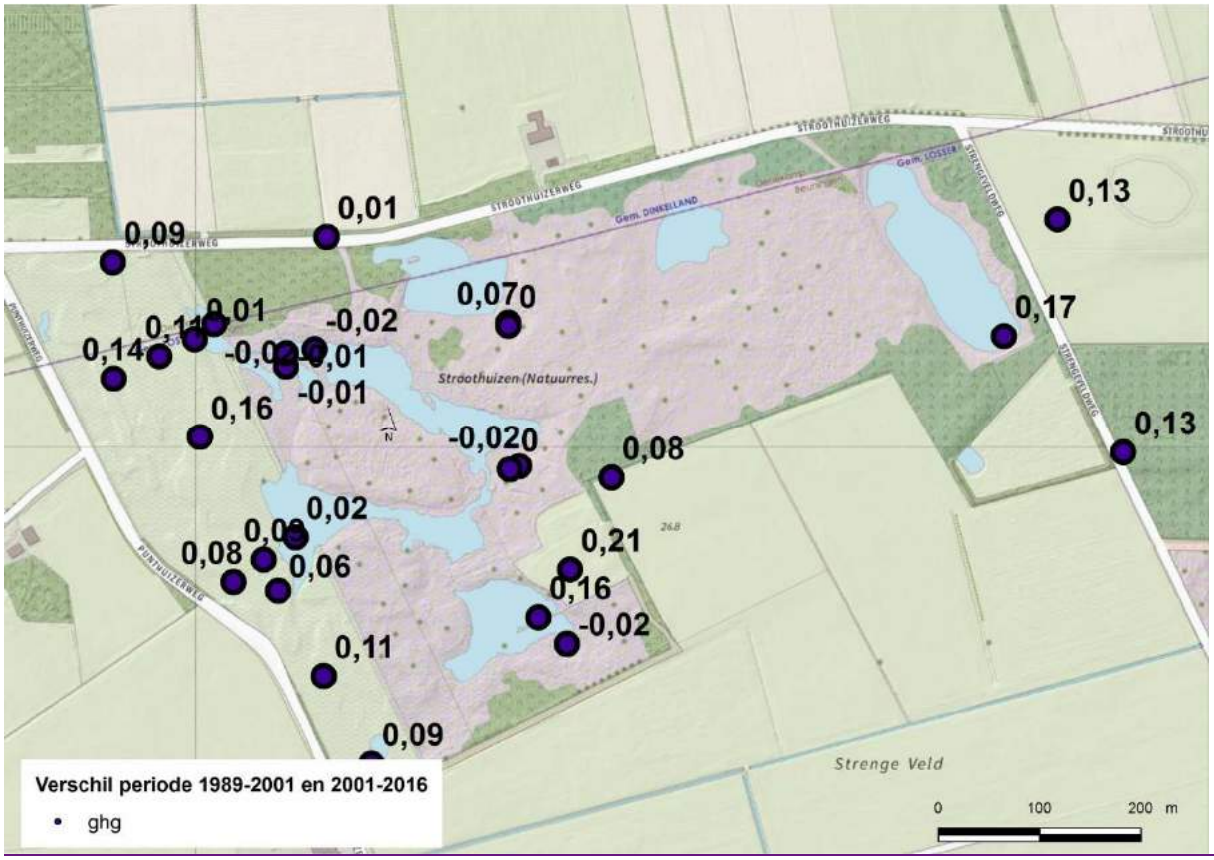
Figuur 27 Verschil GHG in Punthuizen



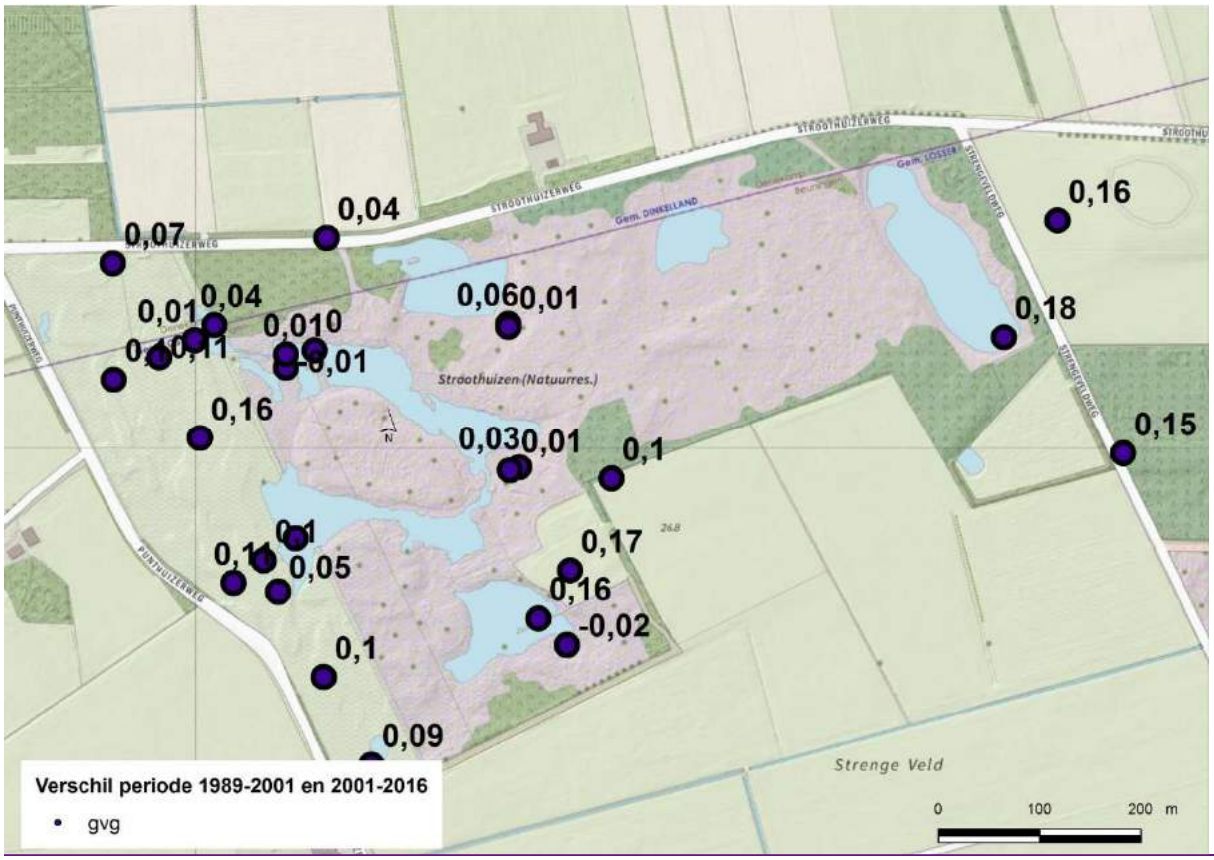
Figuur 28 Verschil GVG in Punthuizen



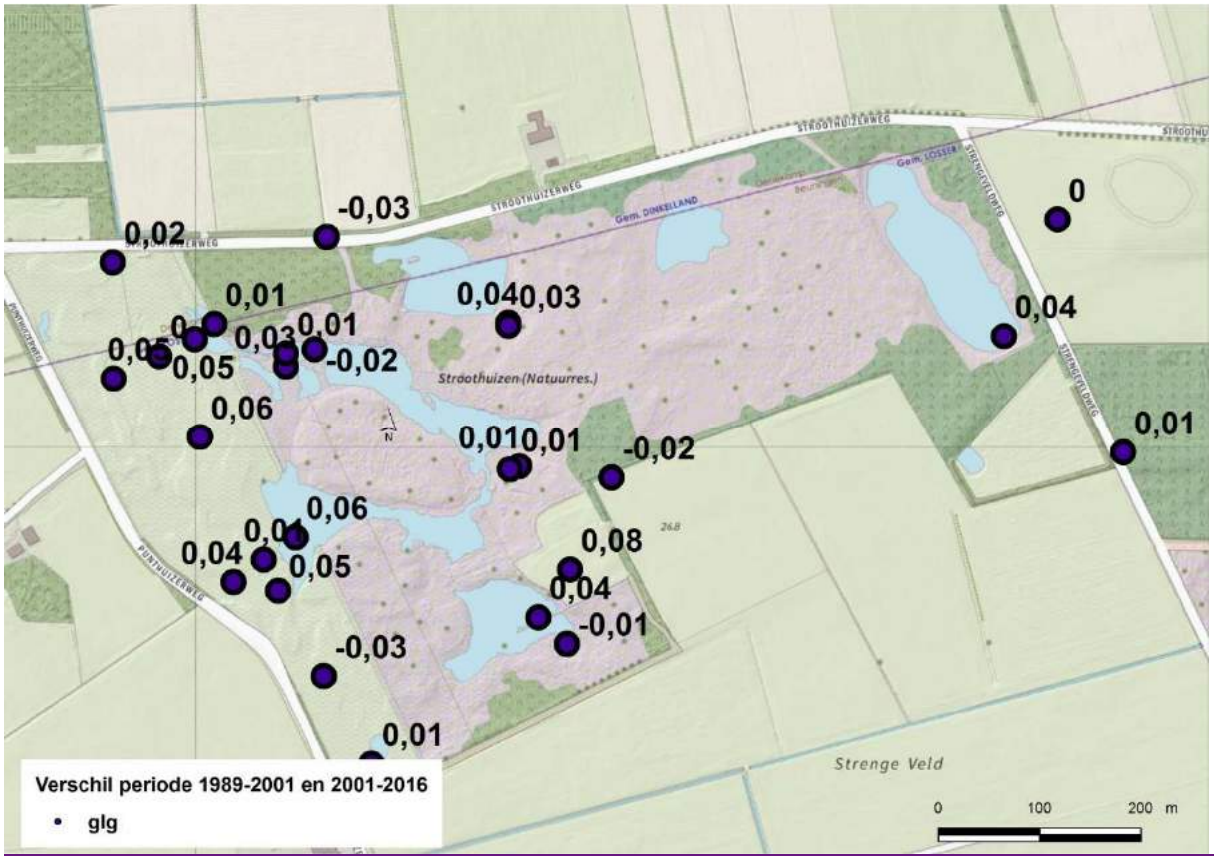
Figuur 29 Verschil GLG in Punthuizen



Figuur 30 Verschil GHG in Stroothuizen



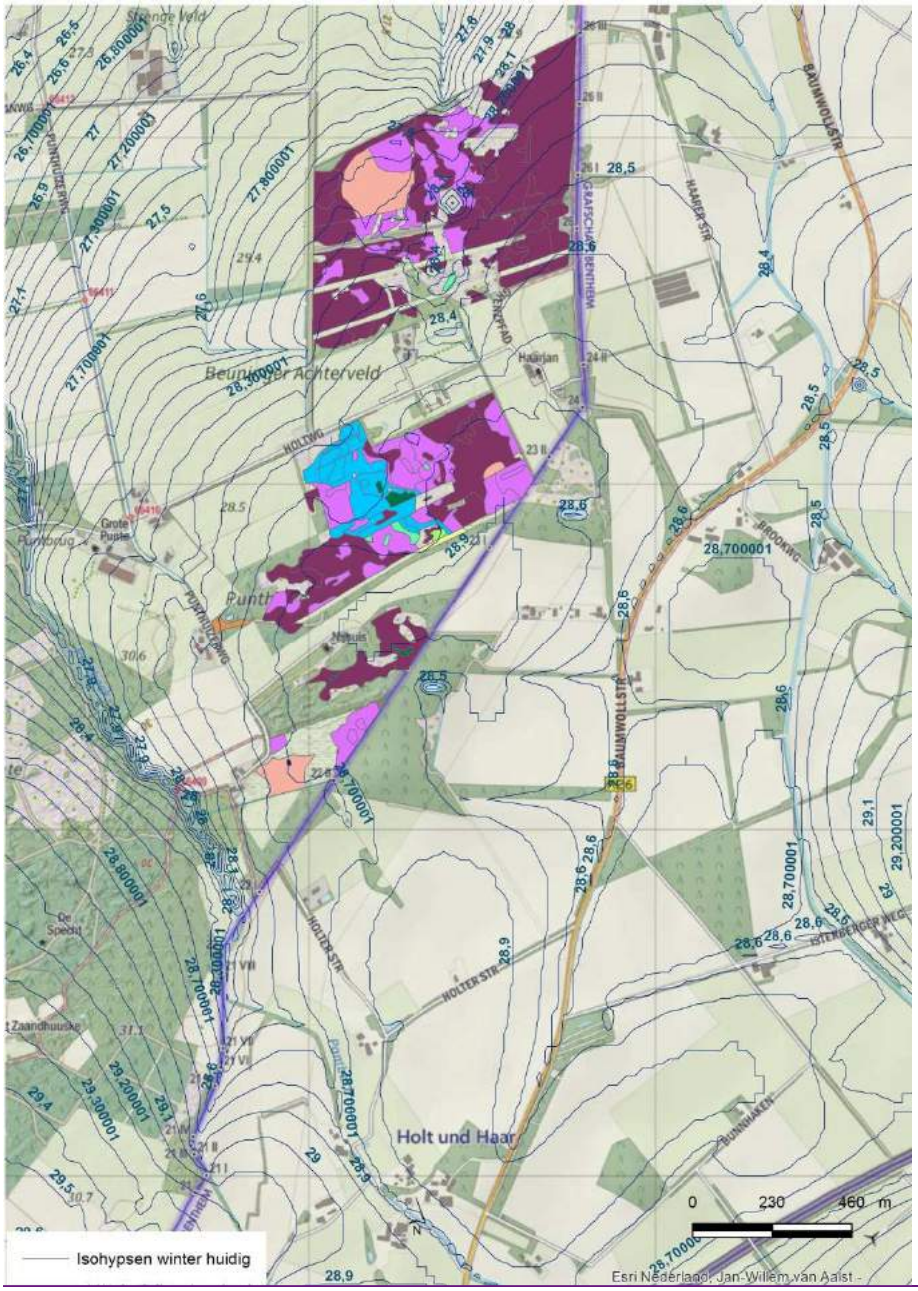
Figuur 31 Verschil GVG in Stroothuizen



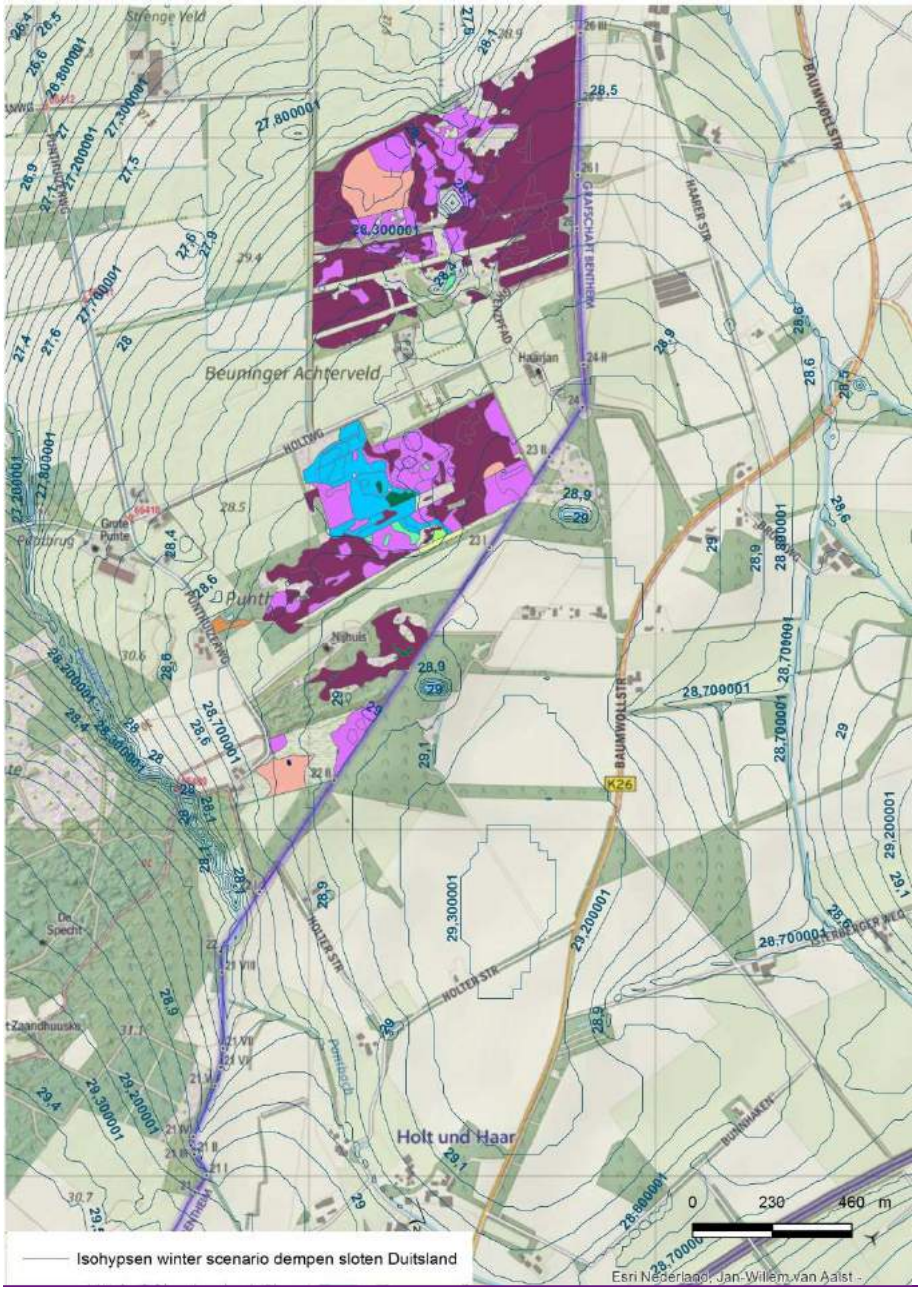
Figuur 32 Verschil GLG in Stroothuizen

Isohypsenpatronen wintersituatie

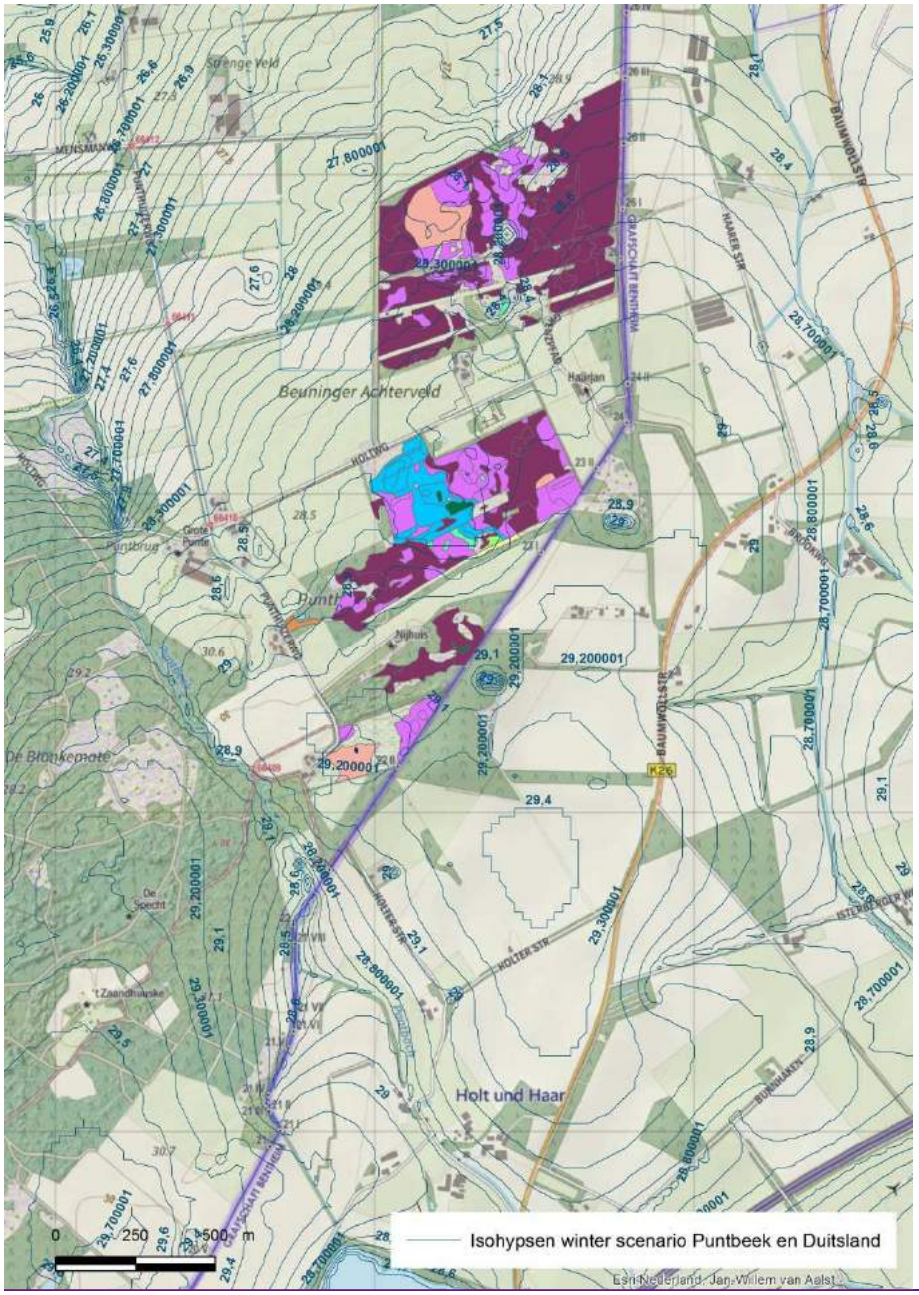
Effect van lange termijn maatregelen op intrekgebied Punthuizen



Figuur 33 Isohypsenpatroon bij GHG omstandigheden in de huidige situatie

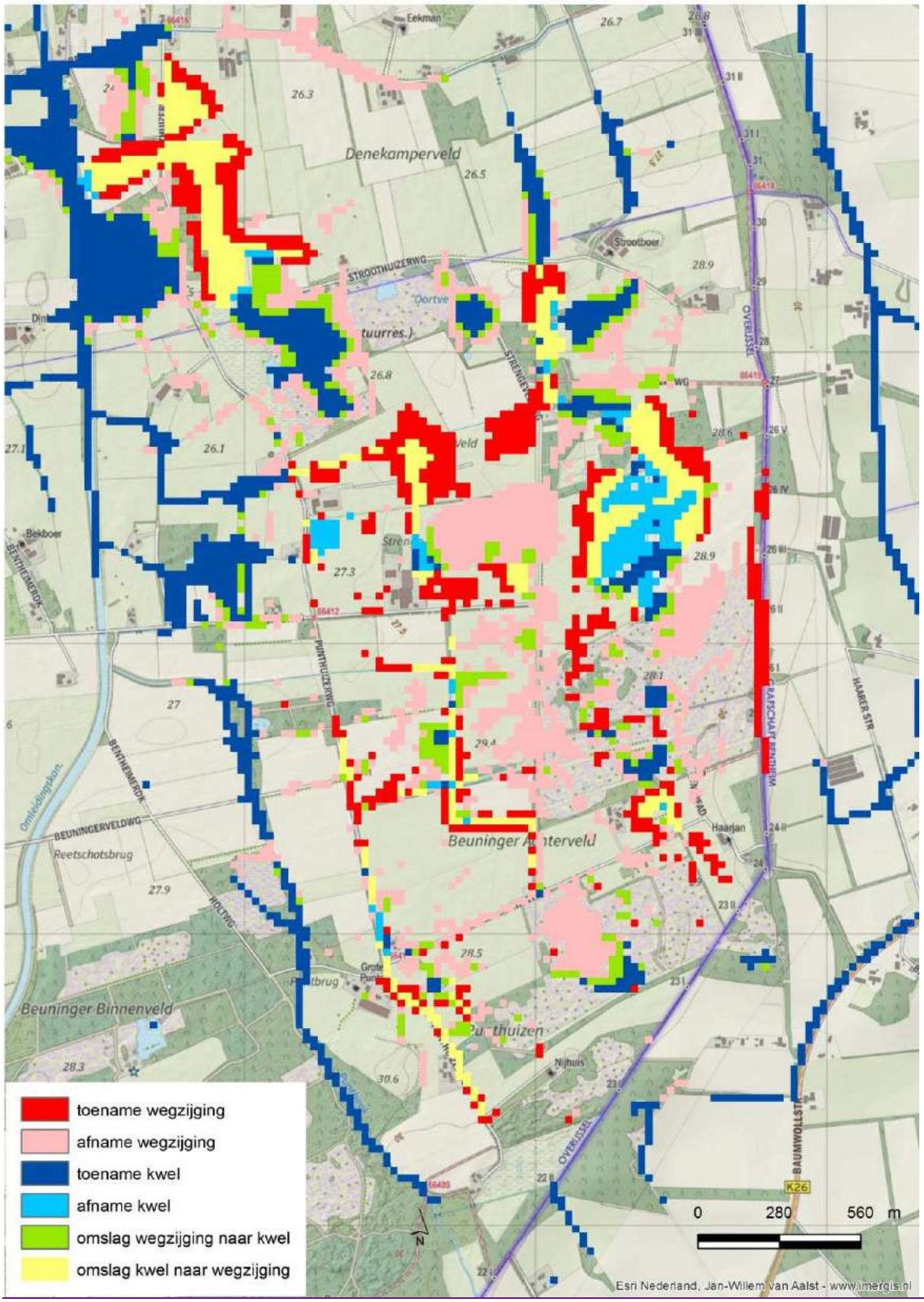


Figuur 34 Isohypsenpatroon bij GHG omstandigheden na realisatie korte termijn maatregelen (inrichtingsplan) en dempen sloten in Duitsland

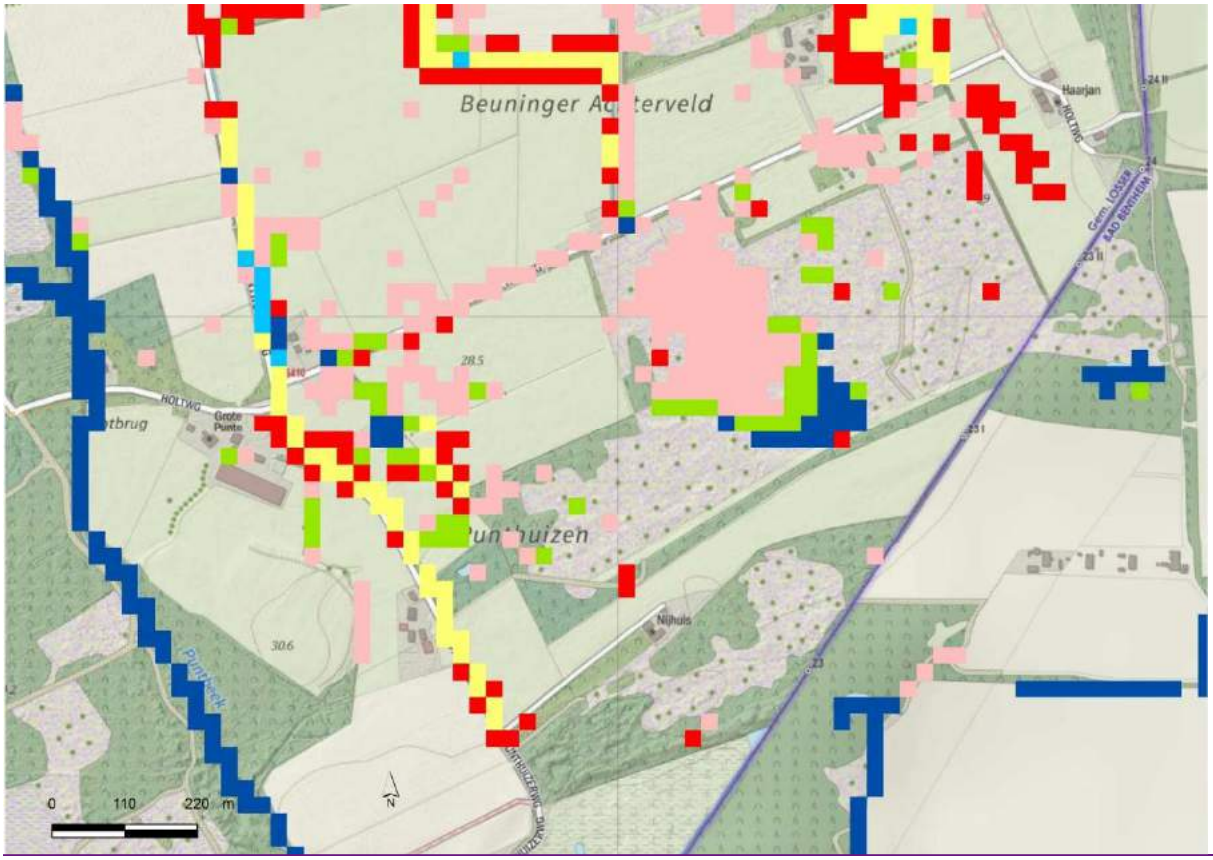


Figuur 35 Isohypsenpatroon bij GHG omstandigheden na realisatie korte termijn maatregelen (inrichtingsplan), dempen sloten in Duitsland en peilverhoging in de Puntbeek

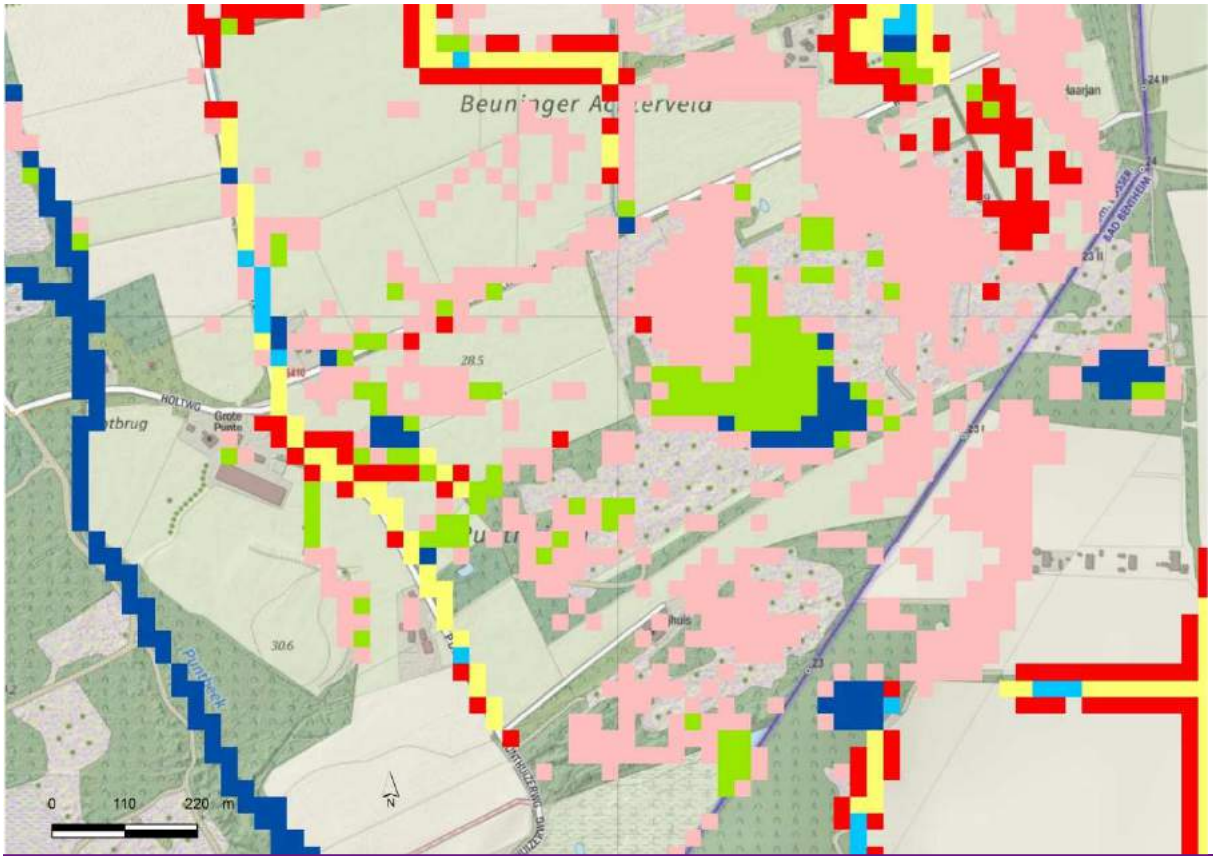
Voorbeelden effect kwelpatronen



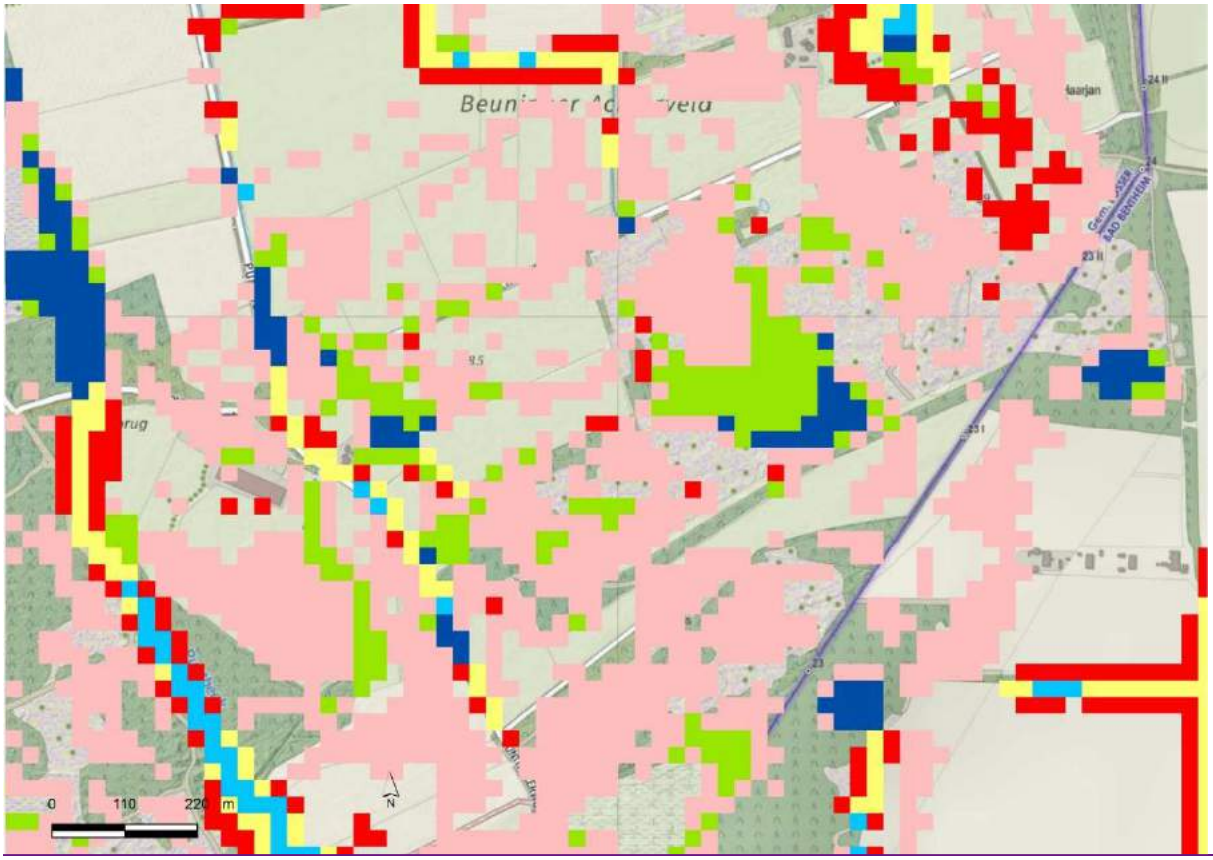
Figuur 36 Verandering kwelpatronen korte termijnmaatregelen. In rood de aandachtsgebieden waar kwelafhankelijke habitattypen voorkomen



Figuur 37 Verandering kwelpatronen in Punthuizen na realisatie van de korte termijnmaatregelen in de voorjaarssituatie.



Figuur 38 Verandering kwelpatronen in Punthuizen na realisatie van de korte termijnmaatregelen en sloten dempen in Duitsland in de voorjaarssituatie.



Figuur 39 Verandering kwelpatronen in Punthuizen na realisatie van de korte termijnmaatregelen, sloten dempen in Duitsland en peilverhoging in de Puntbeek in de voorjaarssituatie.

Definitietabel habitattypen

Kwalificerende vegetatietypen volgens Vegetatie van Nederland of Catalogus Vegetatietypen Staatsbosbeheer:

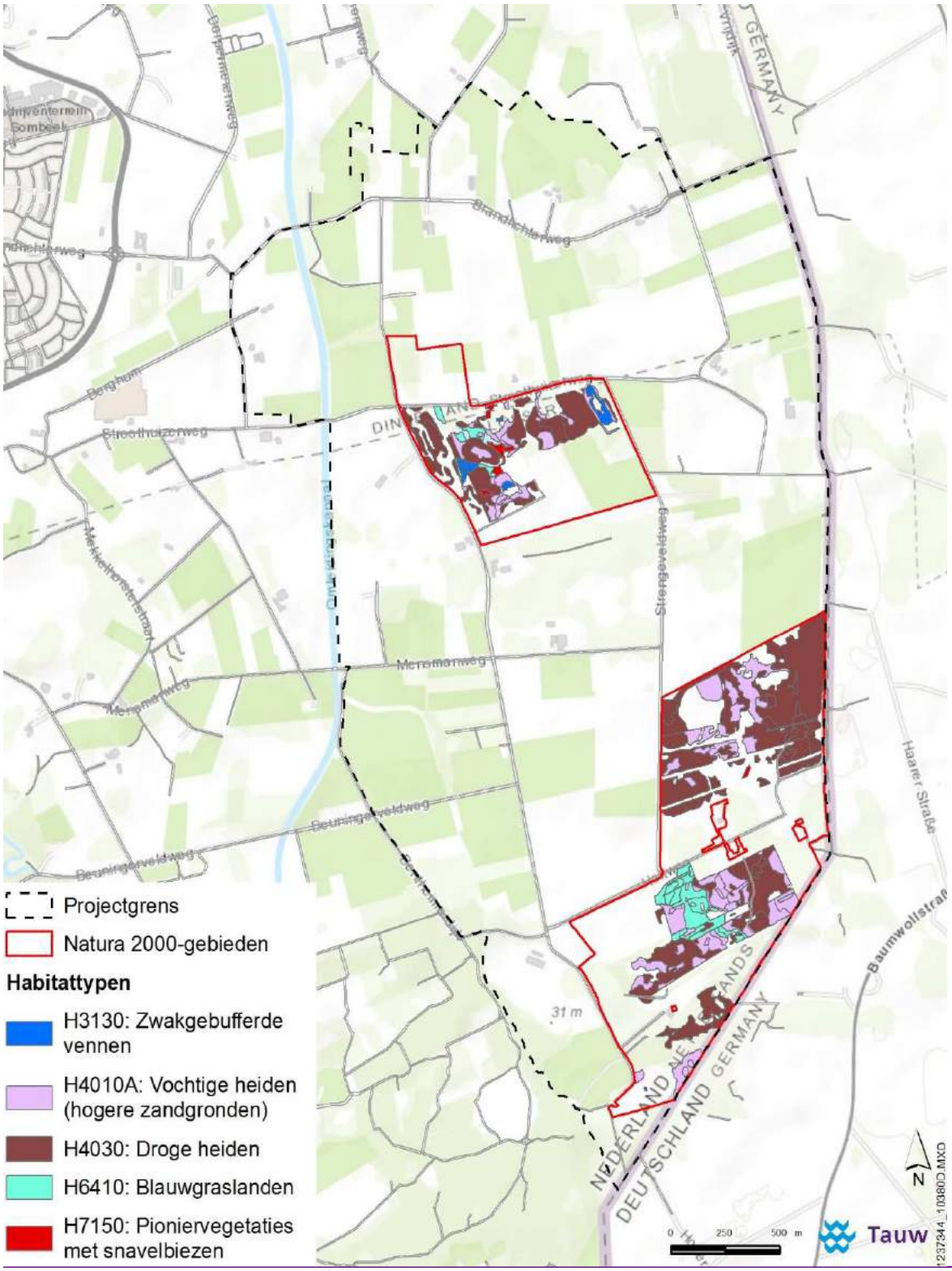
- (sub)associaties (status goed)
- Rompgemeenschappen (RG) (status matig)

Associatie indien de soortensamenstelling voldoende kenmerkende soorten omvat van de associatie (het is een ‘verzadigde’ plantengemeenschap)
Determinatie blijft steken op het niveau van verbond of hoger. In dat geval is er sprake van een romp- of derivaatgemeenschap (het is dan een ‘onverzadigde’ gemeenschap). Zo’n romp- of derivaatgemeenschap kan door natuurlijke oorzaken ontstaan (bijvoorbeeld extreme dynamiek op strandvlakten), maar vaak gaat het om situaties die zijn aangetast door menselijke oorzaken (vermesting, verzuring, verdroging etc.).

Habitattypen op vegetatieniveau
Uitwerking voor

- Blauwgrasland
- Zwakgebufferde vennen
- Vochtige heide

Kaarten en tabellen associatie en rompgemeenschappen vegetatietypen en kwaliteit habitattypen



Figuur 40 Habitattypekaart Punthuizen-Stroothuizen

Blauwgrasland

Lokale typologie		Catalogus Staatsbosbeheer	
16A1-1	Vorm van Moerassmele	16Aa	Typische subassociatie
16A1-2	Vorm van Parnassia en Wateraardbei	16Ad	Subassociatie van Parnassia
16A1-3	Vorm van Moerasstruisgras en Grote wederik	16Ae	Soortenarme subassociatie
16A1-4	Vorm van Veldrus en Klokjesgentiaan	16Aa	Typische subassociatie
16A1-5	Vorm van Tandjesgras en Tormentil	16Ab	Subassociatie van Borstelgras

Lokale typologie		Strooth	Beun Achterh	Punth
16A1-1	Vorm van Moerassmele	-	-	**8**
16A1-2	Vorm van Parnassia en Wateraardbei	-	-	**3**
16A1-3	Vorm van Moerasstruisgras en Grote wederik	-	-	**6**
16A1-4	Vorm van Veldrus en Klokjesgentiaan	-	-	**10**
16A1-5	Vorm van Tandjesgras en Tormentil	-	-	**10**

Lokale typologie		Catalogus Staatsbosbeheer	
16A-1	Vorm van Geoord veenmos en Veelstengelige waterbies	16A-a	RG Blauwe knoop -Blauwe zegge
16A-2	Vorm van Moerasstruisgras	16A-c	RG Moerasstruisgras
16A-3	Vorm van Grote wederik	16A-d	RG Grote wederik en Hennegras
16A-4	Vorm van Veldrus	16A-a	RG Blauwe knoop -Blauwe zegge
16A-4	Vorm van Tandjesgras	16A-a	RG Blauwe knoop -Blauwe zegge

Lokale typologie		Strooth	Beun Achterh	Punth
16A-1	Vorm van Geoord veenmos en Veelstengelige waterbies	5	-	-
16A-2	Vorm van Moerasstruisgras	1	-	9
16A-3	Vorm van Grote wederik en Hennegras	-	-	6
16A-4	Vorm van Veldrus	2	-	18
16A-5	Vorm van Tandjesgras	3	-	11

Zwakgebufferde vennen

Lokale typologie		Catalogus Staatsbosbeheer	
06-2	Vorm van Geoord veenmos	06-c-	RG Veelstengelige waterbies en veenmos
06C-1	Vorm van Oeverkruid	06C3	Ass. Veelstengelige waterbies
06C-2	Vorm van Moerassmele en Bruine snavelbies	06C3	Ass. Veelstengelige waterbies
06-3	Vorm van Gewone waternavel en Moerasstruisgras	06-c-	RG Veelstengelige waterbies en veenmos
06C-3	Vorm van Vlottende bies	06C2	Ass. van Vlottende bies
06-3	Knolrus - facies	06-d	RG Knolrus - Veenmos
10-1	Knolrus vorm van Waterveenmos	10-f	RG Knolrus - Veenmos

Lokale typologie		Strooth	Beun Achterh	Punth
06-2	Vorm van Geoord veenmos	8	-	-
06C-1	Vorm van Oeverkruid	2	-	1
06C-2	Vorm van Moerassmele en Bruine snavelbies	-	-	4
06-3	Vorm van Gewone waternavel en Moerasstruisgras	6	1	-
06C-3	Vorm van Vlottende bies	1	-	-
06-3	Knolrus - facies	3	-	-
10-1	Knolrus vorm van Waterveenmos	6	-	-

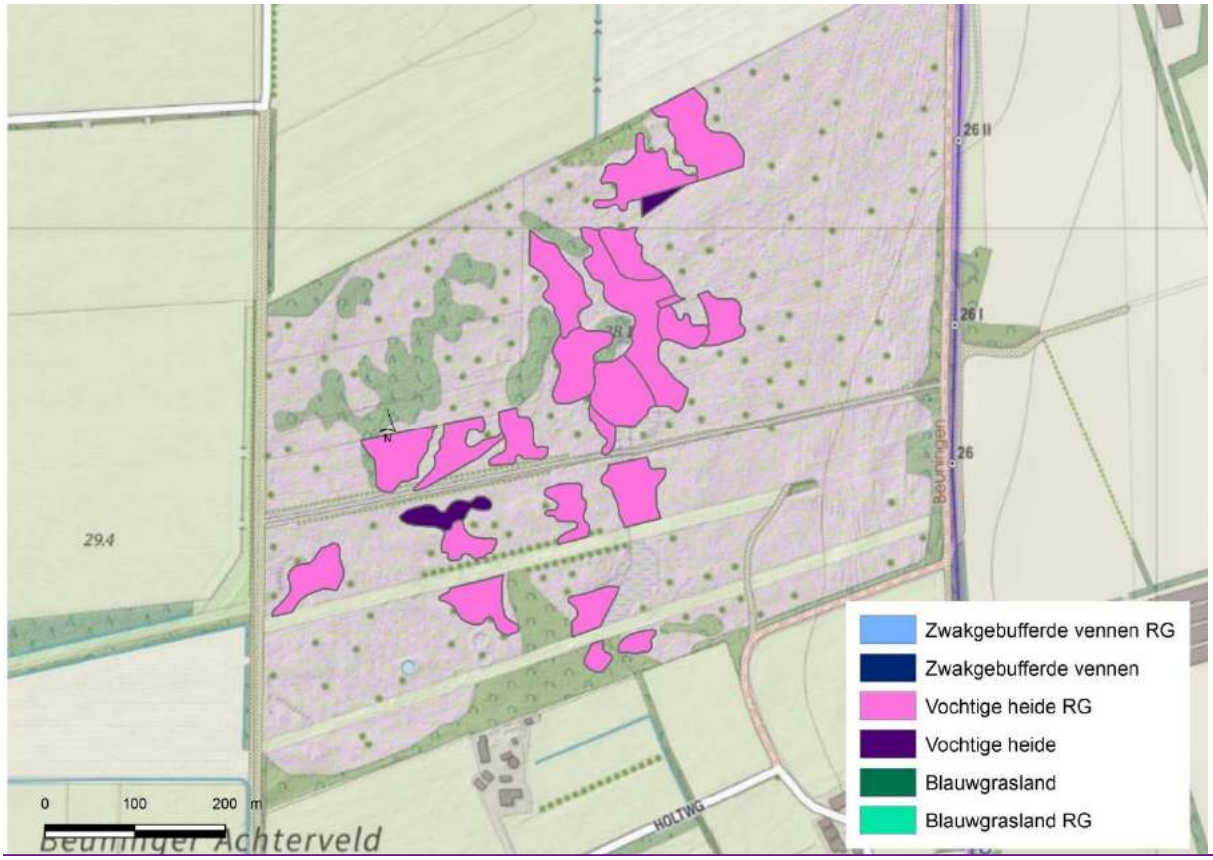
Vochtige heide

Lokale typologie		Catalogus Staatsbosbeheer	
11A2-1	Vorm van waterveenmos	11A2f	Ass. Van Gewone dopheide soortenarm
11A-1	Soortenarme vorm (inops)	11A-a	RG Dopheide
11-1	Vorm van Beenbreek	11-k-	RG Beenbreek
11A2-2	Vorm van Gewone veenbies	11A2f	Ass. Van Gewone dopheide soortenarm
11A2-3	Vorm van Blauwe zegge en Klokjesgentiaan	11A2e	Ass. Van Gewone dopheide subass. van Gevlekte orchis
10-5	Vorm van waterveenmos	10^{e} of 11g	RG Pijpestrootje Veenmos
11-2	Inops	11-i	RG Pijpestrootje

Lokale typologie		Strooth	Beun Achterh	Punth
11A2-1	Vorm van waterveenmos	9	-	-
11A-1	Soortenarme vorm	18	19	26
11-1	Vorm van Beenbreek	2	-	-
11A2-2	Vorm van Gewone veenbies	11	6	13
11A2-3	Vorm van Blauwe zegge en Klokjesgentiaan	6	3	22
10-5	Vorm van Waterveenmos	15	-	2
11-2	Inops	22	24	16

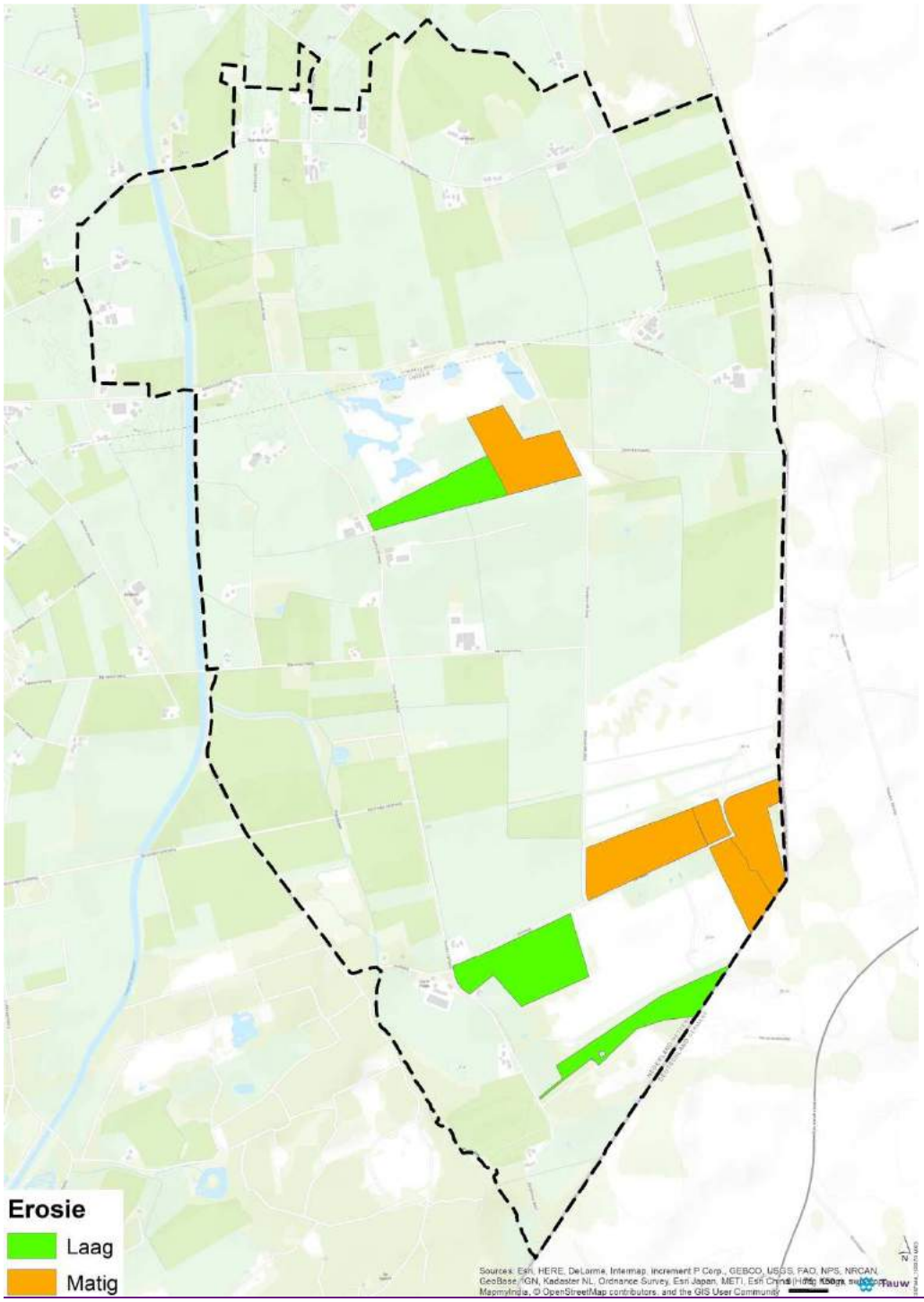
Figuur 41 Associaties en rompgemeenschappen in Punthuizen

Figuur 42 Associaties en rompgemeenschappen in Stroothuizen

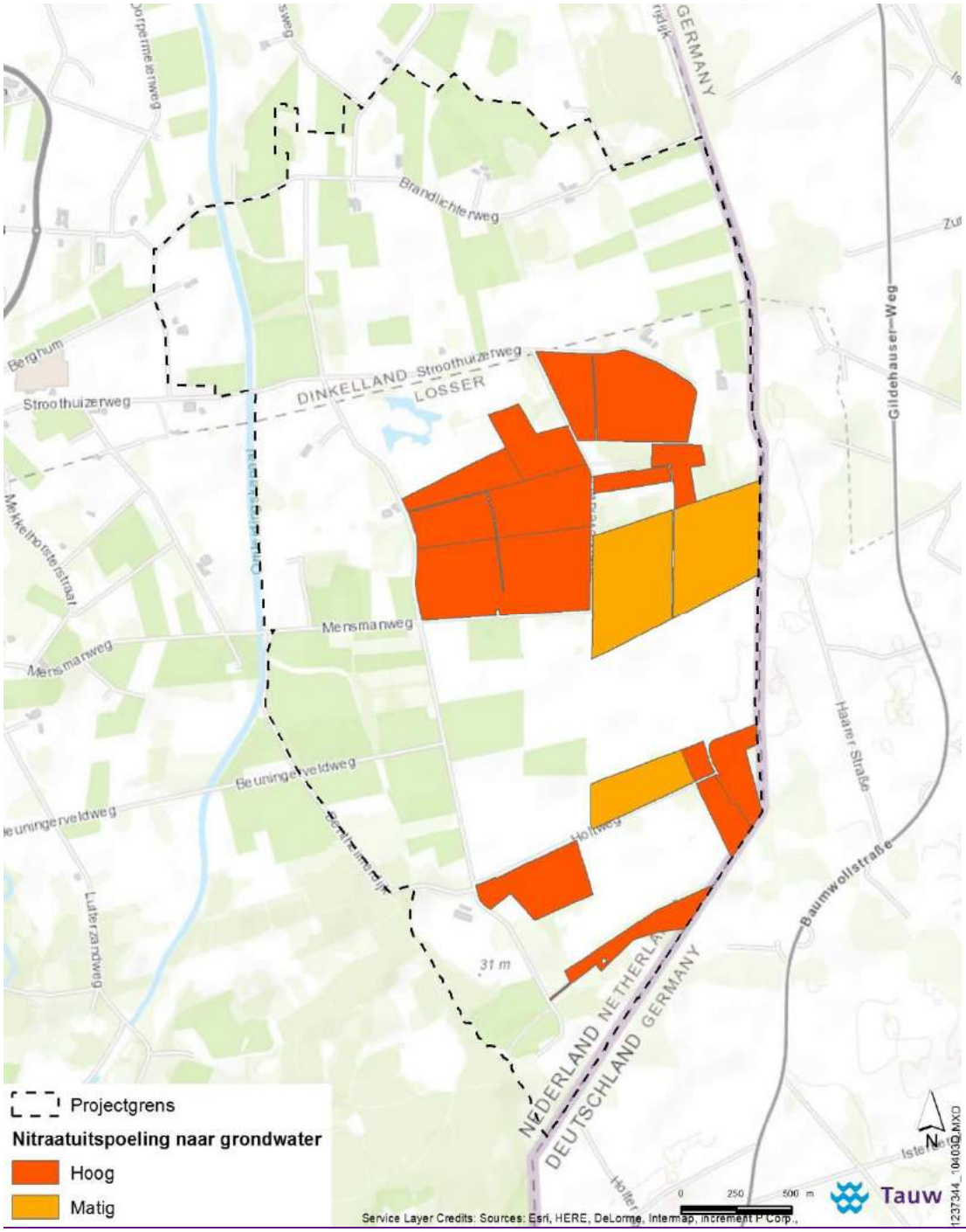


Figuur 43 Associaties en rompgemeenschappen in Beuninger Achterveld

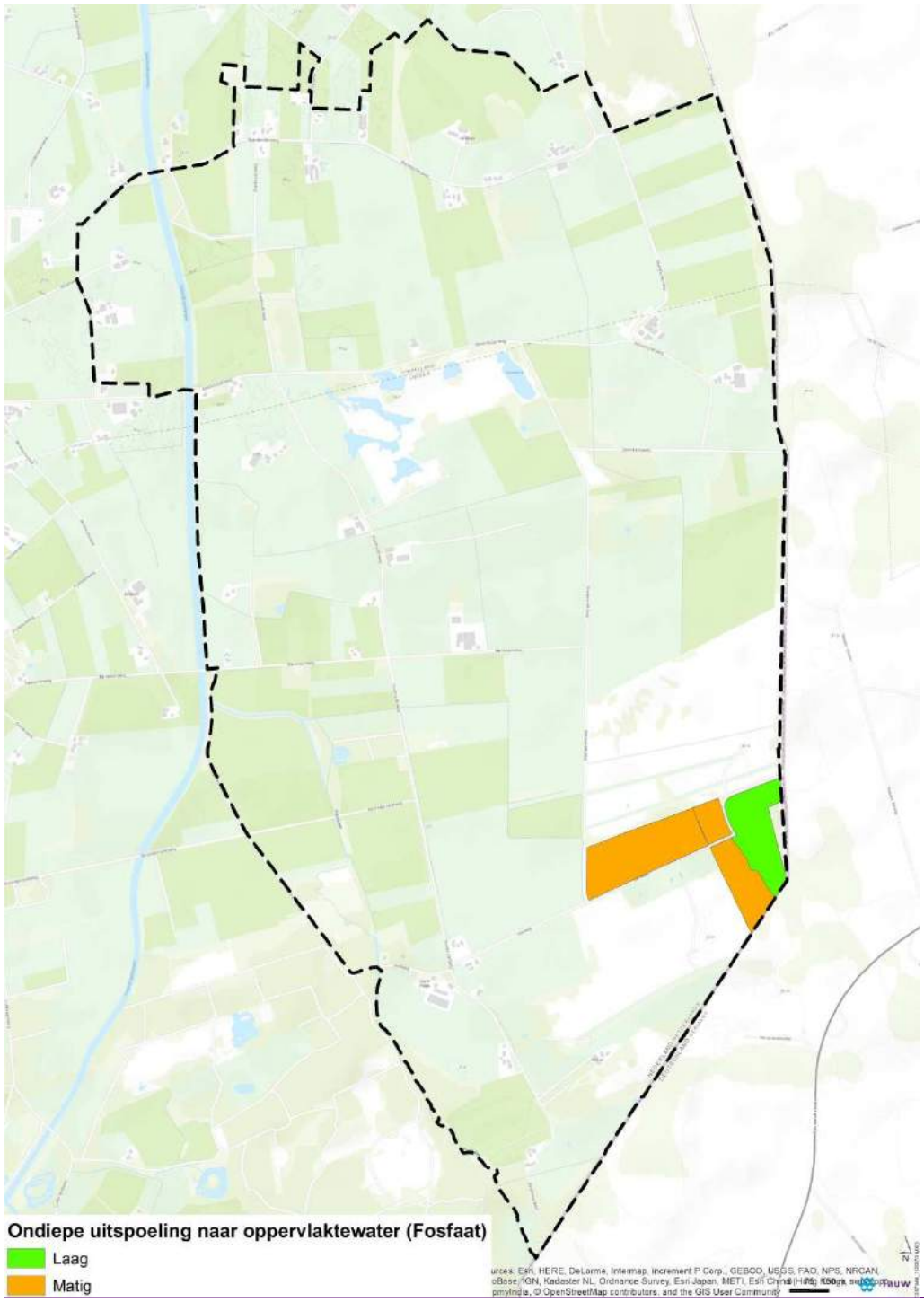
Risicokaarten – output bemestingsmaatregelwijzer



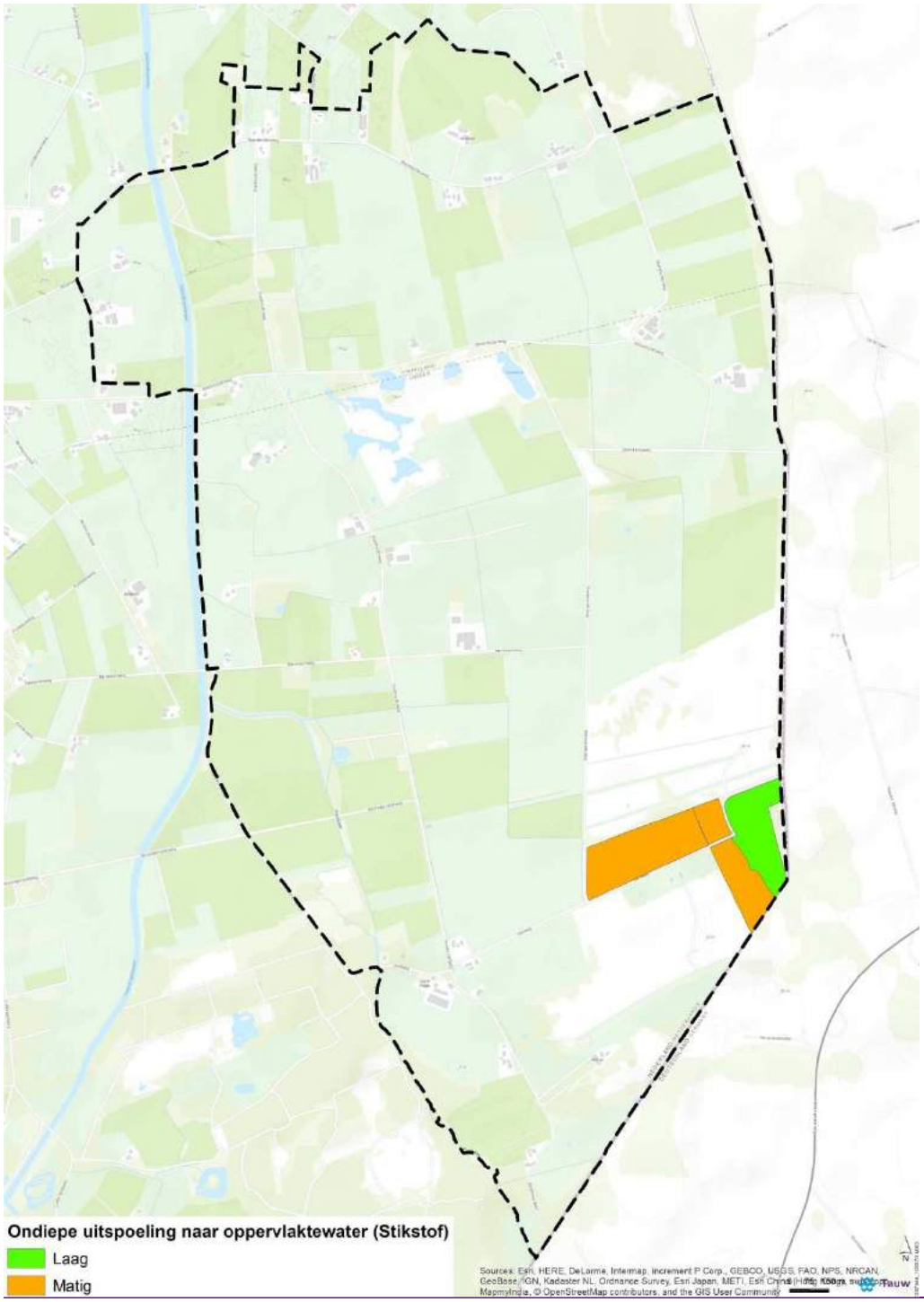
Figuur 44 Risico's op erosie



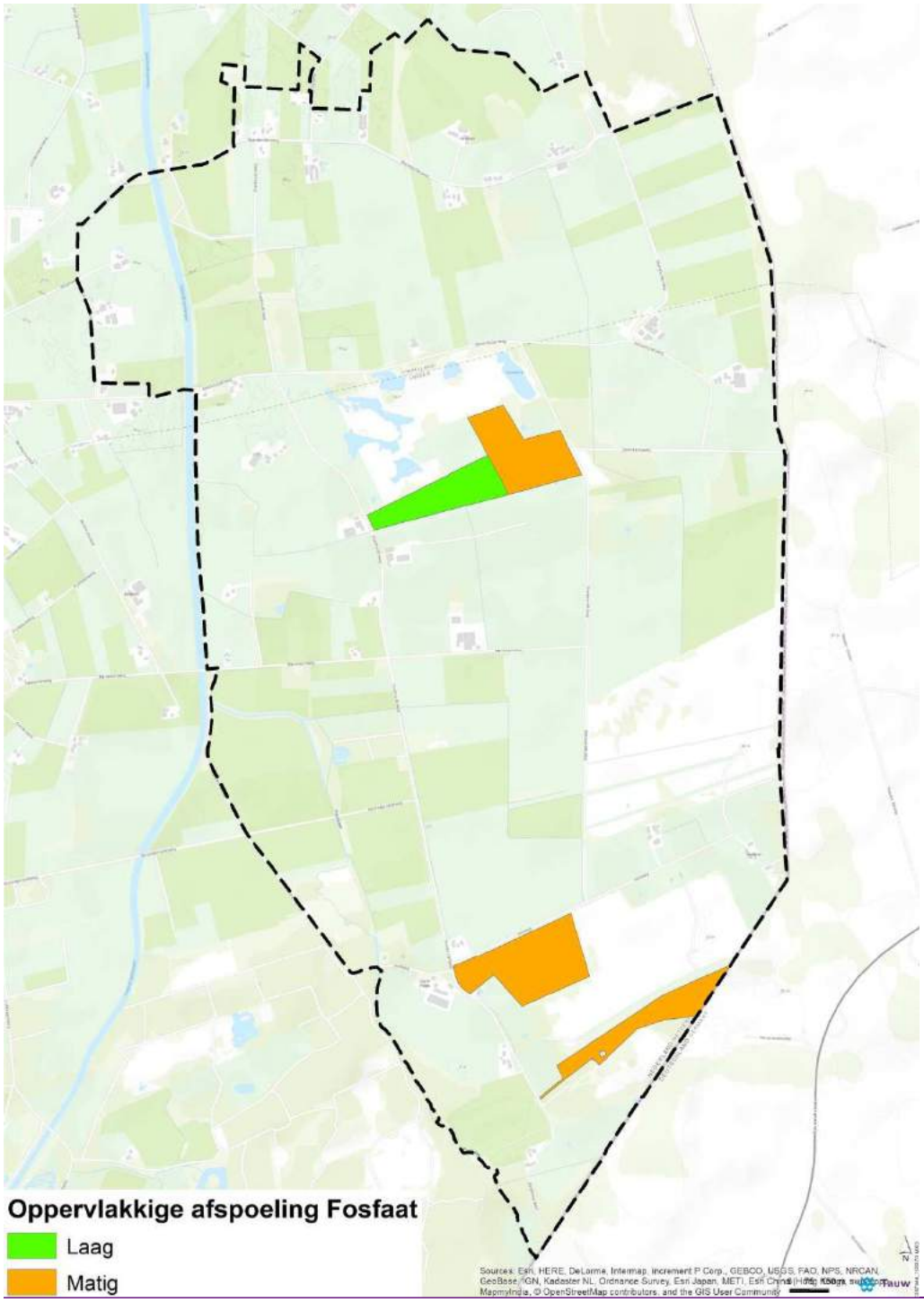
Figuur 45 Risico's op nitraatuitspoeling naar grondwater



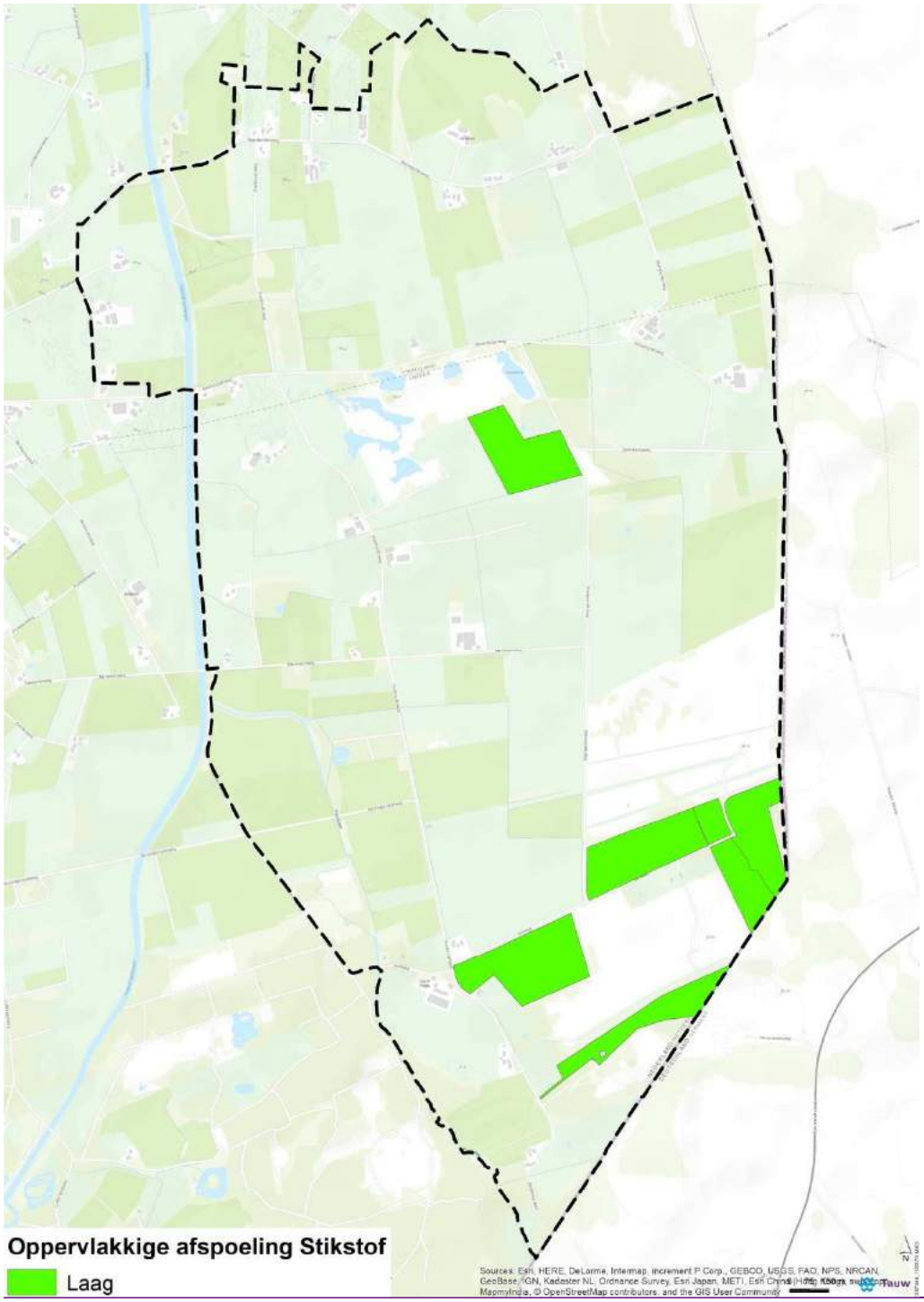
Figuur 46 Risico's op ondiepe uitspoeling van fosfaat naar oppervlaktewater



Figuur 47 Risico's op ondiepe uitspoeling van stikstof naar oppervlaktewater



Figuur 48 Risico's op oppervlakkige afspoeling van fosfaat



Figuur 49 Risico's op oppervlakkige afspoeling van Stikstof

Bijlage 2

Habitattypen en vegetatietypen

Habitattype	codering	Vegetatie	codering
Zwakgebufferde vennen	H3130	Associatie van Biesvaren en Waterlobelia	6Aa1
		Pilvaren-associatie	6Ac1
		Associaitie van Vlottende bies	6Ac2
		Associatie van Veelstengelige waterbies	6Ac3
		RG Veelstengelige waterbies - veenmos	RG
		RG Knolrus - veenmos	RG
Vochtige heiden	H4010A	Associatie van Gewone dopheide	11Aa2
		Subassociatie van veenmos	11Aa2a
		Subassociatie typicum	11Aa2c
		RG Pijpenstrootje	RG
		RG Wilde gagel	RG
Droge heide	H4030	Associatie van Struikheide en Stekelbrem	20Aa1
		Subassociatie typicum	20Aa1b
		RG Bochtige smele	RG
Heischrale graslanden	H6230	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras	19Aa2
		RG Borstelgras	RG
		RG Bochtige smele	RG
Blauwgraslanden	H6410	Blauwgrasland	16Aa1
		Subassociatie van heischraal grasland	16Aa1a
		Subassociatie typicum	16Aa1b
		Subassociatie van Melkeppe	16Aa1c
		Subassociatie van Parnassia	16Aa1d
		Variant met Moerassmele	Variant
		Veldrus-associatie	16Ab1
		RG Blauwe zegge - Blauwe knoop	RG
Pioniervegetaties met snavelbiezen	H7150	Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies	11Aa1
		Draadgentiaan-associatie	28Aa1

Bijlage 3

Flora Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

Overzicht van plantensoorten in Punthuizen

	1 1953	8 1958	2 1960	7 1962	3 1964	9 1965	4 1982	5 1987	6 1988	10 2001	11 2010	12 2016
Eleocharitetum multicaulis												
Oeverkruid			x	x		x	x	x			x	
Veelstengelige waterbies			x	x		x	x	x		x	x	x
Moerassmele			x	x		x	x		x	x	x	x
Moerashertshooi		x	x	x			x	x	x			
Ondergedoken moerasscherm				x				x				
Stijve moerasweegbree				x				x				
Nanocyperion												
Dwergzegge			x	x		x	x		x			
Ijle rus									x			
Waterpostelein				x				x				
Dwergvlas				x								
Parvocaricetea												
Wateraarbei			x	x			x		x	x	x	x
Zwarte zegge		x	x	x		x	x			x	x	
Waternavel		x	x							x	x	x
Egelboterbloem		x	x	x		x	x	x		x	x	x
Moerasviooltje				x		x				x		
Holpijp				x								
Draadrus										x	x	
Caricion davallianae												
Vleeskleurige orchis			x	x	x	x					x	x
Parnassia	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
Vetblad				x	x	x			x	x		
Moeraswespenorchis			x	x	x	x			x	x	x	x
Ruw walstro			x	x	x							x
Kleine valeriaan		x	x	x		x				x	x	
Alpenrus				x					x	x		
Grote keverorchis					x				x	x	x	
Ericion tetralicis												
Moeraswolfsklauw				x	x					x	x	
Bruine snavelbies			x	x		x				x	x	x
Kleine zonnedauw		x	x	x	x	x				x	x	x
Blauwe zegge		x	x	x		x	x			x	x	x
Ronde zonnedauw		x		x	x	x			x		x	
Klokjesgentiaan	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x
Kruipwilg		x	x	x		x	x			x	x	x
Beenbreek					x						x	
Witte snavelbies				x		x			x	x		
Veenbies		x		x					x	x	x	x
Ijslands mos		x		x								
Calluno-Genistion												
Stekelbrem		x									x	x
Kruipbrem		x										
Klein warkruid						x					x	
Myricetum gale												
Gagel		x	x	x		x				x	x	x
Nardo-Galion												
Tandjesgras						x			x	x	x	x
Heidekartelblad			x	x		x				x	x	x
Welriekende nachtorchis					x					x	x	
Gevlekte orchis				x	x					x	x	x
Stijve ogentroost		x	x	x					x	x	x	x
Blauwe knoop				x		x				x	x	x
Borstelgras				x						x	x	x
Brede orchis										x	x	
Addertong											x	x
Junco-Molinion												
Spaanse ruiter	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Veldrus		x	x	x		x	x			x	x	x
Biezenknoppen		x	x	x		x				x		x
Calthion												
Moerasrolklaver		x	x			x			x	x		x
Echte koekoeksbloem		x	x	x					x	x		x
Scheuchzerietea												
Veenpluis		x	x	x		x					x	x

1 = Hoogervorst et al., 1953
2 = Wesselink et al., 1960
3 = Schulte, 1964
4 = Hofstra, 1982
5 = De Haan & Siebum, 1987
6 = Weeda, 1988
7 = Van Leeuwen, 1962
8 = Van der Ven, 1958
9 = Van der Steeg, 1965
10 = NDFF
11 = SBB-inventarisatie
12 = NDFF

Overzicht van plantensoorten in Stroothuizen

	1 1933	2 1944	3 1948	4 1950	5 1953	6 1953	7 1958	8 1960	9 1962	10 2001	11 2010	12 2016
Eleocharitetum multicaulis												
Waterlobelia			x	x	x							
Oeverkruid					x		x		x	x	x	
Veelstengelige waterbies					x	x	x	x	x	x	x	x
Moerassmele									x			
Moerashertshooi							x	x	x	x	x	x
Ondergedoken moerasscherm		x							x	x	x	x
Vlottende bies		x				x				x	x	x
Klein blaasjeskruid		x								x	x	x
Drijvende waterweegbree									x			
Duizendknoopfonteinkruid									x	x	x	
Stijve moerasweegbree										x	x	
Pilvaren										x	x	
Witte waterranonkel										x		
Nanocyperion												
Dwergzegge		x				x				x	x	
Waterpostelein		x								x	x	
Dwergvlas		x				x						
Koprus										x		
Draadgentiaan										x	x	
Parvocaricetea												
Wateraarbei		x		x	x	x	x	x		x	x	
Zompzegge		x				x	x	x		x	x	
Sterzegge		x					x			x	x	x
Zwarte zegge		x		x	x		x			x	x	
Waternavel						x	x			x	x	x
Draadrus				x	x		x			x	x	
Waterdrieblad		x					x			x	x	
Egelboterbloem		x					x				x	x
Moerasviooltje		x					x			x		
Schildereprijs		x		x						x		x
Caricion davallianae												
Vleeskleurige orchis					x	x		x				
Parnassia		x			x	x		x			x	
Krielparnassia		x										
Vetblad										x		x
Armbloemige waterbies										x	x	
Phragmitetea												
Holpijp									x	x	x	x
Ruw walstro								x		x	x	x
Ericion tetralicis												
Bruine snavelbies		x			x	x	x	x	x		x	x
Kleine zonnedauw		x		x		x		x	x	x	x	x
Blauwe zegge		x			x	x	x	x	x		x	x
Ronde zonnedauw		x		x		x		x		x	x	x
Klokjesgentiaan		x		x			x	x		x	x	x
Kruipwilg		x						x			x	
Beenbreek		x		x	x	x		x		x	x	x
Witte snavelbies		x			x	x		x		x	x	x
Veenbies		x			x					x	x	x
Ijslands mos				x	x							
Moeraswolfsklauw		x								x	x	x
Lavendelheide		x						x		x	x	x
Calluno-Genistion												
Stekelbrem								x			x	
Klein warkruid								x			x	x
Myricetum gale												
Gagel		x			x	x		x		x	x	x
Nardo-Galion												
Heidekartelblad		x				x		x			x	
Welriekende nachtorchis		x			x	x		x		x	x	
Gevlekte orchis		x			x					x	x	
Stijve ogentroost										x	x	x
Blauwe knoop		x						x		x	x	x
Borstelgras								x			x	
Brede orchis											x	
Junco-Molinion												
Spaanse ruiter								x	x		x	
Veldrus		x					x	x		x		x
Calthion												
Moerasrolklaver									x	x		x
Echte koekoeksbloem									x	x	x	x
Gevleugeld hertshooi										x		
Scheuchzerietea												
Veenpluis		x			x	x	x	x		x	x	x
Snavelzegge		x			x	x	x			x	x	x

1 = Bernink, 1935
2 = Westhoff, 1944
3 = Dingeldein, 1948
4 = Dingeldein, 1950
5 = Hoogervorst et al., 1953
6 = De Smidt, 1953
7 = Glas, 1958
8 = Gaasenbeek, 1960
9 = Van der Voo, 1962
10 = Tolman en Pranger, NDFI
11 = Pranger en Tolman, 2010
12 = NDFF

Overzicht van plantensoorten in Beuninger achterveld

	1 1953	2 1953	3 1953	4 1950	5 1960	6 1977	7 2001	8 2010	9 2016
Parvocaricetea									
Wateraarbei			x						
Moerasstruisgras	x	x					x		
Knolrus	x	x							
Waternavel			x				x		
Draadrus								x	
Zwarte zegge							x		
Caricion davallianae									
Vleeskleurige orchis			x						
Parnassia			x						
Moeraswespenorchis				x					
Rietorchis									
Ericion tetralicis									
Blauwe zegge			x				x		
Klokjesgentiaan	x						x		x
Kruipwilg			x						
Beenbreek									x
Bruine snavelbies							x		x
Veenbies								x	
Veenpluis							x		
Calluno-Genistion									
Ijslands mos	x								
Kruipbrem	x						x	x	
Jeneverbes	x								
Nardo-Galion									
Welriekende nachtorchis			x						
Gevlekte orchis					x				
Borstelgras							x	x	x
Tandjesgras								x	x
Junco-Molinion									
Ruw walstro			x						
Veldrus			x						

1 = Hoogervorst et al., 1953
2 = De Smidt, 1953
3 = Docter et al. 1953
4 = Dingeldein, 1950
5 = De Smidt, 1960
6 = De Smidt, 1977
7 = NDFF
8 = Inventarisatie SBB
9 = NDFF

Bijlage 4a

Effecten van weersinvloeden op basis van tijdreeksanalyse

In de periode 1989 – 1999/2003 is er een uitgebreid grondwatermeetnet bemeten in zowel Stroothuizen als Punthuizen. Loodrecht op de hoog-laag gradiënt werden peilbuizen geplaatst op locaties die als hydrologisch karakteristiek werden beschouwd (bijvoorbeeld het laagste punt en een knik in de helling) of waar op grond van expertkennis een bijzondere vegetatieontwikkeling werd verwacht.
De locaties van de peilbuizen weerspiegelen op deze wijze de milieugradiënt. De gemeten grondwaterstanden werden gebruikt voor het leggen van de relatie tussen vegetatie, waterstanden en waterchemie. Een samenvatting van de monitoringsresultaten is beschreven in (Aggenbach en Jansen, 2004).

Om te kunnen toetsen in hoeverre de grondwaterstanden in de huidige situatie voldoen aan de vereisten die de verschillende vegetatietypen stellen zijn de gemeten grondwaterstanden uit dit meetnet gebruikt. Daarbij zijn de reeksen waar nodig geschoond door het verwijderen of corrigeren van meetfouten. Peilbuizen met te korte of incomplete reeksen zijn verwijderd uit de gegevensset. Daarnaast is gecontroleerd of de technische gegevens in Dinoloket overeen kwamen met de technisch gegevens uit de analoge meetnetmappen van Staatsbosbeheer. Er bleken geen fouten in de technische gegevens te zitten. Voor Stroothuizen zijn de delen van de reeksen voorafgaand aan de hydrologische maatregelen die zijn uitgevoerd in de periode 1989-1994 verwijderd omdat als gevolg van de maatregelen de grondwaterstanden zijn veranderd.

Met behulp van het programma Menyanthes zijn op basis van de gemeten reeksen per locatie van de diepste filters de gxg's bepaald. Ondiepe peilbuizen die regelmatig droogval vertoonden zijn verwijderd uit de set omdat voor deze locaties geen betrouwbare gemiddelde zomergrondwaterstanden konden worden bepaald. Het bepalen van de laagste standen op basis van tijdreekssimulaties bood hier geen soelaas omdat de periode van droogval over te lange periodes optreedt. Omdat deze locaties veelal ook voorzien zijn van diepere filters zijn er voldoende locaties om ook voor de zomersituatie voor voldoende locaties een beeld te krijgen van de gemiddeld laagste grondwaterstanden. Omdat er geen sprake is van (grote) stijghoogteverschillen is deze aanpak verantwoord. Alle filters zijn freatische buizen met filters die geen of slechts geringe verschillen (orde grootte centimeters) verschillen in de standen vertonen.

De gxg's uit de meetreeksen zijn vergeleken met de ecologische vereisten van de vegetatietypen. Voor de vereisten is gebruikt gemaakt van de randvoorwaarden die zijn opgenomen het hoofdrapport. Per peilbuis is het vegetatietype bepaald op basis van de vegetatiekartering uit 2010. Wanneer in een kaartvlak sprake is van meerdere typen met een verschillende bedekking zijn voor is voor het type met de hoogste bedekking het doelgat bepaald op basis van de randvoorwaarde van dit type.

Om te bepalen in hoeverre de meetgegevens uit de jaren '90 representatief zijn qua weersomstandigheden zijn voor alle locaties tijdreeksmodellen opgesteld. Deze tijdreeksmodellen zijn zowel lineair als niet lineair. Niet lineaire tijdreeksmodellen vertonen, vooral op lage terreindelen waar inundaties optreden in de winterperiode, aanzienlijk betrouwbaardere resultaten. Wanneer tijdreeksmodellen onvoldoende betrouwbaar werden geacht zijn deze modellen in de verdere analyse buiten beschouwing gelaten. Dit is het geval als verklarende variante kleiner is dan 70% en/of andere statistische parameters zoals de verdampingsfactor of drainagebasis onbetrouwbare uitkomsten vertoonden.

De tijdreeksen zijn vervolgens, op basis van neerslag en verdampingsgegevens van het KNMI (verlengd) voor de periode 1976-2016. Vervolgens zijn, op basis van de opgestelde tijdreeksmodellen voor een drietal perioden gxg's berekend:

- Periode 1976-2016. Deze periode van 40 jaar wordt beschouwd als klimaatonafhankelijke omdat de periode meer dan 30 jaar beslaat
- De periode 1989 t/m 2001. Dit is de periode waarin grondwaterstanden gemeten zijn en eveneens de periode die in de grondwatermodelberekeningen (verwijzing rapport Margrietha) wordt doorgerekend. Daarnaast is er in 2001 een vegetatiekarting van het gebied gemaakt.
- De periode 2001 t/m 2016. Dit is de periode die representatief is voor de vegetatiekartering uit 2010 die als basis voor de habitattypenkaart is gebruikt.

Voor de locaties die in de winter inunderen zijn zowel lineaire als niet lineaire tijdreeksmodellen opgesteld. Over het algemeen vertonen de niet lineaire tijdreeksmodellen de beste fit. Voor de locatie waar meerdere tijdreeksmodellen zijn opgesteld zijn de modellen met de beste statistieken opgenomen. Daarbij is naast de verklarende variantie (EVP) die minimaal 70% moet zijn ook andere statistieken zoals de berekende drainagebasis en de EVAP factor.
In bijlage 4b en 4c zijn de statistieken van alle tijdreeksmodellen opgenomen.

Bijlage 4b en 4c

Tijdreeksanalyse en gxg-simulaties

TABLE WITH STATISTICS AND RESULTS OF ALL MODELS:

MODEL NAME	XCOORD	YCOORD	ZCOORD	EVP	RMSE	RMSI	DBASE	Mo PREC	SDEV	MU PREC	SDEV	Mo_2 PRE	SDEV	MU_2 PRE	SDEV	EVAP FCTR	SDEV
B29C1539_1 (2) niet lineair	269298	485982	27,6	96,4	0,0875	0,0881	27,5	1568	631,5	220,2	77,09	224,8	183	113,6	150	0,937	0,064
B29C1539_1	269298	485982	27,6	89,1	0,153	0,114	28,2	539,6	255,8	110,1	38,95					1,25	0,46
B29C1506_1	267812	486418	NaN	78,1	0,102	0,0975	26,4	203,7	40,31	67,41	36,97					0,986	0,12
B29C1505_1	268271	486121	NaN	80,5	0,129	0,118	27	414,4	58,41	114	25,86					1,07	0,1
B29C1504_1	268202	486106	NaN	70,9	0,193	0,153	27,1	423,6	83,13	93,68	34,21					0,975	0,12
B29C1503_1	268181	486102	NaN	79,6	0,142	0,134	27,2	371,1	44,64	87,53	19,67					1,01	0,089
B29C1502_1	267992	486089	NaN	83,5	0,0886	0,0795	27	274,1	34,9	93,81	21,67					1,02	0,086
B29C0259_2	268260	487290	-2,4	80,8	0,141	0,125	25,5	307,9	25,67	80,82	12,96					1,01	0,1
B29C0258_3 (2) niet lineair	269243	485907	27,69	90	0,16	0,135	27,3	1010	145,5	146,4	19,24	45,48	107,4	75,5	17,59	0,92	0,073
B29C0258_3	269243	485907	27,69	77,7	0,238	0,159	28	501,7	98,72	139,2	43,63					1,4	0,3
B29C0258_2	269243	485907	28,38	81,2	0,111	0,0958	27,4	872,5	159,3	115,4	13,67	64,43	84,31	92,18	18,23	0,839	0,056
B29C0258_1	269243	485907	28,5	67,7	0,0759	0,0661	28,2	419,3	224,2	102,2	23,21	141,2	93,33	129,3	51,95	1,06	0,14
B29C0256_2 (2) niet lineair	269127	485907	27,83	85,3	0,184	0,136	27,5	902,8	155,4	121,4	16,32	32,28	106,6	77,34	17,92	0,969	0,077
B29C0256_2	269127	485907	27,83	76,7	0,232	0,16	28,1	468,7	79,29	133,4	35,88					1,61	0,29
B29C0256_1	269127	485907	28,17	69,4	0,187	0,142	27,6	734,3	172,7	101,8	16,44	40,22	129,3	95,76	28,34	0,95	0,092
B29C0255_3 (2) niet lineair	269295	485980	28,01	80,9	0,173	0,132	27,6	945,6	157,5	127,9	15,67	84,54	87,79	72,28	16,67	0,969	0,064
B29C0255_3	269295	485980	28,01	70,5	0,215	0,149	28,2	474,9	70,46	134,2	32,29					1,52	0,22
B29C0255_2	269295	485980	28,43	64,9	0,151	0,114	27,6	796,6	163,2	123,8	15,66	76,73	83,92	76,51	19,06	0,901	0,073
B29C0255_1	269295	485980	28,49	59,1	0,077	0,0676	28,2	311,1	94,43	131,2	22,62	17,94	45,07	36,13	29,82	0,961	0,12
B29C0253_3 (2) niet lineair	269169	485982	27,82	86,4	0,182	0,144	27,6	900,4	149	122,6	15,3	72,7	118,5	86,38	22,47	1,03	0,081
B29C0253_3	269169	485982	27,82	77,5	0,233	0,167	28,1	501,6	75,19	132,1	33,13					1,52	0,26
B29C0253_2	269169	485982	28,24	74	0,167	0,135	27,7	716,7	164,1	100,3	14,04	60,73	123,5	93,01	27,78	0,976	0,096
B29C0253_1	269169	485982	28,31	57	0,125	0,0981	27,9	629,6	189,3	113,4	16,51	51,57	91,43	93,33	25,28	1,09	0,11
B29C0252_3 (2) niet lineair	269178	485934	27,77	81,7	0,199	0,155	27,6	1040	178,5	143,2	19,82	38,82	88,47	63,94	15,1	0,99	0,073
B29C0252_3	269178	485934	27,77	72,2	0,244	0,175	28,1	498,3	75,69	137,9	34,65					1,5	0,25
B29C0252_2	269178	485934	28,19	64,4	0,203	0,16	27,6	850,6	192,7	121,1	18,82	33,31	105,9	72,65	19,59	0,953	0,085
B29C0252_1	269178	485934	28,2	35,9	0,154	0,101	27,9	635,6	233	174,8	43,87	7,43	49,69	49,37	18,69	0,96	0,12
B29C0251_3 (2) niet lineair	269250	485933	27,83	85,4	0,183	0,139	27,5	931	157,7	122,2	16,68	57,95	107,4	80,42	22,01	0,956	0,073
B29C0251_3	269250	485933	27,83	76,1	0,234	0,163	28,2	485,2	78,94	135,4	36,39					1,55	0,28
B29C0251_2	269250	485933	28,23	72,3	0,177	0,132	27,6	810,1	172,6	107,1	15,58	30,19	107,4	88,05	21,68	0,963	0,08
B29C0251_1	269250	485933	28,3	43,3	0,14	0,0894	27,8	647,2	203,4	124,1	20,28	17,23	60,83	70,77	15,68	0,932	0,09
B29C0250_3 (2) niet lineair	269202	485928	27,79	84,1	0,19	0,144	27,5	952,9	168,8	124,6	17,49	49,42	109	80,14	21,94	0,941	0,076
B29C0250_3	269202	485928	27,79	75,4	0,236	0,166	28,1	485	80,17	137,5	38,34					1,55	0,28
B29C0250_2	269202	485928	28,18	68,8	0,19	0,141	27,6	795	184,9	108,5	17,38	32,78	115,2	87,79	23,98	0,956	0,088
B29C0250_1	269202	485928	28,29	45,2	0,149	0,0982	28	650,7	205	135,2	24,84	20,42	70,53	77,07	21,3	1,08	0,12
B29C0249_3 (2) niet lineair	269072	485865	27,8	84,5	0,202	0,125	27,4	1031	174,7	130,6	17,67	48,64	98,96	84,24	18,13	0,996	0,071
B29C0249_3	269072	485865	27,8	77,1	0,246	0,156	28	523,2	79,92	120,8	24,44					1,46	0,24
B29C0249_2	269072	485865	28,13	76	0,187	0,133	27,5	1062	202,5	129,3	17,76	34,49	96,51	81,01	16,64	1,01	0,071
B29C0249_1	269072	485865	28,15	37,9	0,181	0,133	28	613,7	259,1	140,6	34,48	20,52	95,1	70,94	26,16	1,16	0,17
B29C0247_3 (2) niet lineair	269349	485858	28,09	85,1	0,167	0,121	27,6	848,5	147,6	117,2	15,33	60,29	89,92	70,38	17,68	0,949	0,075
B29C0247_3	269349	485858	28,09	75,9	0,212	0,143	28,2	449,9	71,59	122,4	29,34					1,46	0,25
B29C0247_2	269349	485858	28,43	74,5	0,147	0,103	27,7	841,1	155,6	111,4	12,68	35,58	78,1	74,96	14,3	0,939	0,066
B29C0247_1	269349	485858	28,53	56,2	0,0915	0,0756	28,3	283,9	104	70,03	13,73	50,52	108,6	121,9	62,07	0,979	0,14
B29C0245_3 (2) niet lineair	269350	485887	28,11	87,5	0,145	0,112	27,6	1015	158	132,8	15,22	75,25	77,84	75,29	15,34	0,955	0,061
B29C0245_3	269350	485887	28,11	74,1	0,209	0,14	28,2	468,8	69,48	125,8	28,46					1,47	0,24
B29C0245_2	269350	485887	28,59	66,1	0,0573	0,0546	28,3	321,1	91,66	140,6	22,11	13,6	29,54	27,3	20,72	0,922	0,095
B29C0245_1	269350	485887	28,59	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
B29C0244_1 (2) niet lineair	269339	485962	28,31	82,6	0,145	0,116	27,6	977,6	167,8	140	16,33	75,55	89,07	64,63	16,47	0,993	0,071
B29C0244_1	269339	485962	28,31	72,9	0,181	0,136	28,1	443,7	54,28	112,1	20,88					1,32	0,21
B29C0243_2 (2) niet lineair	269411	486022	28,13	88,7	0,146	0,112	27,5	1167	158,8	157	16,83	10,84	69,18	51,76	11,58	0,987	0,059
B29C0243_2	269411	486022	28,13	79,1	0,198	0,144	28,1	538	60,91	115,7	17,8					1,32	0,19
B29C0243_1	269411	486022	28,53	76,3	0,143	0,0979	27,4	1033	171,6	131,2	15,03	11,21	70,95	60,71	11,89	0,912	0,066
B29C0242_1 (2) niet lineair	269396	486087	28,11	89	0,136	0,11	27,5	1091	148	151	15,21	54,29	75,82	58,53	13,33	1,01	0,061
B29C0242_1	269396	486087	28,11	78	0,192	0,139	28	533,5	56,64	108,8	15,51					1,23	0,17
B29C0241_1	269447	486103	28,59	67,8	0,169	0,166	27,8	516,1	147	100,6	17,47	49,36	69,14	7,602	15,07	0,67	0,1

B29C0215_1	267000	486720	24,53	70,5	0,151	0,106	25,9	164,8	25,15	79,19	27,29					1,68	0,19
B29C0212_1	268190	487310	24,54	75,4	0,125	0,0967	25,7	212,9	25,92	87,28	28,45					1,21	0,11
B29C0185_1 (2)	268500	485930	26,09	79,4	0,194	0,13	27,3	451,2	46,23	105,1	17,56					1,17	0,11
B29C0185_1	268500	485930	26,09	78,6	0,196	0,128	27,2	466,2	45,09	102,9	15,45					1,13	0,093
B29C0136_4	268685	485639	-3,81	78,6	0,175	0,0871	27,2	510,9	46,85	102,6	12,07					0,891	0,073
B29C0136_3	268685	485639	2,19	84,1	0,169	0,104	27,3	537,8	46,38	110,7	13,57					0,989	0,084
B29C0136_2	268685	485639	10,19	83,7	0,18	0,112	27,4	549,4	49,02	113,1	14,46					1,04	0,091
B29C0136_1	268685	485639	21,19	82,9	0,184	0,109	27,5	547,9	42,52	108,3	11,77					1,05	0,081
B29A0753_2	268338	487832	21,96	94	0,0698	0,0626	25,7	329,8	80,14	90,62	29,98					1,08	0,19
B29A0753_1	268338	487832	25,14	91,3	0,0757	0,0723	25,7	229,9	49,48	60,8	14,25					1,13	0,21
B29A0752_2	268308	488123	21,6	89,5	0,0742	0,0627	25,5	188,3	59,7	75,03	27,45					1,45	0,39
B29A0752_1	268308	488123	24,77	89,3	0,0739	0,0622	25,5	184,5	60,76	79,21	32,16					1,51	0,42
B29A0219_1	268369	487879	25,56	82,1	0,164	0,134	25,6	373,9	31,37	73,93	10,04					0,978	0,097
B29A0218_2	268915	487995	-2	86,1	0,136	0,105	25,8	359,5	31,01	88,2	13,04					1,1	0,1
B29A0218_1	268915	487995	16	82,5	0,15	0,117	25,9	345,1	33,13	88,2	14,81					1,07	0,11
B29A0217_2	268850	488225	-8,6	83,9	0,154	0,137	25,5	372,4	28	84,56	11,81					1,08	0,1
B29A0217_1	268850	488225	16,4	84,2	0,159	0,117	25,6	439,1	39,44	94,85	13,39					0,97	0,1
B29A0216_2	268410	487970	2,41	83,5	0,129	0,105	25,4	304,4	26,45	83,95	13,27					1,08	0,11
B29A0216_1	268410	487970	17,27	79,5	0,154	0,111	25,5	331,3	36,36	86,72	15,3					1,06	0,12
B29A0215_3	268173	487688	24,82	73	0,146	0,126	25,6	227,8	64,53	95,79	72,42					1,33	0,33
B29A0215_2	268173	487688	25,56	84,6	0,108	0,105	25,5	224,8	21,82	77,81	19,16					1,28	0,16
B29A0214_2	268126	487774	25,87	82,6	0,115	0,0988	25,4	231,7	32,11	86,7	31,03					1,33	0,2
B29A0213_3	267918	488183	24,01	82	0,0878	0,0867	24,5	189,6	22,4	54,68	17,15					0,821	0,11
B29A0213_2	267918	488183	25,09	77,8	0,0948	0,0923	24,5	145,9	18,56	52,58	18,44					1,07	0,16
B29A0212_3	268004	488010	24,54	77,8	0,145	0,126	25	287,8	51,78	67,11	26,94					0,956	0,17
B29A0212_2	268004	488010	25,55	82,2	0,129	0,116	25,1	273,6	32,5	103,3	34,51					1,3	0,18
B29A0211_3	268081	487858	24,38	73,3	0,103	0,0995	25,5	129,1	33,52	57,49	56,9					1,46	0,3
B29A0211_2	268081	487858	25,58	78,3	0,123	0,104	25,3	215,9	29,94	76,65	26,3					1,26	0,21
B29A0210_3	268037	487867	24,56	71,4	0,129	0,112	25,1	241,3	47,26	67,11	26,9					0,96	0,19
B29A0210_2	268037	487867	25,5	79,7	0,128	0,106	25,2	247,3	39,16	102,1	41,17					1,29	0,22
B29A0209_3	268067	487889	24,57	74,1	0,139	0,118	25,3	183,1	54,16	54,77	39,19					1,29	0,34
B29A0209_2	268067	487889	25,75	71,6	0,145	0,121	25,2	233,9	41,15	91,65	37,19					1,28	0,27
B29A0208_2	268098	487911	25	75,5	0,104	0,0924	25,2	350,2	88,27	47,99	9,483	11,4	65,09	112,8	33,16	1,1	0,11
B29A0207_3	267919	488068	24,42	78,1	0,135	0,126	24,7	271	36,58	55,61	15,39					0,873	0,13
B29A0207_2	267919	488068	25,06	86,1	0,113	0,112	24,8	271,8	27,09	104,4	30,18					1,21	0,14
B29A0206_3	267964	488090	24,43	78,2	0,138	0,13	24,7	269,9	40,41	63,14	21,76					0,943	0,15
B29A0206_2	267964	488090	25,21	86,6	0,107	0,103	24,8	231,3	21,52	71,29	18,26					1,18	0,14
B29A0205_3 (2)	267999	488107	24,33	77,7	0,105	0,0967	24,4	362	83,89	55,74	10,51	160,4	251,1	93,29	62,25	0,575	0,078
B29A0205_3	267999	488107	24,33	73,9	0,113	0,0964	24,6	287,7	74,68	136,3	83,81					1	0,22
B29A0205_2	267999	488107	25,15	83,8	0,0844	0,0802	24,7	257,3	49,69	39,66	5,46	56,16	65,65	93,12	27,03	0,981	0,082
B29A0204_4	268366	487806	25,04	87,5	0,0787	0,0668	25,3	724,9	105,8	126,7	17,65	9,617	20,59	35,05	5,729	0,835	0,041
B29A0204_3	268366	487806	25,54	86,5	0,0791	0,0669	25,3	661,6	93,8	110,7	14,52	23,88	23,07	40,18	6,488	0,811	0,041
B29A0203_1	268797	488110	25,79	71,1	0,188	0,136	26,1	385,5	54,22	136	24,64					1,47	0,26
B29A0199_3	268308	488120	24,94	86,6	0,0905	0,0805	25,2	581	83,17	105,5	13,32	57,73	30,37	55,43	9,535	0,905	0,049
B29A0199_2	268308	488120	25,35	81,1	0,0897	0,0792	25,2	522,1	84,47	101,5	13,42	56,64	31,44	54,46	10,45	0,903	0,054
B29A0199_1	268308	488120	25,37	70,8	0,0591	0,052	25,2	378,8	101,8	114	20,09	58,13	21,1	47,16	10,75	0,849	0,056
B29A0198_3	268319	487981	25,03	82,6	0,0948	0,0853	25,3	568,8	89,45	99,69	13,82	45,11	28,09	54,09	9,102	0,914	0,052
B29A0198_2	268319	487981	25,42	78,4	0,0865	0,0793	25,3	517,2	89,14	108,7	15,95	38,56	25,15	49,36	9,075	0,937	0,055
B29A0197_2	268310	487978	24,94	77,5	0,102	0,0926	25,3	501,8	88,43	89,64	13,6	32,28	31,18	68,54	11,81	0,968	0,062
B29A0197_1	268310	487978	25,35	77,8	0,0713	0,0716	25,7	1428	631	309,9	157	17,02	19,02	36,25	9,316	1,04	0,099
B29A0194_3	268018	488122	24,02	77,7	0,118	0,112	24,5	379,5	126,1	68,21	16,3	25,48	59,47	37,51	25,34	0,702	0,12
B29A0194_2	268018	488122	NaN	71	0,136	0,119	24,6	409,2	171,2	66,34	20,93	43,57	38,26	15,48	10,22	0,801	0,18
B29A0194_1	268018	488122	NaN	71,4	0,122	0,118	24,5	373,1	138	76,32	20,24	14,83	58,69	32,39	25,56	0,706	0,13
B29A0193_3	268089	488080	24,54	84,8	0,0934	0,0905	24,9	496,8	59,21	76,47	7,593	27,74	26,35	48,15	6,94	0,913	0,043
B29A0193_2	268089	488080	24,91	83,4	0,0921	0,0899	24,9	517,2	63,46	80,19	8,072	18,39	25,04	45,62	6,537	0,911	0,041
B29A0192_3	268089	488093	24,22	84,9	0,0959	0,0919	24,8	493,2	58,71	73,88	7,241	18	27,69	48,39	7,126	0,913	0,044
B29A0192_2	268089	488093	24,78	82,1	0,1	0,0928	24,8	458,1	62,36	68,19	7,227	20,44	31,16	52,64	8,526	0,939	0,051
B29A0191_3	268117	488097	24,48	85,8	0,0899	0,0845	24,9	509,8	60,62	77,74	7,751	20,37	25,85	52,7	7,219	0,928	0,043

B29A0191_2	268117	488097	24,84	83,2	0,0919	0,0844	24,9	496,9	65,54	76,67	8,135	17,78	26,65	55,52	7,692	0,94	0,047
B29A0158_1	269750	488200	26,95	83,6	0,202	0,101	26,1	691,9	50,33	90,94	6,375					0,84	0,063
B29A0082_3	268319	489096	-15	86,7	0,0896	0,071	24,1	368,3	25,55	109,7	13,21					0,889	0,059
B29A0082_2	268319	489096	16	83,2	0,105	0,074	24,4	358,2	41,78	89,34	16,45					0,814	0,083
B29A0082_1	268319	489096	22	82,3	0,106	0,071	24,5	340	30,59	82,59	11,13					0,825	0,067
B29A0072_5	268129	488208	-22,06	73	0,139	0,087	24,7	276,1	28,89	73,77	12,71					0,93	0,086
B29A0072_4	268129	488208	-13,06	79,9	0,121	0,0969	24,8	291,3	26,08	91,77	16,34					0,982	0,092
B29A0072_3	268129	488208	-2,06	83,9	0,105	0,0788	24,8	289,2	19,36	85,34	10,44					0,953	0,067
B29A0072_2	268129	488208	18,94	77	0,118	0,0837	25	226,3	30,04	104,5	31,16					1,34	0,13
B29A0072_1	268129	488208	22,94	80,1	0,108	0,0733	25	206,9	20,17	87,59	17,01					1,35	0,11

Groundwater Level Statistics (Units = meters above the national reference level)

NAME	XCOORD	YCOORD	ZCOORD	SURF LEV	MLGL	MGL	MSGL	MHGL	GT	GLG_MV	GG_MV	GVG_MV	GHG_MV
B29C1539_1 (2) niet lineair_sim (1)_1	269298	485982	27,6	28,68	27,73	28,37	28,74	28,85	III	0,95	0,31	-0,06	-0,17
B29C1506_1_sim (1)_1	267812	486418	NaN	27,39	26,18	26,53	26,59	26,86	VI	1,21	0,86	0,8	0,53
B29C1505_1_sim (1)_1	268271	486121	NaN	28,22	26,8	27,26	27,49	27,73	VI	1,42	0,96	0,73	0,49
B29C1504_1_sim (2)_1	268202	486106	NaN	28,17	26,87	27,43	27,63	27,95	V	1,3	0,74	0,54	0,22
B29C1503_1_sim (1)_1	268181	486102	NaN	28,47	26,9	27,4	27,57	27,88	VI	1,57	1,07	0,9	0,59
B29C1502_1_sim (1)_1	267992	486089	NaN	27,99	26,8	27,14	27,27	27,47	IV	1,19	0,85	0,72	0,52
B29C0259_2_sim (1)_2	268260	487290	-2,4	26,6	25,2	25,66	25,81	26,05	VI	1,4	0,94	0,79	0,55
B29C0258_3_sim (1)_3	269243	485907	27,69	28,69	27,39	28	28,32	28,55	V	1,3	0,69	0,37	0,14
B29C0256_2 (2) niet lineair_sim (1)_2	269127	485907	27,83	28,47	27,31	28,04	28,42	28,66	III	1,16	0,43	0,05	-0,19
B29C0255_3 (2) niet lineair_sim (1)_3	269295	485980	28,01	28,7	27,45	28,14	28,52	28,7	V	1,25	0,56	0,18	0
B29C0253_3 (2) niet lineair_sim (1)_3	269169	485982	27,82	28,54	27,31	28,04	28,48	28,68	V	1,23	0,5	0,06	-0,14
B29C0252_3 (2) niet lineair_sim (1)_3	269178	485934	27,77	28,42	27,39	28,1	28,49	28,68	III	1,03	0,32	-0,07	-0,26
B29C0251_3 (2) niet lineair_sim (1)_3	269250	485933	27,83	28,51	27,37	28,08	28,49	28,7	III	1,14	0,43	0,02	-0,19
B29C0250_3 (2) niet lineair_sim (1)_3	269202	485928	27,79	28,48	27,33	28,06	28,44	28,66	III	1,15	0,42	0,04	-0,18
B29C0249_3 (2) niet lineair_sim (1)_3	269072	485865	27,8	28,42	27,23	27,97	28,39	28,57	III	1,19	0,45	0,03	-0,15
B29C0247_3 (2) niet lineair_sim (1)_3	269349	485858	28,09	28,76	27,48	28,15	28,53	28,71	V	1,28	0,61	0,23	0,05
B29C0245_3 (2) niet lineair_sim (1)_3	269350	485887	28,11	28,79	27,46	28,17	28,59	28,75	V	1,33	0,62	0,2	0,04
B29C0244_1 (2) niet lineair_sim (1)_1	269339	485962	28,31	29	27,44	28,14	28,55	28,74	V	1,56	0,86	0,45	0,26
B29C0243_2 (2) niet lineair_sim (1)_2	269411	486022	28,13	28,81	27,41	28,15	28,62	28,78	V	1,4	0,66	0,19	0,03
B29C0242_1 (2) niet lineair_sim (1)_1	269396	486087	28,11	28,83	27,34	28,1	28,55	28,74	V	1,49	0,73	0,28	0,09
B29C0241_1_sim (1)_1	269447	486103	28,59	30,15	27,92	28,39	28,56	28,83	VII	2,23	1,76	1,59	1,32
B29C0215_1_sim (1)_1	267000	486720	24,53	27,11	25,5	25,88	26	26,24	VII	1,61	1,23	1,11	0,87
B29C0212_1_sim (1)_1	268190	487310	24,54	26,88	25,44	25,81	25,91	26,14	VI	1,44	1,07	0,97	0,74
B29C0185_1 (2)_sim (1)_1	268500	485930	26,09	28,76	26,86	27,41	27,67	27,94	VII	1,9	1,35	1,09	0,82
B29C0136_1_sim (1)_1	268685	485639	21,19	29,19	27,2	27,76	28,09	28,33	VII	1,99	1,43	1,1	0,86
B29A0753_2_sim (1)_2	268338	487832	21,96	26,05	25,39	25,83	26	26,22	II	0,66	0,22	0,05	-0,17
B29A0752_2_sim (1)_2	268308	488123	21,6	25,81	25,13	25,47	25,62	25,77	II	0,68	0,34	0,19	0,04
B29A0219_1_sim (1)_1	268369	487879	25,56	27,1	25,31	25,81	26,01	26,3	VI	1,79	1,29	1,09	0,8
B29A0218_2_sim (1)_2	268915	487995	-2	27	25,49	25,97	26,16	26,4	VI	1,51	1,03	0,84	0,6
B29A0217_2_sim (1)_2	268850	488225	-8,6	27,4	25,19	25,73	25,96	26,21	VII	2,21	1,67	1,44	1,19
B29A0216_2_sim (1)_2	268410	487970	2,41	27,27	25,14	25,57	25,75	25,96	VII	2,13	1,7	1,52	1,31
B29A0215_3_sim (1)_3	268173	487688	24,82	25,91	25,24	25,64	25,77	26,02	II	0,67	0,27	0,14	-0,11
B29A0214_2_sim (1)_2	268126	487774	25,87	26,23	25,01	25,39	25,51	25,75	VI	1,22	0,84	0,72	0,48
B29A0213_3_sim (1)_3	267918	488183	24,01	25,53	24,32	24,63	24,68	24,93	VI	1,21	0,9	0,85	0,6
B29A0212_2_sim (1)_2	268004	488010	25,55	25,9	24,69	25,13	25,28	25,52	V	1,21	0,77	0,62	0,38
B29A0211_2_sim (1)_2	268081	487858	25,58	25,95	24,93	25,31	25,44	25,65	III	1,02	0,64	0,51	0,3
B29A0210_2_sim (1)_2	268037	487867	25,5	25,84	24,82	25,22	25,36	25,59	III	1,02	0,62	0,48	0,25
B29A0209_3_sim (1)_3	268067	487889	24,57	26,11	24,93	25,35	25,45	25,72	III	1,18	0,76	0,66	0,39
B29A0208_2_sim (1)_2	268098	487911	25	25,4	24,82	25,25	25,39	25,51	II	0,58	0,15	0,01	-0,11
B29A0207_2_sim (1)_2	267919	488068	25,06	25,46	24,46	24,87	24,98	25,25	III	1	0,59	0,48	0,21
B29A0206_2_sim (1)_2	267964	488090	25,21	25,57	24,5	24,89	24,99	25,26	III	1,07	0,68	0,58	0,31
B29A0205_2_sim (1)_2	267999	488107	25,15	25,67	24,4	24,82	24,95	25,09	VI	1,27	0,85	0,72	0,58
B29A0204_4_sim (1)_4	268366	487806	25,04	25,88	25,27	25,67	25,82	25,92	II	0,61	0,21	0,06	-0,04
B29A0203_1_sim (1)_1	268797	488110	25,79	26,13	25,52	26	26,3	26,42	II	0,61	0,13	-0,17	-0,29
B29A0199_3_sim (1)_3	268308	488120	24,94	25,69	24,98	25,4	25,57	25,68	II	0,71	0,29	0,12	0,01
B29A0198_3_sim (1)_3	268319	487981	25,03	25,75	25,07	25,45	25,58	25,7	II	0,68	0,3	0,17	0,05
B29A0197_2_sim (1)_2	268310	487978	24,94	25,7	25,04	25,4	25,54	25,63	II	0,66	0,3	0,16	0,07
B29A0194_3_sim (1)_3	268018	488122	24,02	24,71	24,42	24,81	24,93	25,12	I	0,29	-0,1	-0,22	-0,41
B29A0193_3_sim (1)_3	268089	488080	24,54	25,23	24,6	25,04	25,2	25,31	II	0,63	0,19	0,03	-0,08
B29A0192_3_sim (1)_3	268089	488093	24,22	25,16	24,59	25,03	25,19	25,3	II	0,57	0,13	-0,03	-0,14
B29A0191_3_sim (1)_3	268117	488097	24,48	25,17	24,63	25,06	25,2	25,31	II	0,54	0,11	-0,03	-0,14
B29A0158_1_sim (1)_1	269750	488200	26,95	28,92	26,01	26,68	27,1	27,39	VIII	2,91	2,24	1,82	1,53
B29A0082_1_sim (1)_1	268319	489096	22	26	24,44	24,8	24,96	25,16	VII	1,56	1,2	1,04	0,84
B29A0072_1_sim (1)_1	268129	488208	22,94	25,99	24,62	24,98	25,12	25,28	VI	1,37	1,01	0,87	0,71

Bijlage 5

Maatregeltabel

Inrichtingsmaatregelen Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld

Nr. Maatregel Gebiedsanalyse	Maatregel Gebiedsanalyse 2017	Voorstel: maatregel Gebiedsanalyse 2018		Maatregel IP	Knelpunt	Waarom	Deelgebied	Opmerking
Zone 1								
M1b	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; percelen binnen Natura 2000 gebied	geen aanpassing	M1b, M14a	Dempen sloten zuiden van Punthuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Percelen maken direct onderdeel uit van het grondwatersysteem dat van belang is voor Punthuizen. De ontwateringssloten zorgen ervoor dat de opbolling in dekzandruggen verminderd.	Punthuizen	M14a is al deels uitgevoerd. M3a ten zuiden van Punthuizen is al uitgevoerd
M14a	Dempen sloot op grens Nederland-Duitsland ten zuidoosten van Punthuizen (herstel waterhuishouding)	geen aanpassing						
M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)	geen aanpassing	M16	Stoppen bemesting ten zuiden van Punthuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen Percelen maken direct onderdeel uit van het grondwatersysteem dat van belang is voor Punthuizen. De percelen fungeren als infiltratiegebied en de laagtes in het perceel vormen de oorsprong van de laagtes in punthuizen waar zich de grondwaterafhankelijke habitattypen bevinden. De bemesting zorgt voor uitspoeling van meststoffen via grondwater en oppervlakkige afstroming.	Punthuizen	
			M1b	Herstellen historische laagten ten zuiden van Punthuizen	Bemesting door agrarisch gebruik, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen De laagtes in perceel vormen de oorsprong van de laagtes in Punthuizen.	Punthuizen	herstellen van de laagte is onderdeel van inrichten nieuwe natuur en herstellen van de slenk in Punthuizen
Zone 10								
M30	Lokaal ophogen maaiveld, verondiepen lokale ontwatering, verleggen detailontwatering op Puntbeek en leggerwaterloop 32010002	Verwijderen en verondiepen ontwatering (dempen en verondiepen sloten, verwijderen buisdrains) en eventueel vergoeding natschade of uitvoeren mitigerende maatregelen ivm vernatting door verwijderen/verondiepen ontwatering; nog uit te werken in samenspraak met de eigenaar	M30	Dempen sloten westen van Punthuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van grondwater in de dekzandruggen aan de westzijde van Punthuizen. Dit is nodig voor kwaliteitsverbetering van natte heide, blauwgrasland en zwakgebufferd ven in Punthuizen.	Punthuizen	Perceelsloten buiten N2000 staan niet in de gebiedsanalyse. Dit is het laagste punt in het gebied en daarom in de toekomstige situatie hebben deze sloten effect op de habitattypen in Punthuizen en moeten die verwijderd worden. Voorstel om op deze percelen M30 uit te voeren
M1a	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains); percelen binnen Natura 2000 gebied		M1a	Dempen sloten westen van Punthuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van grondwater in de dekzandruggen aan de westzijde van Punthuizen. Dit is nodig voor kwaliteitsverbetering van natte heide, blauwgrasland en zwakgebufferd ven in Punthuizen.	Punthuizen	Perceelsloten op deze percelen staan niet in gebiedsanalyse. Een perceel betreft bestaande natuur binnen de Natura 2000 begrenzing in particuliere bezit. De ontwatering op dit perceel heeft effect op de grondwaterafhankelijke habitattypen in Punthuizen. Voorstel om op deze percelen M1a uit te voeren

M3a	Dempen leggerwaterloop aan de noord-, west-, en zuidzijde van Punthuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	Hydrologisch isoleren leggerwatergang langs de Punthuizerweg	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van grondwater in de dekzandruggen aan de westzijde van Punthuizen. Dit is nodig voor kwaliteitsverbetering van natte heide, blauwgrasland en zwakgebufferd ven in Punthuizen.	Punthuizen	
			M3a	Verondiepen bermsloot westzijde Punthuizerweg tot 30 cm - mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van grondwater in de dekzandruggen aan de westzijde van Punthuizen. Dit is nodig voor kwaliteitsverbetering van natte heide, blauwgrasland en zwakgebufferd ven in Punthuizen.	Punthuizen	bermsloot westzijde Punthuizerweg staan niet in de gebiedsanalyse 2017. De sloten liggen dermate dichtbij Punthuizen dat ze effect hebben op de habitattypen in Punthuizen Voorstel om dit onderdeel te laten zijn van maatregel M3a
			M3a	Dempen bermsloot ten zuiden Holtweg	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld	Maatregelen kunnen ook gezien worden als onderdeel van maatregel M1b. Vanwege de aandacht voor drooglegging van de weg wordt voorgesteld de bermsloten apart te benoemen in maatregel M3a.
Zone 20								
M1b	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; betreft percelen binnen Natura 2000 aan de noordzijde (deels ook nodig voor Beuniner Achterveld) en kleine enclaves in Punthuizen	Verwijderen en verondiepen ontwatering (dempen en verondiepen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; betreft percelen binnen Natura 2000 aan de noordzijde (deels ook nodig voor Beuniner Achterveld) en kleine enclaves in Punthuizen	M1b	Dempen sloten ten Noordwesten van Punthuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Dempen van sloten om opbolling in westelijke dekzandrug van Punthuizen te verbeteren	Punthuizen	Ook ontwatering op perceel met bestaande natuur verwijderen
			M1b	Verondiepen sloten 30 cm-mv ten Noordwesten van Punthuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Verondiepen van sloten om opbolling in westelijke dekzandrug van Punthuizen te verbeteren	Punthuizen	gedeelte van de ontwatering verondiepen in plaats van dempen om knelpunten voor afwatering van het erf te voorkomen
M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)		M16	Stoppen bemesting ten noordwesten van Punthuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen. Percelen maken direct onderdeel uit van het grondwatersysteem dat van belang is voor Punthuizen. De percelen fungeren als infiltratiegebied. De bemesting zorgt voor uitspoeling van meststoffen via grondwater en oppervlakkige afstroming.	Punthuizen	
Zone 40								
M1b	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; betreft percelen binnen Natura 2000 aan de noordzijde (deels ook nodig voor Beuniner Achterveld) en kleine enclaves in Punthuizen		M1b, M3a	Dempen sloten	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van het grondwater in de dekzandruggen van Punthuizen en de Beuninger Achterheide.	Punthuizen, Beuninger Achterveld	

M3a	Dempen leggerwaterloop aan de noord-, west-, en zuidzijde van Punthuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)						
M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)		M16	Stoppen bemesting	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen. Bemesting wordt gestopt omdat het perceel direct grenst aan het N2000 gebied en onderdeel uitmaakt van het lokale systeem met korte reistijd (minder dan 1 jaar) dat de grondwaterafhankelijke habitattypen van voedselarme milieus voedt. Door de nieuwe inrichting is er een direct instroom van oppervlaktewater in Beuninger Achterheide.	Beuninger Achterveld	
M23	Uitgraven oorspronkelijke laagten; rekening met drainerende werking van afgraven en voldoende hoog blijven van dekzandkoppen, zodat ze voldoende berging behouden voor opbolling van grondwater		M23	Herstellen historisch relief	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen. Potentie habitattypen Blauwgrasland	Punthuizen, Beuninger Achterveld	
Zone 50								
M1b	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; betreft percelen binnen Natura 2000 aan de noordzijde (deels ook nodig voor Beuniner Achterveld) en kleine enclaves in Punthuizen		M1b	Dempen sloten	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Maatregelen dragen bij aan opbolling van het grondwater in de dekzandruggen van Punthuizen en de Beuninger Achterheide en vermindering ontwatering van de oostelijke laagte in Punthuizen waar zich grondwaterafhankelijke habitattypen bevinden, o.a. vochtige heide	Punthuizen, Beuninger Achterveld	
M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)		M16	Stoppen bemesting	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen. Bemesting wordt gestopt omdat het perceel direct grenst aan het N2000 gebied en onderdeel uitmaakt van het lokale systeem met korte reistijd (minder dan 1 jaar) dat de grondwaterafhankelijke habitattypen van voedselarme milieus voedt. Door de nieuwe inrichting is er een direct instroom van oppervlaktewater in Beuninger Achterheide.	Beuninger Achterveld	
M23	Uitgraven oorspronkelijke laagten; rekening met drainerende werking van afgraven en voldoende hoog blijven van dekzandkoppen, zodat ze voldoende berging behouden voor opbolling van grondwater		M23	Herstellen historisch reliëf	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen	Punthuizen, Beuninger Achterveld	
Zone 60								
M30	Lokaal ophogen maaiveld, verondiepen lokale ontwatering, verleggen detailontwatering op Puntbeek en leggerwaterloop 32010002	Verwijderen en verondiepen ontwatering (dempen en verondiepen sloten, verwijderen buisdrains) en eventueel vergoeding natschade of uitvoeren mitigerende maatregelen ivm vernatting door verwijderen/verondiepen ontwatering; nog uit te werken in samenspraak met de eigenaar	M30	Dempen sloten en verwijderen drainage ten westen van Beuninger Achterveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Lokaal ophogen van maaiveld is niet als onderdeel van dit inrichtingsplan meegenomen. Wel is de schade en mogelijke mitigerende maatregelen in kaart gebracht. Met de de afdeling grondzaken van de provincie Overijssel wordt het wel of niet uitvoeren van deze mitigerende maatregelen afgestemd

M3a	Dempen leggerwaterloop aan de noord-, west-, en zuidzijde van Beuninger Achterveld	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a, M28	Hydrologisch isoleren leggerwatergang langs Punthuizerweg vanaf westzijde Punthuizen (ter hoogte van Punthuizerweg 5)	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Vanwege knelpunten vanuit de toetsing aan de provinciale wateroverlast normen (NBW-toets) en knelpunten voor de erfafwatering is voorgesteld de maatregel aan te passen tot hydrologisch isoleren van de leggerwatergang aan de punthuizerweg
M28	Verondiepen leggerwatergang	verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen	M3a	Dempen leggerwatergang ten zuidwesten van Beuninger Achterveld, langs de Strengeveldweg	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld	De verduikerde leggerwatergang ten zuiden van Beuninger Achterveld komt uit op deze watergang. Tijdens uitvoering van de maatregelen moet hier rekening mee gehouden worden. Het dempen van de legger zonder aanpassen van de verduikerde legger, kan voor problemen zorgen op de erven tussen Beuninger Achterveld en Punthuizen
			M3a	Verontdiepen leggerwatergang ten westen van Beuninger Achterveld (oplopend van 30 cm- mv naar 50 cm - mv)	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Verondiepen om afwatering vanuit natuurgebied, erven en infrastructuur te behouden
			M30	Verondiepen van kavelsloten 30 cm - mv ten westen van Beuninger Achterveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
			M3a	Verontdiepen bermsloot ten noorden Holtweg 30 cm - mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld	Maatregelen kunnen ook gezien worden als onderdeel van maatregel M30. Vanwege de aandacht voor drooglegging van de weg wordt voorgesteld de bermsloten apart te benoemen in maatregel M3a.
Zone 70								
M27	Verwijderen detailontwatering, stoppen agrarisch gebruik vanwege sterk vernatting, evt. inrichten; dezeliggen aan de noordzijde, afwatering van dit perceel is niet meer mogelijk door dempen leggerwaterloop aan de oostzijde van Stroothuizen		M27	Dempen sloten en verwijderen drainage in strengeveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de noord-, west-, en zuidzijde van Beuninger Achterveld	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	Dempen leggerwatergang in Strengeveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
			M27	Stoppen bemesting in strengeveld	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen Bemesting wordt gestopt omdat gronden fungeren als intrekgebied voor Stroothuizen.	Stroothuizen	
			M27	Herstellen historisch reliëf in Strengeveld	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen		
Zone 80								
M3b	Optie 1: Verwijderen detailontwatering, ophogen bodem, voorzetting agrarisch gebruik	Verminderen ontwatering (verondiepen sloten, verondiepen buisdrains)	M3c	Dempen kavelsloot noordoostzijde perceel en verwijderen drainage oostzijde perceel	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	

M3c	Optie 2: Verwijderen detailontwatering, stoppen bemesting, beïndigen agrarisch gebruik	Verwijderen ontwatering (verwijderen sloten, verwijderen buisdrains), stoppen bemesting	M3a	Verondiepen bermsloten 30 cm - mv ooszijde en zuidwestzijde perceel	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Deze sloten waren onderdeel van de maatregelen M3b/M3c. Het voorstel is om bermsloten aan verharde wegen onder te brengen in M3a vanwege de aandacht voor drooglegging van de wegen. Verondiepen om afwatering vanuit infrastructuur te behouden
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de zuid-, oost-, zuidoost en noordwestzijde van Stroothuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3b	Verontdiepen drainage westzijde perceel 60 cm - mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Uitkomst van onderzoeksopgave M11 (nutrientenonderzoek voor bepalen intrekgebieden). Oostelijk deel is geen intrekgebied dus stoppen bemesting niet nodig.
			M3a	Verondiepen bermsloot punthuizerweg 60 cm-mv				Deze sloot was onderdeel van M3b/M3c. Het voorstel is om bermsloten onder te brengen in M3a vanwege de aandacht voor drooglegging van de wegen
			M3a	Verontdiepen/verleggen leggerwatergang 60 cm - mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Verondiepen om afwatering vanuit erf te behouden
			M3c	Stoppen bemesting	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen Bemesting op het oostelijk deel van de huiskavel wordt gestopt omdat gronden fungeren als intrekgebied voor Stroothuizen.	Stroothuizen	Uitkomst van onderzoeksopgave M11 (nutrientenonderzoek voor bepalen intrekgebieden)
Zone 90								
M3b	Optie 1: Verwijderen detailontwatering, ophogen bodem, voorzetting agrarisch gebruik		M3c	Dempen sloten en verwijderen drainage ten zuiden van Stroothuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
M3c	Optie 2: Verwijderen detailontwatering, stoppen bemesting, beindigen agrarisch gebruik	Verwijderen ontwatering (verwijderen sloten, verwijderen buisdrains), stoppen bemesting	M3a	Verontdiepen bermsloot langs Punthuizerweg 60 cm mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	Verondiepen om afwatering vanuit erven te behouden
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de zuid-, oost-, zuidoost en noordwestzijde van Stroothuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	dempen leggerwatergang	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
			M3c	Stoppen bemesting ten zuiden van Stroothuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen	Stroothuizen	Uitkomst van onderzoeksopgave M11 (nutrientenonderzoek voor bepalen intrekgebieden)
Zone 100								
M27	Verwijderen detailontwatering, stoppen agrarisch gebruik vanwege sterk vernatting, evt. inrichten; dezeliggen aan de noordzijde, afwatering van dit perceel is niet meer mogelijk door dempen leggerwaterloop aan de oostzijde van Stroothuizen		M27	Dempen sloten ten noorden van Strengeveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de zuid-, oost-, zuidoost en noordwestzijde van Stroothuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	Dempen leggerwatergang te noorden van Strengeveld	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	

			M27	Stoppen bemesting ten oosten van Stroothuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen	Stroothuizen	
			M27	Herstellen historisch reliëf ten noorden van Strengeveld	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen		
Zone 110								
M27	Verwijderen detailontwatering, stoppen agrarisch gebruik vanwege sterk vernatting, evt. inrichten; dezeliggen aan de noordzijde, afwatering van dit perceel is niet meer mogelijk door dempen leggerwaterloop aan de oostzijde van Stroothuizen		M27	Dempen sloten en verwijderen dainage ten oosten van Stroohuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de zuid-, oost-, zuidoost en noordwestzijde van Stroothuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	Dempen leggerwatergang ten oosten van Stroothuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
				eventueel aanleggen nieuwe sloot ten oosten van Stroothuizen				staat niet in gebiedsanalyse. Wordt aangelegd op de grens natuurinrichting en landbouwkundig gebruik tbv van afwatering van het perceel en duidelijke begrenzing tussen landbouw en natuur
			M27	Herstellen historisch reliëf ten oosten van Stroothuizen	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen		
			M27	Stoppen bemesting ten oosten van Stroothuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen. Bemesting wordt gestopt omdat de perceelsdelen (nagenoeg) direct grenzen aan het N2000 gebied en onderdeel uitmaken van het lokale systeem met korte reistijd (minder dan 1 jaar) dat de grondwaterafhankelijke habitattypen van voedselarme milieus voedt.	Stroothuizen	bemesting wordt niet op hele perceel gestopt. De rand van het perceel blijft in agrarisch gebruik
M28	Verondiepen leggerwaterloop noordoostzijde van Stroothuizen							Wordt niet uitgevoerd. Zie ecologische onderbouwing (Van Dongen et al, 2017, bijlage 5 van het inrichtingsplan)
Zone 120								
M1a	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains); percelen binnen Natura 2000 gebied		M1a, M3a, M27, M26	Dempen sloten en verwijderen drainage ten noorden van Stroothuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	gronden met bestaande natuur zijn niet meegenomen in de gebiedsanalyse.
M3a	Dempen leggerwaterloop aan de zuid-, oost-, zuidoost en noordwestzijde van Stroothuizen	Verminderen ontwatering van leggerwaterlopen en bermsloten (dempen, verondiepen of hydrologisch isoleren van leggerwaterlopen en bermsloten)	M3a	Verontdiepen bermsloten te noorden van Stroothuizen 30 cm - mv	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	staat niet in gebiedsanalyse

M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)		M26, M23	Herstellen historisch reliëf ten noorden van Stroothuizen	Bemesting door agrarisch reliëf, hoge voedselrijkdom in de bodem	Natuurherstel in voormalig landbouwpercelen Potentie habitattypen Blauwgrasland		M16 wordt uitgevoerd bijpassend bij de gekozen natuurinrichting. Niet noodzakelijk voor bestaande natuur
M23	Uitgraven oorspronkelijke laagten; rekening met drainerende werking van afgraven en voldoende hoog blijven van dekzandkoppen, zodat ze voldoende berging behouden voor opbolling van grondwater							
M26/M27	verwijderen detailontwatering, stoppen agrarisch gebruik vanwege sterke vernatting, evt. inrichten; deze percelen liggen aan de oost- zuidoost- en noordwestzijde van Stroothuizen							
Zone 130								
M1a	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains); percelen binnen Natura 2000 gebied		M1a, M1b	Dempen sloten ten zuiden van Stroothuizen	Verlaging waterstand en vermindering kwel door ontwatering door waterlopen en drainage	Vermindering ontwatering, verbeteren basenverzadiging, opbolling in dekzandruggen, verhogen grondwaterstanden, versterken kwelfluxen, langere inundatieduur. Het gebied maakt direct onderdeel uit van het lokale grondwatersysteem van Stroothuizen. Het dempen van de sloten zorgt voor grote opbolling in de dekzandruggen en versterkt daarmee de toestroom van lokaal grondwater naar de laagte en flanken in Stroothuizen.	Punthuizen, Beuninger Achterveld, Stroothuizen	
M1b	Verwijderen ontwatering (dempen sloten, verwijderen buisdrains) en inrichten nieuwe natuur; percelen binnen Natura 2000 gebied		M16	Stoppen bemesting te zuiden van Stroothuizen	Vermesting grondwater door bemesting in intrekgebieden	Verbeteren grondwaterkwaliteit, stoppen vermesting van kwelafhankelijke en eutrofiëringsgevoelige habitattypen. Bemesting wordt gestopt omdat de percelen direct grenzen aan het N2000-gebied en onderdeel uitmaken van het lokale systeem met korte reistijd (minder dan 1 jaar) dat de grondwaterafhankelijke habitattypen van voedselarme milieus voedt.	Stroothuizen	staat niet in gebiedsanalyse. Uitkomst van onderzoeksopgave M11 (nutrientenonderzoek voor bepalen intrekgebieden)
M16	Stoppen bemesting in percelen binnen N2000 gebied en stoppen bemesting van percelen in lokaal intrekgebied van Natura 2000 gebied (Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen)							

Interne maatregelen

Nr. Maatregel Gebiedsanalyse	Maatregel Gebiedsanalyse	Voorstel: maatregel Gebiedsanalyse 2018	Maatregel IP	Knelpunt	Ten behoeve van	Deelgebied	Opmerking
M19	Periodiek plaggen (H4010 18,5 ha. 1x/20 jaar of langer; H7150 1,08 ha. 1x/5 jaar of langer; H6230 0,45 ha.)		Periodiek plaggen in de H7150, H6230 en H4010A gekarteerde plaatsen. Ook zoekgebieden en combinatietypen komen in aanmerking. De te plaggen oppervlakte is circa 10 ha.	Vergrassing, overschrijding KDW, afname oppervlakte van habitattype	Herstel en instandhouding van pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150), heischrale graslanden (H6230)en vochtige heiden (H4010A).	Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld	Voordat er binnen de deelgebieden geplagd en of gechopperd kan worden moet eerst de hydrologie op orde zijn. Vlak voordat het grondwaterpeil omhoog wordt gebracht dienen de plagwerkzaamheden uitgevoerd te worden
M20	Plaggen (evt. bekalken en chopperen) 1x/20 jaar of langer) H4030 47,1 ha.; H6230 0,45 ha.		Bestaande pijpestrohorsten in Beuninger Achterveld chopperen (circa 7 ha.)	Overschrijding KDW, afname oppervlakte van habitattype	Herstel en instandhouding van heischrale graslanden (H6230) en droge heiden (H4030)	Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld	Voordat er binnen de deelgebieden geplagd en of gechopperd kan worden moet eerst de hydrologie op orde zijn. Vlak voordat het grondwaterpeil omhoog wordt gebracht dienen de plagwerkzaamheden uitgevoerd te worden

M21	Periodiek verwijderen van opslag van bomen en struiken. H4010a 18,3 ha.; H4030 47,1 ha.		Verwijderen ongewenste vegetatie (grove den en berk), circa 36 ha.. Opslag met een stamdikte < 3 cm: uittrekken en laten liggen. Opslag met een stamdikte > 3 cm: afzagen en afvoeren. Nabeweiding na verwijderen opslag is gewenst op opnieuw opkomen van opslag te remmen.	Verruiging, struweelvorming door ontwatering en te weinig/ ongeschikt beheer. Overschrijding KDW	Herstel en instandhouding van vochtige heiden (H4010A) en droge heiden (H4030). Door opslag te verwijderen wordt de kwaliteit van de heideterreinen verhoogd en ontstaat er een open landschap.	Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld	Het verwijderen van opslag hoeft niet in relatie met de externe maatregelen te gebeuren. Het is niet afhankelijk van hydrologisch herstel in het plangebied. Het is noodzakelijk de berken over een groot stuk tegelijk te verwijderen om hergroei via zaailingen te voorkomen. Kappen en/of zagen moet liefst gebeuren in het groeiseizoen wanneer er zoveel mogelijk voedingstoffen in het blad zitten. Het groeiseizoen valt samen met het broedseizoen. Daarom wordne opslag verwijderd in de periode vavn 1 - 15
M22	Eenmalig kleinschalig plaggen. H6410 5,1 ha.	Voorstel om maatregel te verplaatsen naar 2e beheerplanperiode, omdat eerst hydrologisch situatie binnen Stroothuizen hersteld moet zijn	Eenmalig plaggen van lage deel van de slenk in Stroothuizen			Stroothuizen	Wordt pas in de tweede PAS-periode uitgevoerd omdat eerst de hydrologische situatie (basenverzadiging) binnen Stroothuizen hersteld moet zijn. Middels het PAS-procesindicatoren monitoringsplan wordt dit in beeld gebracht
M29	Dempen greppel in Beuninger Achterheide	Dempen van greppels en zandafgravingen in Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen	Dempen van greppels in Stroothuizen (0,45 km),Beuninger Achterveld (3,25 km) en Punthuizen (1,31 km)	Verlaging waterstand, verstoren lokale hydrologie, vermindering kwel en overschrijding KDW	Herstel en instandhouding van vochtige heiden (H4010A), Blauwgraslanden (H6410) en zwakgebufferde vennen (H3130)	Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen	De lengte van de te dempen greppels zijn groter dan in de PAS-gebiedsanalyse is opgenomen. De greppels in Stroothuizen, Beuninger Achterveld en Punthuizen zijn geinventariseerd en op kaart gezet. Ook in Stroothuizen en Punthuizen dienen greppels en evt. zandafgravingen (van circa 3 m diep) gedempt te worden om het gebied te vernatten

		Dempen van bomkraters en zandafgravingen	Dempen van bomkraters en zandafgravingen in Beuninger Achterveld en Punthuizen	Verstoring lokale hydrologie. Verdroging vochtige heiden	Herstel en instandhouding van vochtige heiden (H4010A	Beuninger Achterveld, Punthuizen	De gaten moeten worden gedempt met, waar mogelijk, gebiedseigen materiaal (bv plagsel). In twee kraters is in het verleden afval van onbekende oorsprong gedumpt. Voordat de gaten gedicht kunnen worden, is het van belang om dit te verwijderen. I.v.m. mogelijke explosieven wordt voor verwijdering van grond een beveiligde kraan ingezet

Bijlage 6

Doelgattabel huidige situatie en alle berekende scenario's

Punthuizen-Stroothuizen

				Hydrologische randvoorwaarden			Huidig		KT kennisteam		KT PAS		KT + Puntbeek		KT + Duitsland		KT + Pbeek + Dld	
Peilbuis	Deelgebied	Habitattype		GLG	GVG_bov	GVG_ond	GLG	GVG	GLG	GVG	GLG	GVG	GLG	GVG	GLG	GVG	GLG	GVG
B29C0258	Punthuizen	H6410	Blauwgraslanden		0,1	0,3		0,15		0,12		0,12		0,09		0,09		0,06
B29C0256	Punthuizen	H4010A	Vochtige heide		0,08	0,35		-0,22		-0,26		-0,26		-0,30		-0,28		-0,33
B29C0252	Punthuizen	H6410	Blauwgraslanden	0,9	0,05	0,22	0,2	-0,19	0,14	-0,23	0,14	-0,23	0,08	-0,26	0,05	-0,25	-0,03	-0,30
B29C0251	Punthuizen	H6410	Blauwgraslanden	1	0,02	0,15	0,24	-0,04	0,18	-0,07	0,18	-0,08	0,13	-0,10	0,08	-0,10	0,01	-0,13
B29C0250	Punthuizen	H6410	Blauwgraslanden	1	0,02	0,15	0,25	-0,02	0,19	-0,06	0,19	-0,06	0,14	-0,09	0,09	-0,08	0,02	-0,12
B29C0249	Punthuizen	H6410	Blauwgraslanden	0,8	-0,35	-0,1	0,51	0,2	0,45	0,16	0,45	0,15	0,37	0,11	0,37	0,13	0,27	0,08
B29C0245	Punthuizen	H6410	Blauwgraslanden	1	0,02	0,15	0,42	0,13	0,37	0,10	0,37	0,10	0,33	0,07	0,26	0,06	0,20	0,03
B29C0243	Punthuizen	H4010A	Vochtige heide		-0,02	0,25		0,07		0,02		0,02		-0,01		-0,03		-0,07
B29C0242	Punthuizen	H4010A	Vochtige heide		0,08	0,35		0,04		-0,02		-0,02		-0,04		-0,06		-0,09
B29A0752	Stroothuizen	H4010A	Vochtige heide		-0,02	0,25		-0,02		-0,13		-0,14		-0,14		-0,14		-0,14
B29A0208	Stroothuizen	H3130	Zwakgebufferde ven	0,7	-0,35	-0,1	-0,07	0,12	-0,17	0,07	-0,18	0,07	-0,17	0,03	-0,17	0,03	-0,17	0,03
B29A0204	Stroothuizen	H4010A	Vochtige heide		0,08	0,35		-0,3		-0,34		-0,34		-0,39		-0,39		-0,39
B29A0199	Stroothuizen	H4010A	Vochtige heide		-0,02	0,25		-0,12		-0,23		-0,24		-0,24		-0,24		-0,24
B29A0198	Stroothuizen	H4010A	Vochtige heide		-0,02	0,25		-0,06		-0,14		-0,14		-0,17		-0,17		-0,17
B29A0197	Stroothuizen	H4010A	Vochtige heide		-0,02	0,25		-0,08		-0,16		-0,16		-0,19		-0,19		-0,19
B29A0194	Stroothuizen	H6410	Blauwgraslanden	0,7	0,02	0,15	-0,4	-0,36	-0,53	-0,39	-0,54	-0,40	-0,53	-0,45	-0,53	-0,45	-0,53	-0,45
B29A0193	Stroothuizen	H6410	Blauwgraslanden	0,7	0,02	0,15	-0,03	-0,11	-0,15	-0,15	-0,16	-0,15	-0,15	-0,20	-0,15	-0,20	-0,15	-0,20
B29A0191	Stroothuizen	H6410	Blauwgraslanden	0,7	-0,35	-0,1	-0,17	0,07	-0,29	0,03	-0,30	0,03	-0,29	-0,02	-0,29	-0,02	-0,29	-0,02

Legenda

- Grondwaterstand te laag
- Grondwaterstand nagenoeg op ondergrens optimale bereik
- Grondwaterstand binnen randvoorwaarden
- Geen randvoorwaarden

Habitattypen

H6410	Blauwgraslanden
H4010A	Vochtige heiden
H3130	Zwakgebufferde vennen

Bijlage 7

Voorbeelden uitwerking intrekgebieden kwelafhankelijke habitattypen

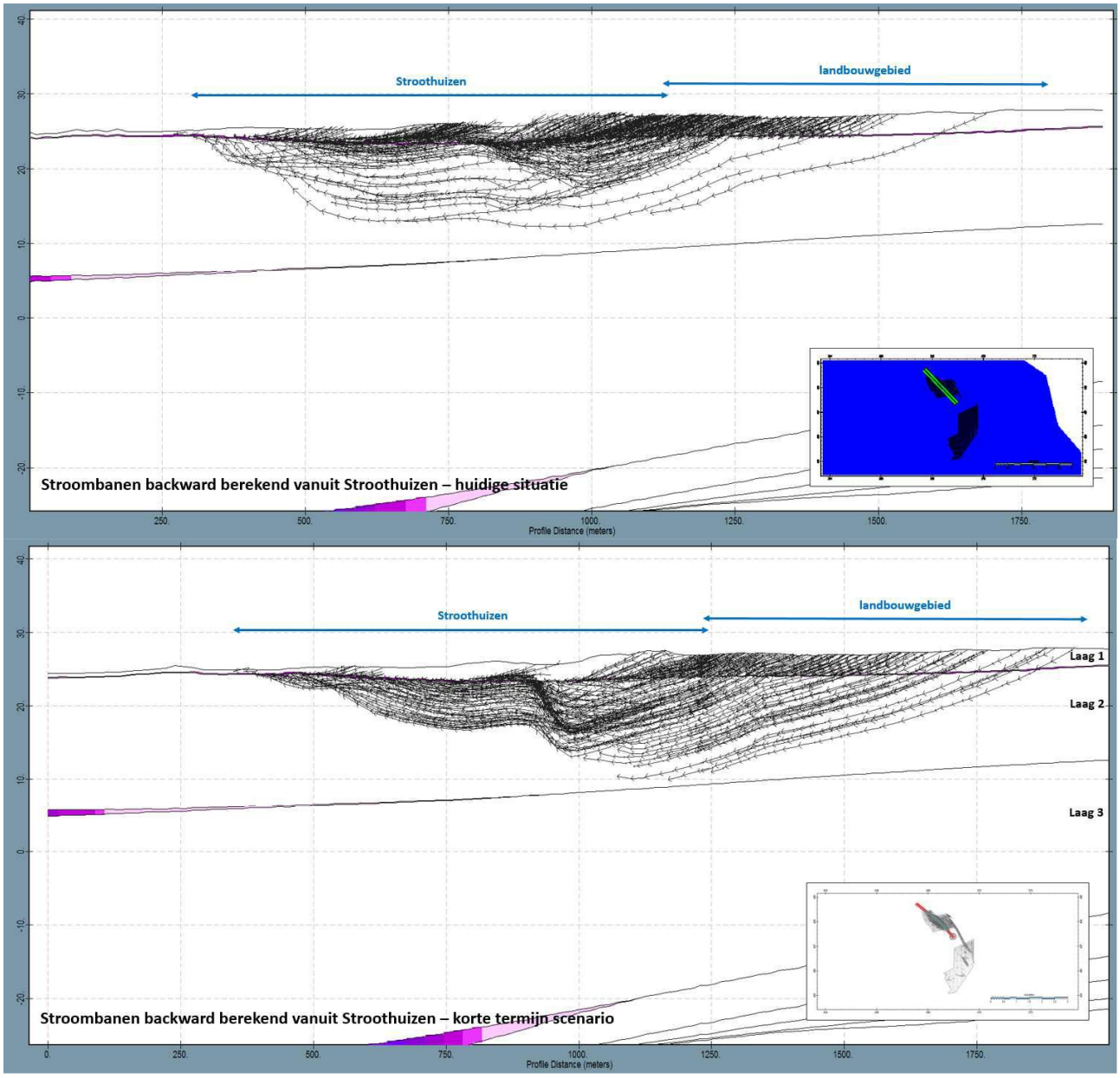
De intrekgebieden van grondwaterafhankelijke habitattypen zijn uitgewerkt op basis van stroombaanberekeningen en isohypsenpatronen die zijn berekend met het grondwatermodel (Bor, 2017). De stroombaanberekeningen geven inzicht in de regionale grondwaterstroming. De stroombanen geven laten zien wat de herkomst van het grondwater is (ligging intrekgebieden) dat als kwel uittreedt in de lager gelegen delen van Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld. Daarnaast geven de stroombanen inzicht in de pakketten die het grondwater doorstroomt (diepte stroombanen) en de reistijd van het grondwater. Op basis van de stroombanen zijn de intrekgebieden op regionaal niveau bepaald.

De stroombanen geven echter geen volledig inzicht in de ligging van lokale intrekgebieden, veelal dekzandruggen, waar water infiltreert en op korte afstand uittreedt als basenarme kwel. Dat is enerzijds te wijten aan de schaalgrootte (rekencellen van 25x25 meter) van het model maar komt ook doordat opbolling van grondwater in de dekzandruggen alleen in natte winterperioden gedurende korte tijd optreedt. Daarom zijn naast stroombaanberekeningen ook isohypsenpatronen voor winter (ghg) en zomerperiode (glg) berekend.

In deze bijlage zijn een aantal voorbeeldsituatie opgenomen voor de wijze waarop de stroombanen en isohypsenpatronen voor de verschillende deelgebieden zijn geïnterpreteerd.

In figuur 1 is een voorbeeld opgenomen voor Stroothuizen waarin in een dwarsdoorsnede de stroombanen zijn opgenomen van grondwater dat infiltreert ten zuiden van Stroothuizen en dat als kwel uittreedt in de centrale slenk Stroothuizen voor de huidige en toekomstige situatie. Uit deze figuur wordt duidelijk dat het intrekgebied van het grondwater dat Stroothuizen voedt globaal tot aan de Mensmanweg doorloopt en er dus voeding plaatsvindt vanuit de landbouwpercelen ten zuiden van Stroothuizen. Daarnaast laten de stroombanen zien dat het grondwater dat uittreedt een maximale diepte van circa 12 meter + N.A.P. bereikt. Dat betekent dat er geen aanwijzingen zijn dat kwelwater dat uittreedt in Stroothuizen van onder de Brørup kleilaag afkomstig is. De kwel in het gebied is dus afkomstig uit het 1^{e} (freatisch) watervoerend pakket.

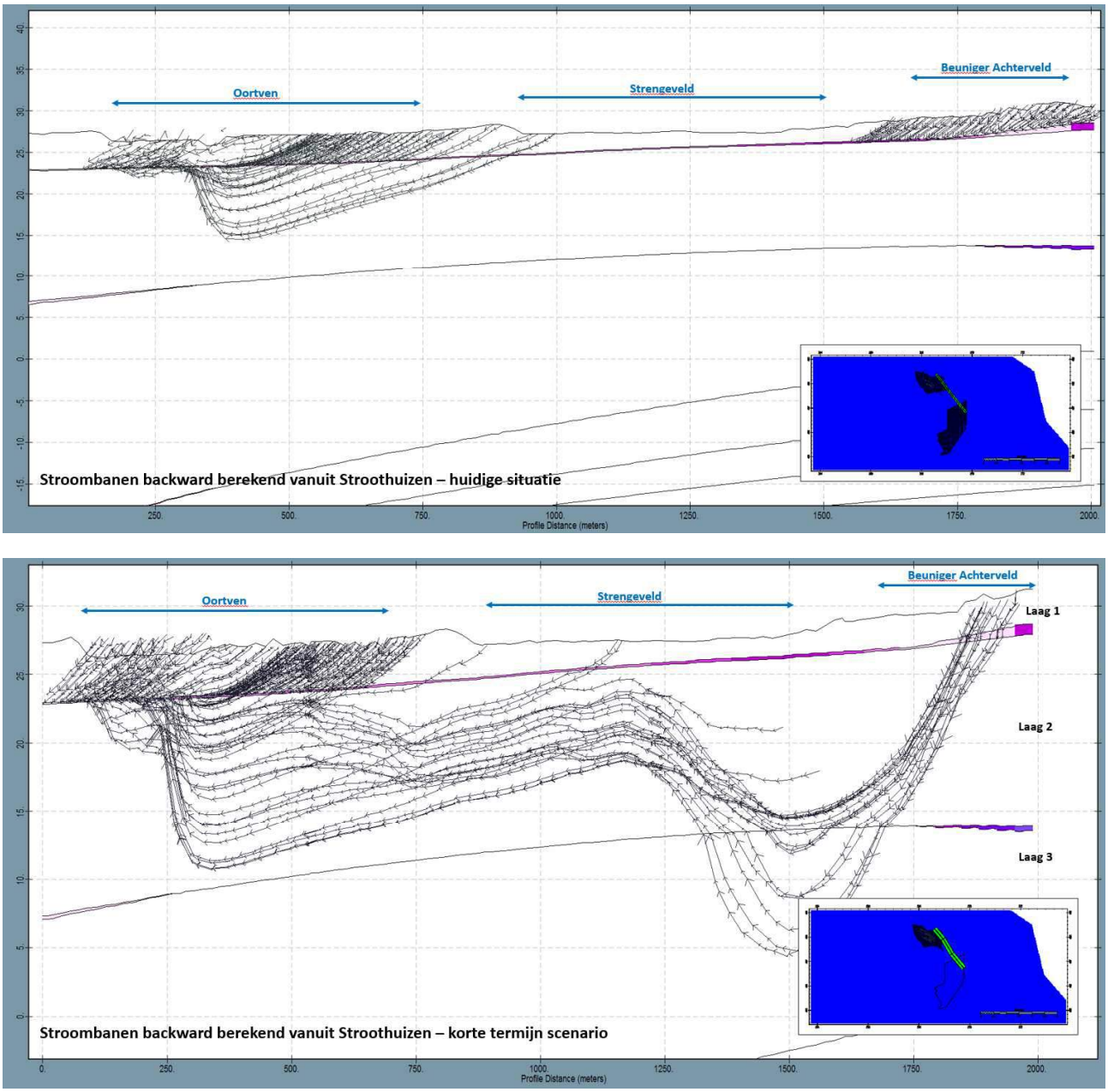
Verder valt op dat als gevolg van de maatregelen meer stroombanen de centrale laagte van Stroothuizen bereiken. De kwel naar de centrale laagte vanuit het infiltratiegebied neemt dus toe doordat de sloten in het landbouwgebied het water niet meer afvangen. De stroombanen bevestigen daarmee de berekende kwelfluxen (zie o.a. hoofdstuk 6 en modelrapportage, Bor, 2017).



Figuur 1 Stroombanen van het grondwater uit het infiltratiegebied ten zuiden van Stroothuizen dat uittreedt als kwel in de centrale slenk in de huidige en toekomstige situatie (na uitvoering maatregelen)

Wanneer de isohypsen (zie figuren 5 en 6) voor de zuidzijde van Stroothuizen worden beschouwd valt op dat er in de winter opbolling plaatsvindt in dekzandruggen in en buiten Stroothuizen waardoor lokale waterscheidingen ontstaan. Daarnaast blijkt dat de aanwezigheid van drainerende sloten en isohypsenpatronen beïnvloeden. In de winter zijn dus lokale stromingsstelsel actief. Water dat infiltreert stroomt gedeeltelijk toe richting Stroothuizen en wordt gedeeltelijk afgevangen door aanwezige sloten. In de zomersituatie vindt er geen opbolling meer plaats en vallen perceelsloten droog waardoor de grondwaterstroming een meer regionaal karakter vertoont en de intrekgebieden van vorm veranderen. Het intrekgebied is in de zomer aan zuid- en oostzijde groter dan in de winter. De bemestingsmaatregelenwijzer is ingevuld voor alle percelen die in winter en/of zomerperiode tot het intrekgebied behoren.

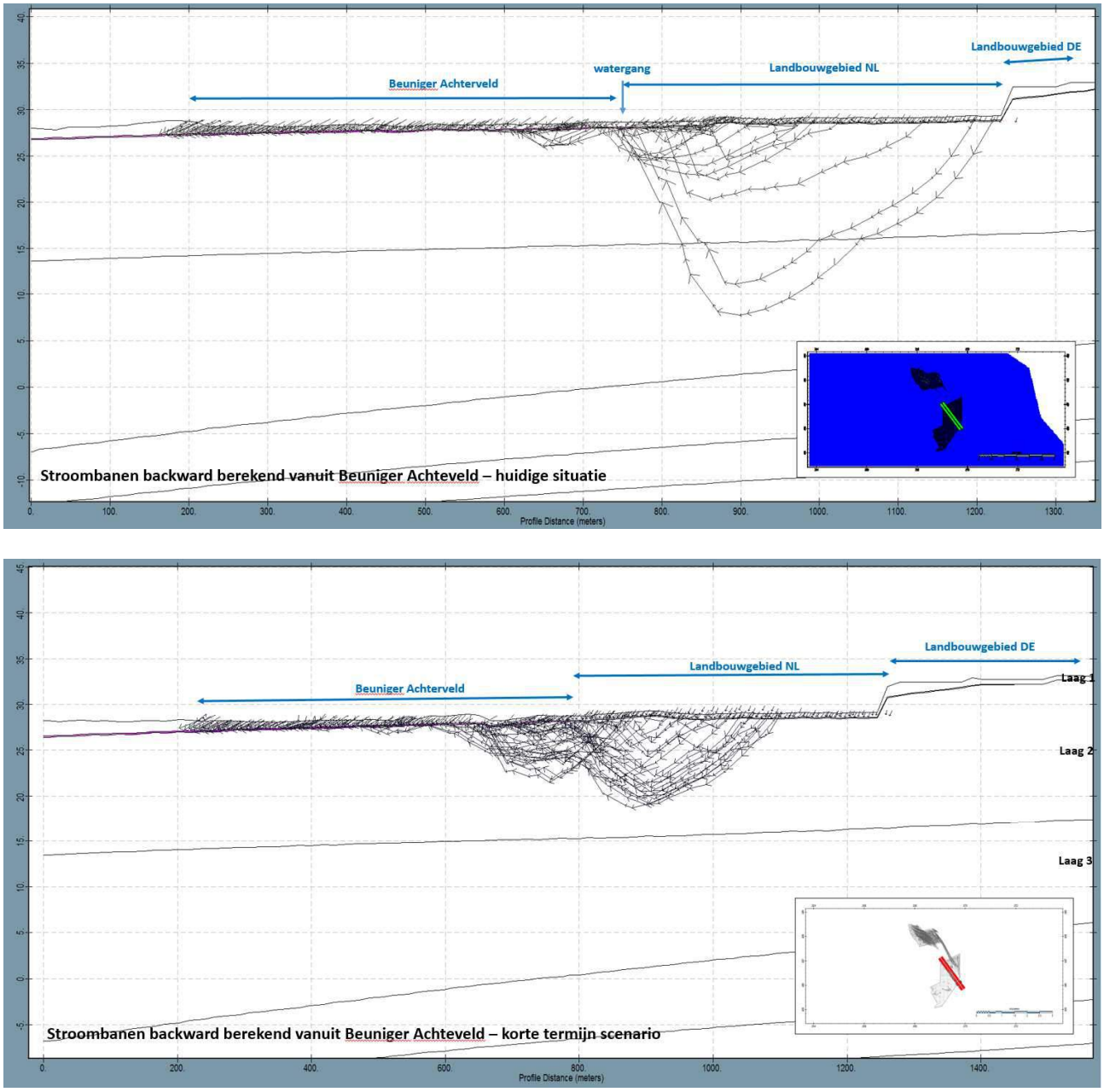
In figuur 2 en 3 zijn stroombanen opgenomen voor het Oortven en Beuninger Achterveld als voorbeeld van de wijze waarop stroombanen kunnen wijzigen als gevolg van de geplande inrichtingsmaatregelen.



Figuur 2 Stroombanen Oortven en Beuninger Achterveld voor de huidige situatie en na uitvoering korte termijn maatregelen

In de huidige situatie infiltreert water in het Beuninger Achterveld op de hoger gelegen dekzandruggen. Dit water treedt deels uit in de laagte in het Beuninger Achterveld maar wordt grotendeels afgevangen door de diepe waterschapssloot en de drainage in het Strengeveld ten noorden van het Beuninger achterveld. Wanneer in het Strengeveld en ten oosten en zuiden van Stroothuizen de drainage verwijderd wordt, de diepe waterschapssloot wordt gedempt en de slenk wordt hersteld wordt het water niet meer afgevangen door de aanwezige ontwateringsmiddelen maar infiltreert het op de hogere delen en stroomt het toe naar de lager gelegen delen van het Strengeveld en neemt de voeding naar het Oortven toe. Daarnaast worden de stroombanen “langer”. De stroombanen komen dieper en leggen een langere weg af. Daardoor zal niet alleen de hoeveelheid water dat toestroomt naar de lagere delen zoals het Oortven toestromen maar zal ook de invloed van basenrijker grondwater toenemen dat nodig is om de verzuring en de invloed van stikstofdepositie te verminderen. Dit effect zien we ook in andere gebiedsdelen, zoals de centrale slenk van Stroothuizen.

Voor het Beuninger achteveld (zie figuur 3) zelf geldt dat in de toekomstige situatie de grondwatervoeding (lokaal grondwater), met name aan de zuidzijde toeneemt. Water dat in de huidige situatie nog wordt afgevangen door sloten direct ten zuiden van het Beuninger Achterveld zal in de toekomst in de lagere delen uittreden als lokale kwel. Daarnaast zal ook oppervlaktewater vanuit de zuidzijde worden aangekoppeld en straks door het natuurgebied stromen (niet zichtbaar in stroombanen).

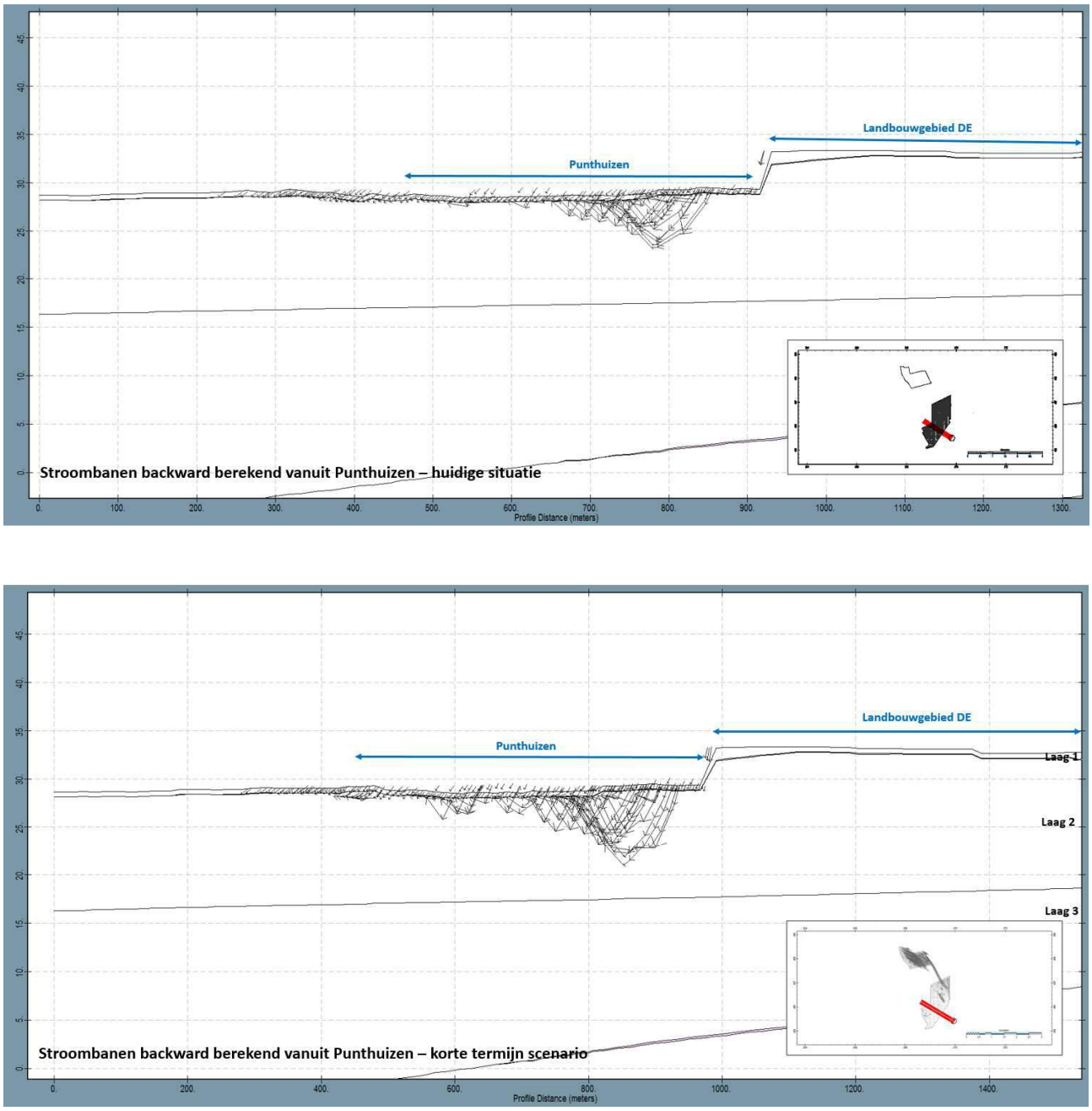


Figuur 3 Stroombanen Beuninger achterveld na uitvoering korte termijn maatregelen

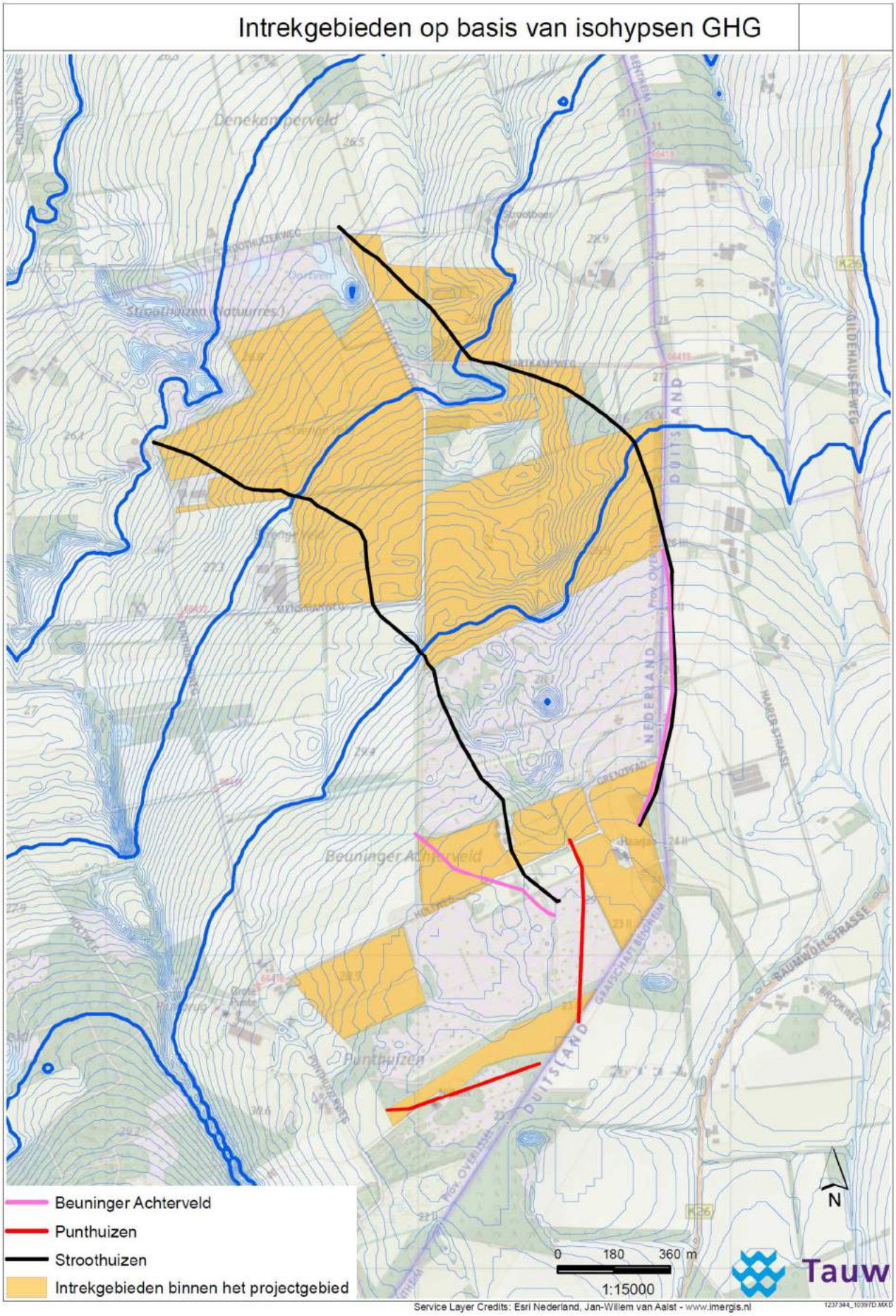
In figuur 4 zijn stroombanen opgenomen voor de centrale laagte in Punthuizen. Uit de stroombanen wordt duidelijk dat het water dat uittreedt als kwel in de laagte in Punthuizen op korte afstand op hogere gelegen dekzandruggen in en direct buiten het natuurgebied infiltreert en dat het intrekgebied, in deze situatie, beperkt blijft tot infiltratiegebieden (centrale dekzandrug) aan Nederlandse zijde in het natuurgebied.

Als gevolg van de maatregelen worden de stroombanen “langer”. Het grondwater infiltreert tot grotere diepte en de reistijd neemt toe.

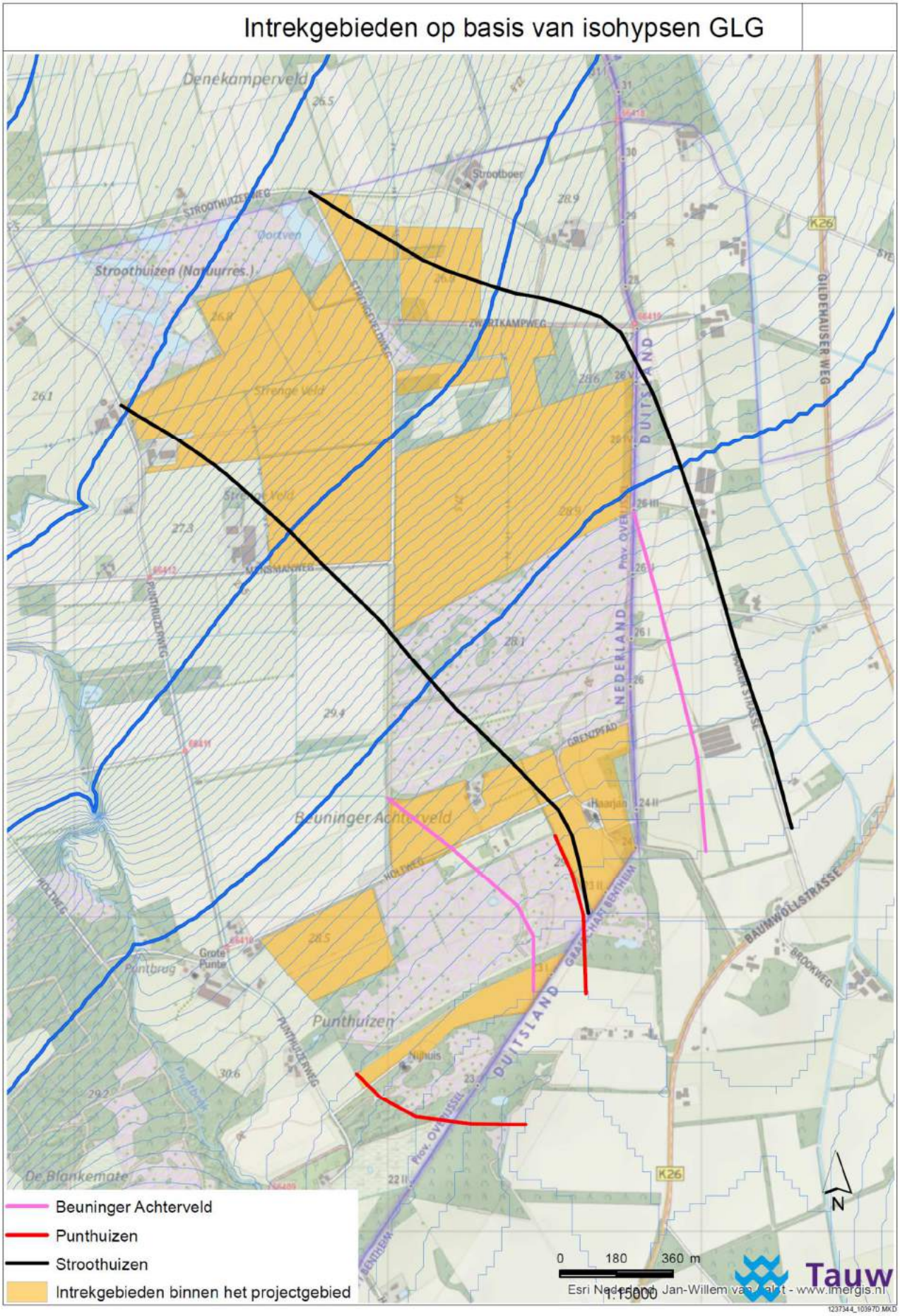
Uit de isohypsenpatronen valt verder op dat ook voor Punthuizen in de winter opbolling plaatsvindt in de hogere gelegen dekzandruggen ten zuiden, oosten en westen van de centrale laagte. Als gevolg van de maatregelen zal de opbolling in de winterperiode toenemen waarbij vooral de situatie aan westzijde wordt hersteld in dien ook de Puntbeek in peil wordt verhoogd (zie uitwerking lange termijn maatregelen in hoofdstuk 7).



Figuur 4 Stroombanen voor Punthuizen in de huidige situatie en na uitvoering korte termijn maatregelen



Figuur 5 Isohypsenpatroon gemiddeld hoogste grondwaterstand (ghg, winterperiode) voor huidige situatie



Figuur 6 Isohypsenpatroon gemiddeld laagste grondwaterstand (glg, zomerperiode) voor huidige situatie

Bijlage 6

Hydrologisch onderzoek Punthuizen-Stroothuizen

(Tauw, 2017)

Tauw

Hydrologische effectberekeningen PAS-maatregelen Punthuizen en Stroothuizen

27 oktober 2017

Kenmerk R028-1237344BMP-evp-V01-NL

Verantwoording

Titel	Hydrologische effectberekeningen PAS-maatregelen Punthuizen en Stroothuizen
Opdrachtgever	Staatsbosbeheer Regio Oost
Projectleider	Mariska Overbeek-te Vaarwerk
Auteur(s)	Margrietha Bor
Projectnummer	1237344
Aantal pagina's	70 (exclusief bijlagen)
Datum	27 oktober 2017
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
BU Water & Ruimtelijke Kwaliteit
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
Telefoon +31 30 28 24 82 4

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom.
De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Tauw

Inhoud

Verantwoording en colofon **3**

1 Inleiding **7**
1.1 Leeswijzer 7

2 Actualisatie grondwatermodel **9**
2.1 Geologie 9
2.2 Controle bestanden waterlopen 10
2.3 Actualisatie waterlopenstelsel 12
2.3.1 Actualisatie top10-waterlopen 12
2.3.2 Actualisatie leggerwaterlopen 14
2.4 Duitsland 17
2.4.1 Analyse beschikbare informatie uit Duitsland 17
2.4.2 Aanpassing van inputbestanden van MetaSWAP 17
2.4.3 Aanpassing buisdrainage en overlandflow in Duitsland 22
2.4.4 Waterlopen in Duitsland 23
2.4.5 Controle geologie en bodemopbouw 27
2.5 Punthuizen 32
2.5.1 Overloopniveau 32
2.6 Winterpeil Puntbeek 32
2.7 Validatie aangepast model 33
2.7.1 Conclusie 38

3 Berekeningsresulaten maatregelen uit gebiedsanalyse **40**
3.1 Korte termijn maatregelen 40
3.1.1 Aanpassingen model 40
3.1.2 Resultaat korte termijn maatregelen 42
3.2 Lange termijn maatregelen 45
3.2.1 Aanpassingen model 45
3.2.2 Resultaat lange termijn maatregelen 45

4 Inrichtingsmaatregelen **48**
4.1 Inleiding 48
4.2 Korte termijn maatregelen inrichtingsplan 48
4.3 Lange termijn maatregelen 51

5 Resultaten inrichtingsmaatregelen 52
5.1 Korte termijn 52
5.2 Lange termijn 60

6 Gevoeligheidruns 62
6.1 Gevoeligheidrun 1 62
6.2 Gevoeligheidsrun 2 66
6.3 Conclusie 69

Bijlage(n)

1 Controle basisbestanden
2 Aanpassingen waterlopen
3 Dwarsdoorsnede Puntbeek (NL)- Rammelbeek (DE)
4 Beschikbare informatie Duitsland
5 Inrichtingsmaatregelen korte termijn
6 Tijdstijghoogtelijnen
7 Dwarsdoorsneden met stroombanen
8 Isohypsenkaarten met afgeleide intrekgebieden
9 Analyse-impact Brørup-laag op effectberekeningen

1 Inleiding

Aanleiding

In en rondom het Natura2000-gebied Punthuizen en Stroothuizen worden hydrologische maatregelen getroffen in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). De hydrologische maatregelen die getroffen gaan worden in het gebied zijn gedeeltelijk doorgerekend in het kader van de GGOR. De maatregelen zoals geformuleerd in de PAS gebiedsanalyses[1] wijken echter af van de maatregelenset uit het achtergronddocument GGOR[2], waardoor nu geen goed beeld bestaat van de effecten als gevolg van de maatregelen beschreven in de gebiedsanalyse. Dit geldt zowel voor het behalen van de Natura 2000 doelen als voor de omgevingseffecten. Voor deze studie is ook gebruikt gemaakt van een actueler model dan bij de GGOR –studie. Uit een eerste beoordeling blijkt dat dit actuelere model conceptueel beter is dan het oude model. Daarom is besloten om de effecten van de maatregelen te berekenen met het meest actuele model[3].

Doelstelling

Het doel van de effectberekeningen is het bepalen van de hydrologische effecten (grondwaterstanden, fluxen) van de PAS maatregelen. Deze effectberekeningen dienen als input voor het bepalen van de toekomstige bruikbaarheid van percelen als landbouwgrond. Daarnaast geven de berekende effecten inzicht in het behalen van de doelen in de natuurgebieden. De effecten van de maatregelen op landbouw, natuurdoelen en bebouwing zijn uitgewerkt in separate rapportages waarbij hydrologische effecten uit deze studie als input zijn gebruikt.

1.1 Leeswijzer

Dit rapport is een technisch achtergronddocument en dient ter onderbouwing van het inrichtingsplan. In hoofdstuk 2 is de actualisatie van het grondwatermodel beschreven. In hoofdstuk 3 zijn de effecten beschreven van de maatregelen die in de gebiedsanalyse zijn beschreven. Tijdens een driedaags veldbezoek zijn de maatregelen verder uitgewerkt. De verwerking hiervan in het model en de berekende hydrologische effecten van deze maatregelen zijn opgenomen in hoofdstuk 4 en 5. Als laatste zijn er nog 2 gevoeligheidruns uitgevoerd, waarin

[1] Provincie Overijssel, Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Dinkelland, 18 november 2015
[2] Waterschap Regge en Dinkel, GGOR uitwerking N2000 gebied Dinkelland., Concept, d.d. 15 maart 2011
[3] Deltares, Update Grondwatermodel Waterschap Regge en Dinkel, kenmerk 1202490-000-BGS-0008, maart 2012
Tauw, Aanpassing stationair WRD2012-grondwatermodel, kenmerk R001-1216684BMP-kzo-V04-NL, d.d. 12 februari 2014
Tauw, Aanpassing instationair WRD2012-grondwatermodel kenmerk R001-1221210BMP-kzo-V02-NL, d.d. 11 mei 2015

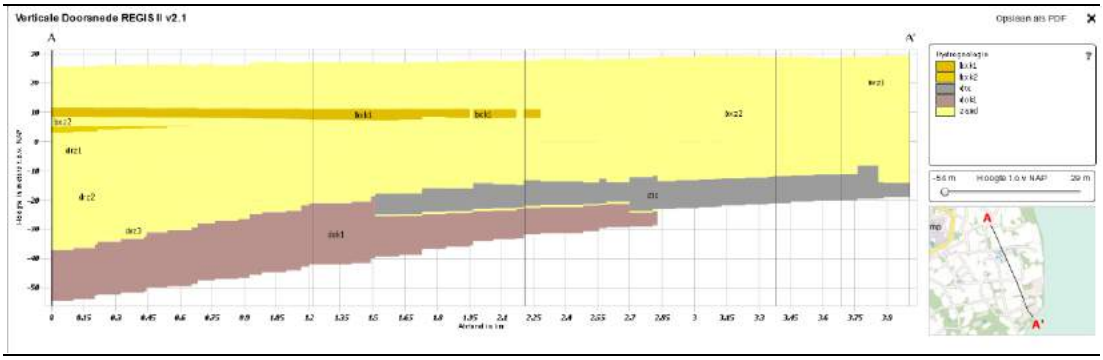
een indicatie wordt gegeven welk effect het dempen van een aantal Duitse watergangen al dan niet in combinatie met een peilverhoging van de Puntbeek heeft op het halen van de instandhoudingsdoelen in Beuninger Achterveld en Punthuizen. Dit is gegaan om inzicht te geven in de invloed die deze watergangen hebben op het (grond) watersysteem in Nederland. De resultaten van deze gevoeligheidruns zijn beschreven in hoofdstuk 6.

2 Actualisatie grondwatermodel

2.1 Geologie

De ondergrond ter plaatse van de onderzoekslocatie betreffen peri- en fluvioglaciale opvullingen van voornamelijk zand in een gletsjerdal (Bekken van Nordhorn). Op circa 20 m diepte bevindt zich een dunne slechtdoorlatende laag (Brørup -laag) bestaande uit veen en klei die het zandpakket opdeelt in een 1e en 2e watervoerende pakket. (bron: GGOR[4]) .

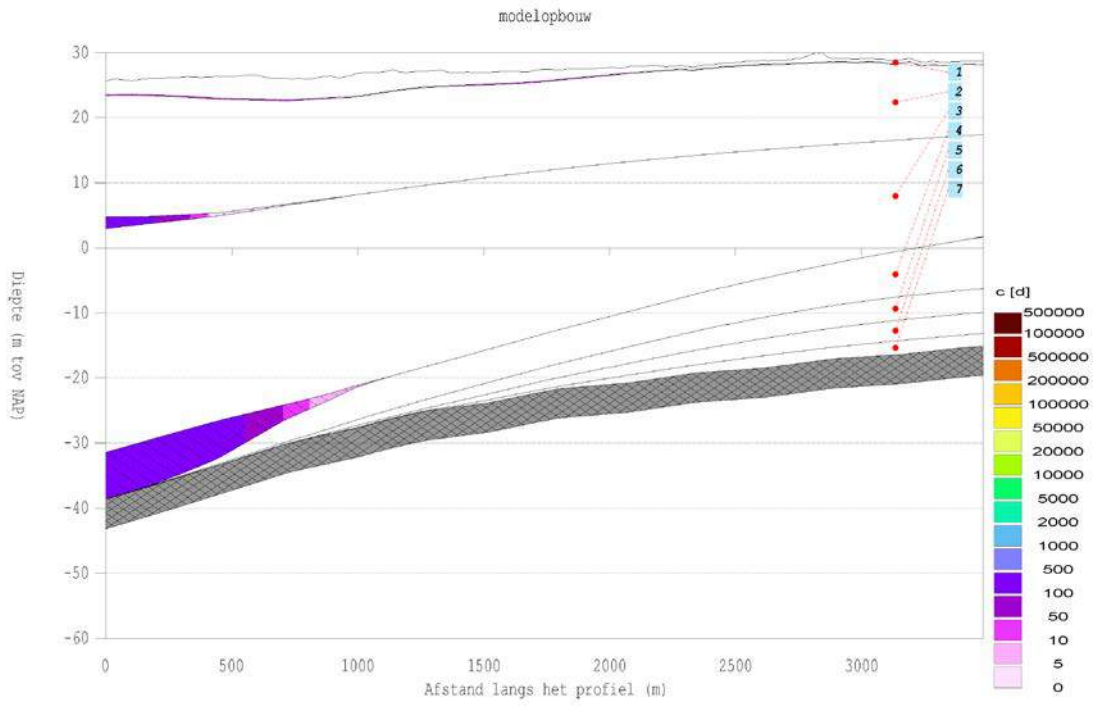
Figuur 2.1 toont een REGIS doorsnede van het onderzoeksgebied. De Brørup laag wordt hier oranje weergegeven. Volgens REGIS stopt deze laag halverwege het profiel.



Figuur 2.1 REGIS II.v2 doorsnede

Figuur 2.2 toont een doorsnede van het WRD2014 grondwatermodel op dezelfde locatie als de REGIS doorsnede. In deze figuur is te zien dat de Brørup laag (c2) wel aanwezig is maar eerder stopt. Reden hiervoor is dat het grondwatermodel is gebaseerd op een eerdere REGIS versie. In paragraaf 2.4.5 wordt meer ingegaan op de ruimtelijke verbreiding van de Brørup laag.

[4] Waterschap Regge en Dinkel, GGOR uitwerking N2000 gebied Dinkelland., Concept, d.d. 15 maart 2011

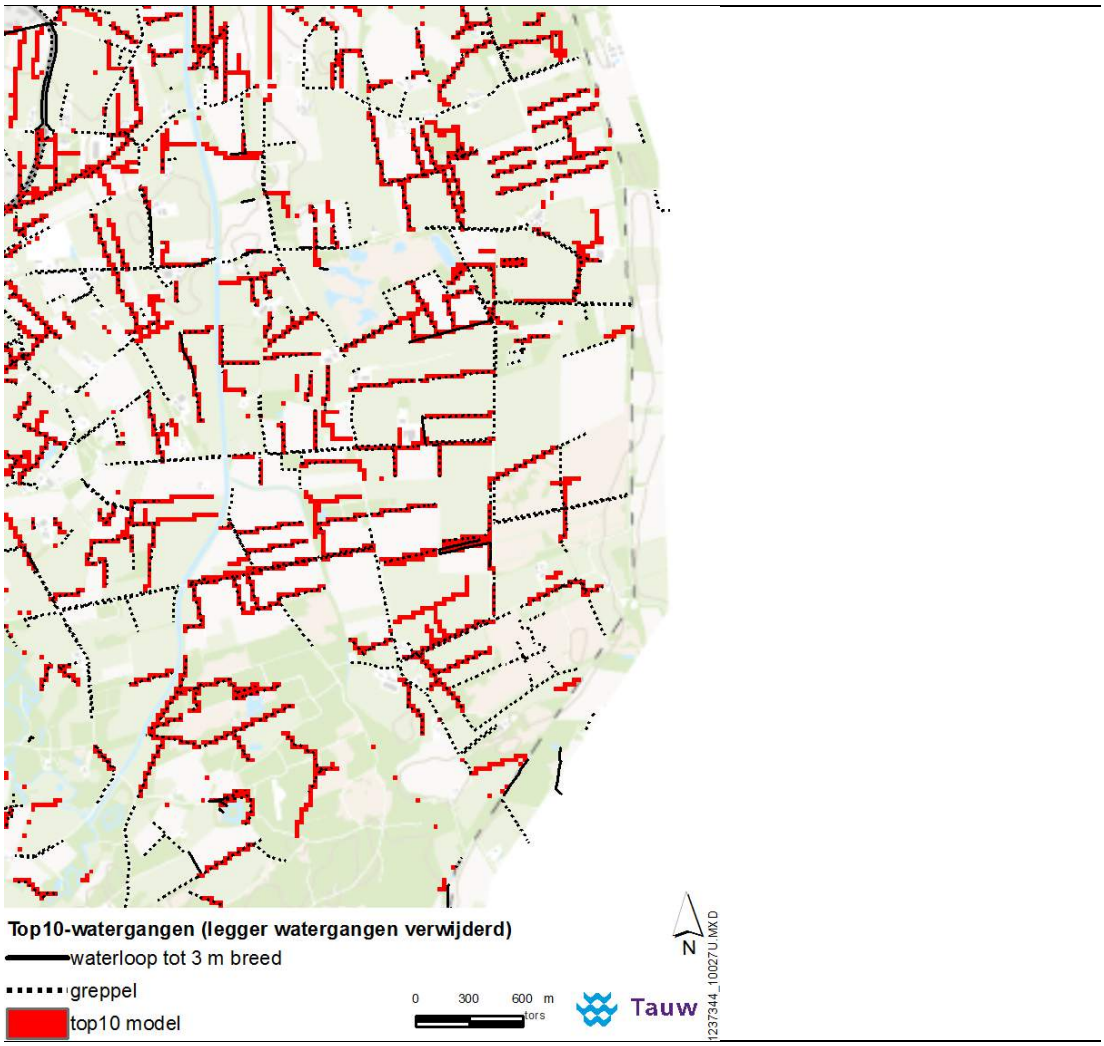


Figuur 2.2 Doorsnede WRD2014 grondwatermodel

2.2 Controle bestanden waterlopen

Het is gebruikelijk om regionale modellen voor lokaal gebruik te valideren en te controleren. Als eerste stap zijn de basisbestanden van de waterlopen in het meest actuele model (WRD2014 instationair) gecontroleerd. De ervaring leert dat met name de wijze waarop het oppervlaktewaterstelsel geschematiseerd is in het model verouderd kan zijn en lokaal kan afwijken. Daarom heeft de validatie zich daar ook op gericht. In bijlage 1 zijn een aantal kaarten met controles opgenomen. Daarbij is het volgende geconcludeerd:

- De peilen in het model wijken decimeters af van stuwpeilen zoals aangeleverd door Waterschap Vechtstromen
- De locatie van top10-watergangen in het WRD2014 model wijkt sterk af van top10-watergangen (TOP10NL van Basisregistratie Topografie (BRT) opgeleverd in 2015 , zie figuur 2.3. Bij eerdere projecten is gebleken dat de opgeleverde top10 van 2015 nauwkeurig is. Daarnaast is op basis van veldkennis (Fons Eysink, Unie van Bosgroepen; Rick Ruis, Staatsbosbeheer) het top10-bestand uit 2015 aangevuld.
- De loop van de Puntbeek is inmiddels gewijzigd
- Er zijn een aantal watergangen in het model opgenomen die in werkelijkheid gedempt of onderduikerd zijn (bron: Fons Eysink, Unie van Bosgroepen)



Figuur 2.3 Top10-watergangen in het model en top10 2015

Omdat de geconstateerde afwijkingen effect kunnen hebben op de effectberekeningen is besloten om het waterlopenstelsel te actualiseren.

2.3 Actualisatie waterlopenstelsel

Zowel de top10-watergangen als de leggerwatergangen zijn uit het model verwijderd waarna de geactualiseerde watergangen in het model zijn gezet. Overigens zijn leggerwatergangen watergangen die door het waterschap beheerd worden en waarover daarom meestal gegevens zoals peil, bodemhoogten en afmetingen bekend zijn. De top10-watergangen zijn overige kleinere watergangen (perceelsloten en greppels). De volgende paragrafen beschrijft de methode hiervoor. In bijlage 2 is het aangepaste waterlopenstelsel in kaartbeelden weergegeven.

2.3.1 Actualisatie top10-waterlopen

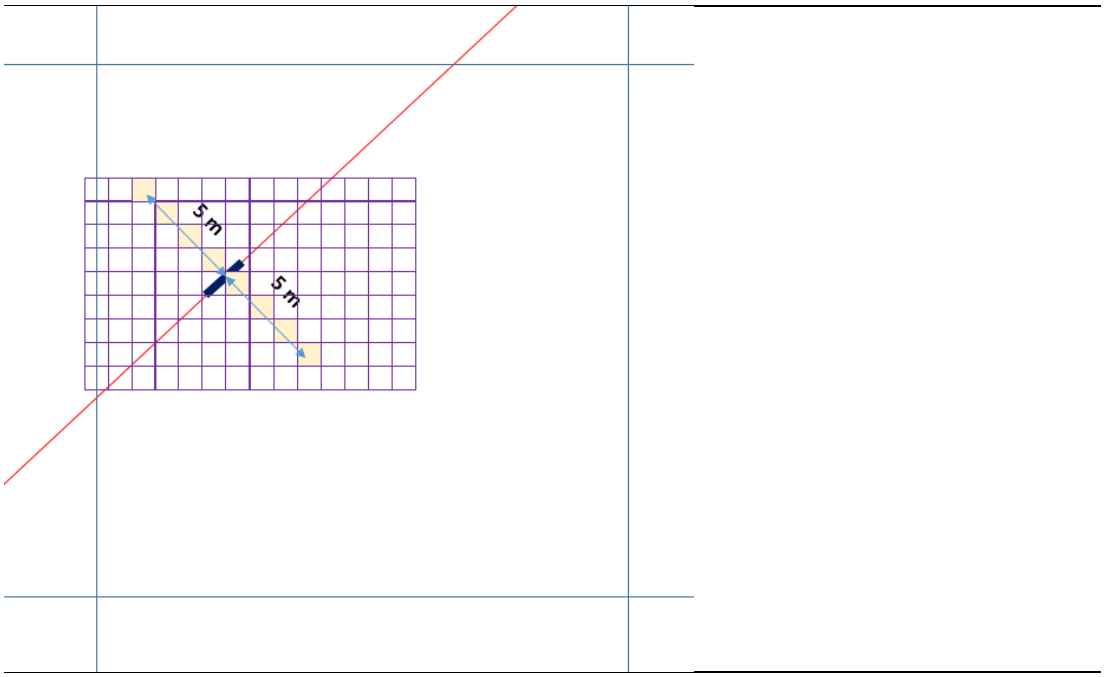
Peil

De methode hiervoor is dezelfde methode die Deltares heeft gebruikt voor de top10-watergangen in het WRD2012-model[5]. In dit geval is echter gebruik gemaakt van AHN2 (0,5 bij 0,5 m) in plaats van AHN1 (5 bij 5 m), waardoor een grotere nauwkeurigheid wordt bereikt. Bovendien is de AHN2 van recentere datum en daardoor actueler. De ligging van de top10-watergangen is gebaseerd op het top10-bestand van 2015 inclusief de wijzigingen die op basis van veldkennis in beeld zijn gebracht.

De methode is als volgt:

- De top10 lijnen zijn opgeknipt in stukjes van 0,5 m
- Vanuit het centrum van het top10 lijnstukje wordt haaks binnen een buffer van 5 m het AHN2 grid gesampled en de minimale maaiveldhoogte bepaald. Deze maaiveldhoogte is het peil van de watergang. Dit is verduidelijkt in figuur 2.4
- Binnen de cel van 25 bij 25 m is de minimale waarde binnen deze cel genomen
- Er is een controle uitgevoerd of het peil van de top10 niet dieper ligt dan het peil van de leggerwatergangen. Dit bleek niet het geval te zijn.

[5] Deltares, Update Grondwatermodel Waterschap Regge en Dinkel, kenmerk 1202490-000-BGS-0008, maart 2012



Figuur 2.4 Bepalen peil top10-watergangen

Bodemhoogte

De top10-watergangen (perceelsloten en greppels) worden aangelegd om het overtollig (grond)water op een perceel af te voeren. Dit betekent dat deze watergangen alleen draineren. Omdat de top10-watergangen in het model niet mogen infiltreren, is de bodemhoogte gelijk aan het peil.

Conductance

Omdat de conductance in het originele WRD2014 model is gekalibreerd[6] door Tauw wordt de conductance bij de aanpassing zoveel mogelijk gelijk gehouden. In de top10-watergangen wordt onderscheid gemaakt in waterbreedte van de watergang. Op basis hiervan en het conductance basisbestand van WRD2014 is de waterbodemweerstand per type waterloop bepaald.

[6] Tauw, Aanpassing stationair WRD2012-grondwatermodel, kenmerk R001-1216684BMP-kzo-V04-NL, d.d. 12 februari 2014
Tauw, Aanpassing instationair WRD2012-grondwatermodel kenmerk R001-1221210BMP-kzo-V02-NL, d.d. 11 mei 2015

Tabel 2.1 Conductances top10-waterlopen

Onderdeel Top10	Waterbreedte	Bodembreedte voor model (m)*	Waterbodemweerstand in origineel WRD2014 model
Greppel	Max 0.5	0,17	3 dagen
0.5-3 m	0.5 tot 3	0,6	0,8 dag
3-6 m	3 tot 6	Komt niet voor in gebied	nvt

*gemiddelde waterbreedte gedeeld door 3 (geschat wordt dat de bodembreedte 1/3 bedraagt van de waterbreedte)

Infiltratiefactor

De infiltratiefactor is conform het origineel model op 0,33 ingesteld. Omdat het peil gelijk is aan de bodemhoogte kunnen de top10-watergangen alleen draineren en heeft de infiltratiefactor hier geen effect op de berekeningen.

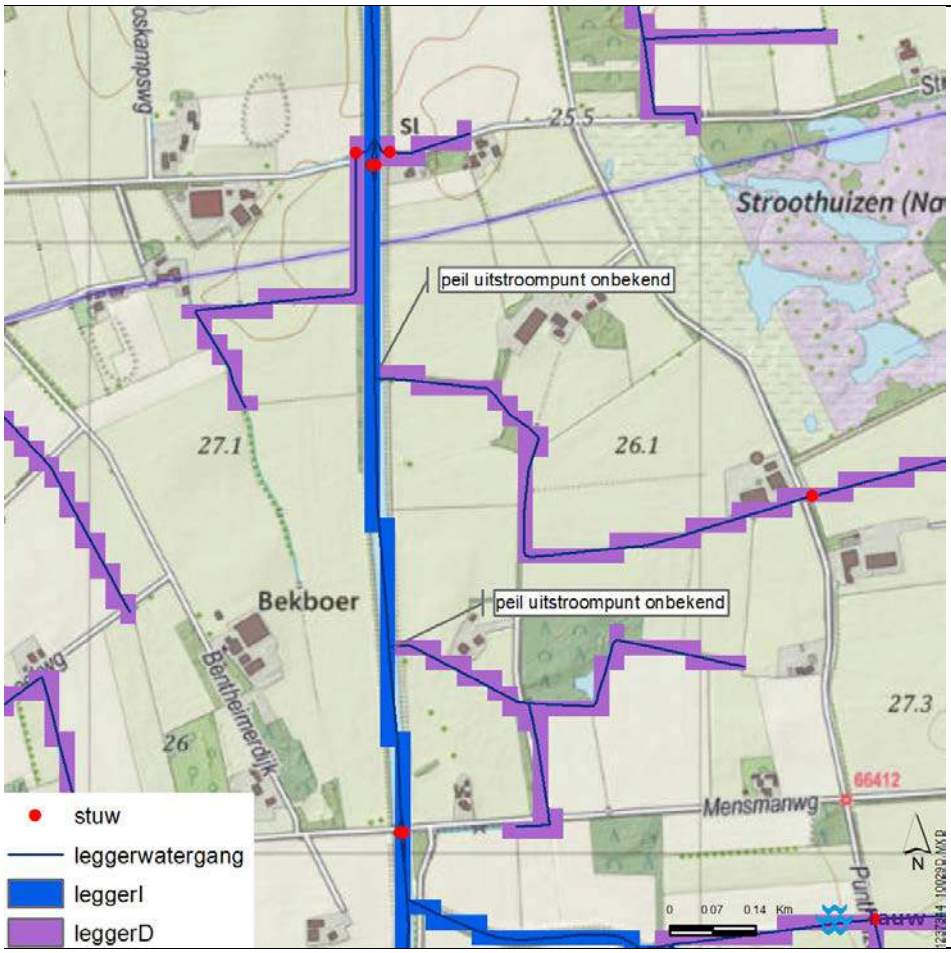
2.3.2 Actualisatie leggerwaterlopen

In het wrd2014 model zijn de leggerwatergangen onderverdeeld in een leggerD en een leggerI. De leggerD watergangen kunnen alleen draineren, omdat de bodemhoogte gelijk is aan het waterpeil. De leggerI kan zowel draineren als infiltreren. Wanneer deze watergangen infiltreren is afhankelijk van het waterpeil ten opzichte van de berekende grondwaterstand.

Peil

Het peil van de leggerwaterlopen is toegevoegd door middel van lijnstukken van de leggerwatergangen en stuwpeilen die zijn aangeleverd door waterschap Vechtstromen.. Op de lijnstukken is geïnterpoleerd met behulp van het waterpeil boven- en benedenstrooms. Op locaties waar bij een stuw het stuwpeil ontbreekt is het volgende aangehouden: stuwpeil zomer=kruinhoogte stuw en stuwpeil winter=kruinhoogte stuw+10 cm. De kruinhoogte van de stuwen is aangeleverd door waterschap Vechtstromen.

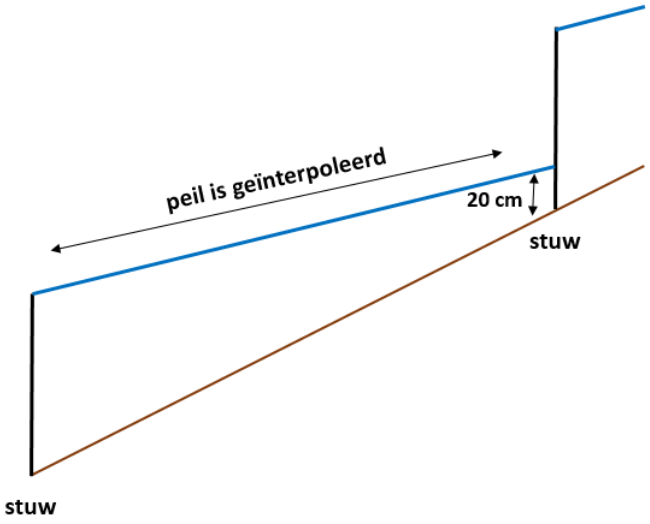
Van een aantal leggerD watergangen is het peil bij het uitstroompunt naar een leggerI-watergang niet bekend, omdat zich daar geen stuw bevindt. Daarom is leggerI als eerst in het model gezet. Op deze manier is het peil ter plaatse van het uitstroompunt bepaald, zie figuur 2.5.



Figuur 2.5 Voorbeeld van uitstroompunten zonder bekend waterpeil

Overige uitgangspunten:

- Ter plaatse van het Omleidingskanaal is een vast peil in het stuwpand aangehouden, omdat dit een automatische stuw betreft met een strakke (maximale afwijking 2 cm) peilregeling. Het peil binnen het stuwpand is dus gelijk aan het stuwpeil benedenstrooms.
- LeggerI, winter en zomer: benedenstrooms is het stuwpeil aangehouden en bovenstrooms de bodemhoogte +20 cm, zie figuur 2.6
- LeggerD, winter: benedenstrooms is het stuwpeil aangehouden en bovenstrooms de bodemhoogte +20 cm, zie figuur 2.6
- LeggerD, zomer: peil is gelijk aan bodemhoogte, omdat deze watergangen droogvallen in de zomer.



Figuur 2.6 Schematische weergave bepalen peil tussen twee stuwen

In bijlage 2 is het verschil tussen het stuwpeil en het modelpeil weergegeven. Uit de kaarten blijkt dat het verschil maximaal 3 cm bedraagt.

Bodemhoogte

De bodemhoogte is aan model toegevoegd door interpolatie tussen bodemhoogte bovenstrooms en benedenstrooms van de meetpunten aangeleverd door waterschap Vechtstromen. In enkele gevallen is de bodemhoogte hoger dan peil. In dat geval is de bodemhoogte 20 cm beneden peil gebracht. Het peil is hierbij leidend. Voor de leggerD geldt dat in de winter de bodemhoogte gelijk is gezet aan het peil, omdat watergangen niet mogen infiltreren

Conductance

De conductance is afgeleid van de conductance in het origineel model. Omdat dat model gekalibreerd is, is getracht om de conductance zoveel mogelijk gelijk te houden. Tabel 2.2 toont de aangehouden conductances.

Tabel 2.2 Uitgangswaarden conductance per modellaag

Onderdeel	Conductance (m2/dag)
LeggerD	18
LeggerI, Puntbeek	18
LeggerI, Omleidingskanaal	32

Infiltratiefactor
De infiltratiefactor is conform het origineel model op 0,33 ingesteld. Ook de infiltratiefactor van de legger D is op 0,33 gezet. De legger D kan echter niet infiltreren, omdat het peil gelijk is aan de bodemhoogte.

2.4 Duitsland

2.4.1 Analyse beschikbare informatie uit Duitsland

In bijlage 4 is een notitie opgenomen met alle data die op het internet vrij beschikbaar is. Een deel van deze gegevens zijn gebruikt voor de controle en aanpassing van het grondwatermodel. Welke gegevens zijn gebruikt bij welk onderdeel is aangegeven in de komende paragrafen.

2.4.2 Aanpassing van inputbestanden van MetaSWAP

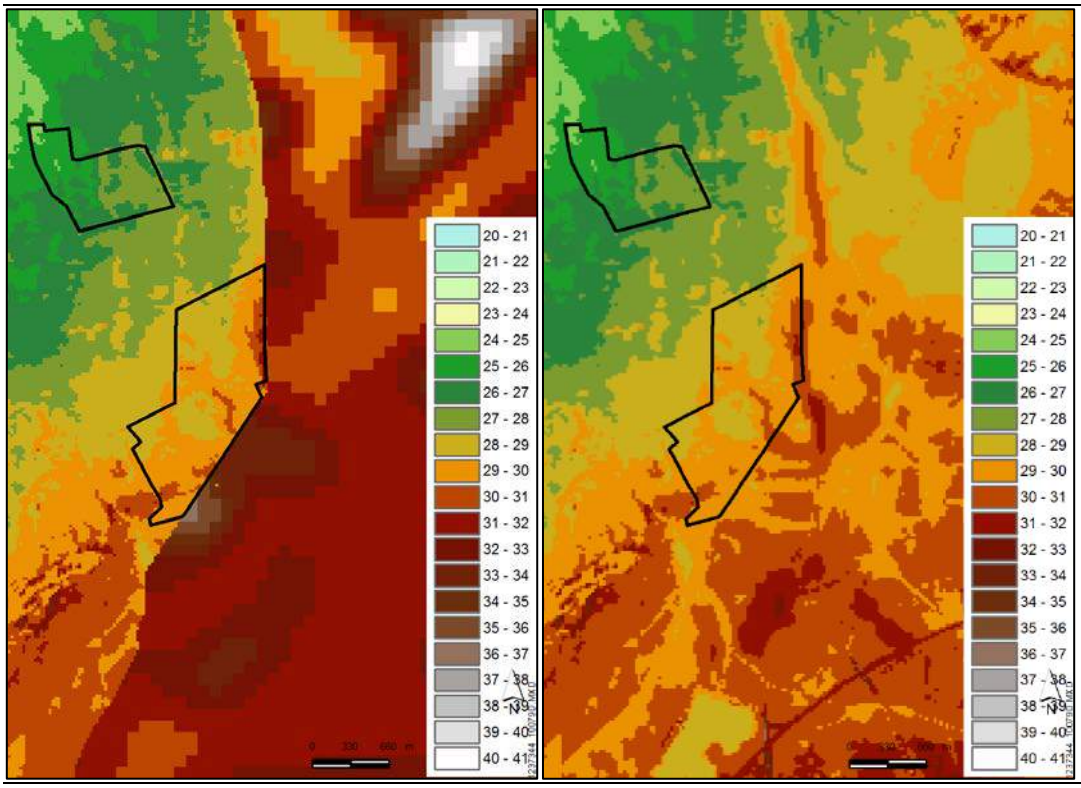
In figuur 2.9 en 2.10 zijn de gemiddeld berekende grondwateraanvulling in de winter en zomer van het originele model weergegeven. Uit een van de documenten[7] die bij MetaSWAP zijn opgeleverd, blijkt dat niet bdgcap (standaard output van iMODFLOW) maar msw_qsim de berekende grondwateraanvulling is. Deze budgetterm kan weggeschreven worden door in de MetaSWAP de inputbestanden aan te passen.

Uit de figuren blijkt dat de berekende grondwateraanvulling in Duitsland onlogische patronen vertoont. Figuur 2.9 toont dat over de grens bij Punthuizen een gebied ligt waar de grondwateraanvulling in de winter significant lager is dan in Nederland. Ook in de zomer is de grondwateraanvulling in Duitsland significant lager dan in Nederland. Daarom is gekozen om een aantal inputbestanden van MetaSWAP aan te passen.

Maaiveldhoogte
Als eerste is de maaiveldhoogte in het grondwatermodel aangepast. Door waterschap Vechtstromen is de maaiveldhoogte van het grensgebied van Duitsland als puntenbestand opgeleverd met een resolutie van 25 bij 25 m. Van het puntenbestand is de projectie veranderd naar Rijksdriehoekstelsel, waarna het puntenbestand verrasterd is. Vervolgens is de nieuwe maaiveldhoogte in het basisbestand van het model samengevoegd met het Nederlandse gedeelte. In figuur 2.6 is de originele en de aangepaste maaiveldhoogte weergegeven. In het originele model ziet de maaiveldhoogte er grof en sluit niet goed aan op de maaiveldhoogte in Nederland. Er komt langs de grens een grote sprong in de maaiveldhoogte voor. De afwijkende maaiveldhoogte in Duitsland komt doordat de gebruikte satellietdata[8] een lage nauwkeurigheid

[7] P.E.V. van Walsum, SIMGRO V7.2.27, Input and output reference manual, Alterra-report 913.3, Alterra, Green World Research, Wageningen, 2015
[8] Deltares, 2007-U-R0972/A MIPWA Methodiekontwikkeling voor Interactieve Planvorming ten behoeve van Waterbeheer. d.d. 18 september 2007

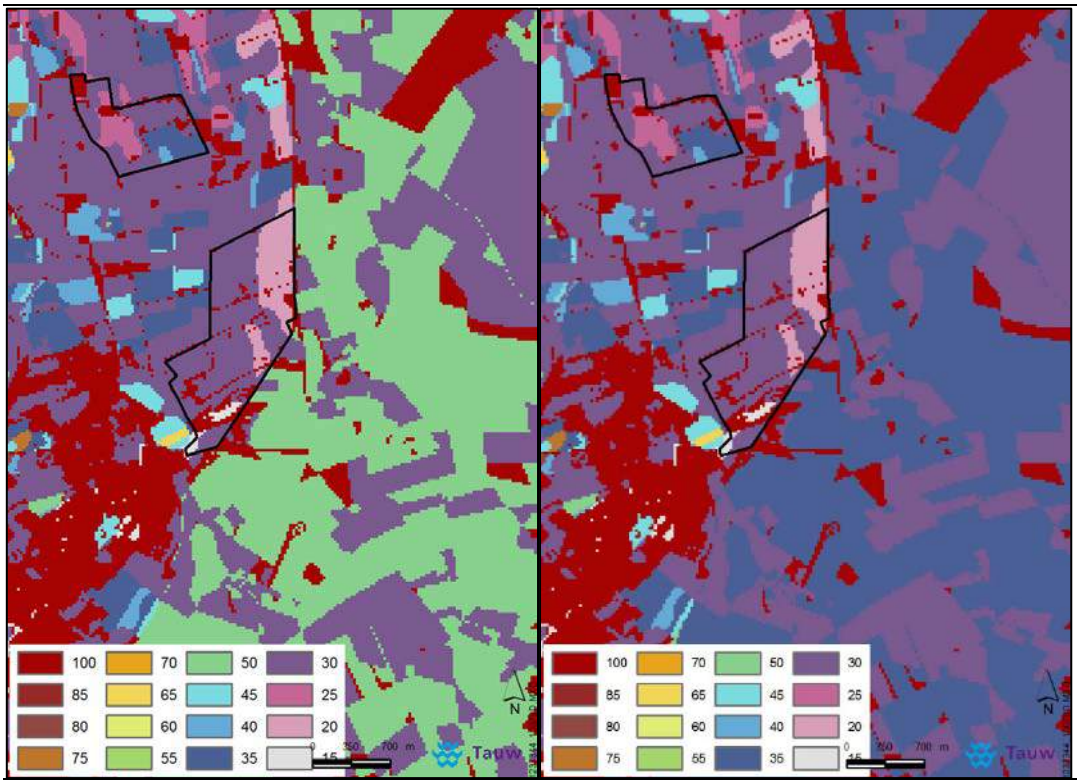
heeft (SRTM (wereldwijde hoogte data, nauwkeurigheid enkele meters, resolutie 90 m)). Rechts in de figuur is de nieuwe maaiveldhoogte weergegeven. Deze maaiveldhoogte sluit veel beter aan op die van Nederland.



Figuur 2.6 Maaiveldhoogte (m NAP) WRD2014 (links) en aangepast (rechts)

Dikte wortelzone en bodemklasse

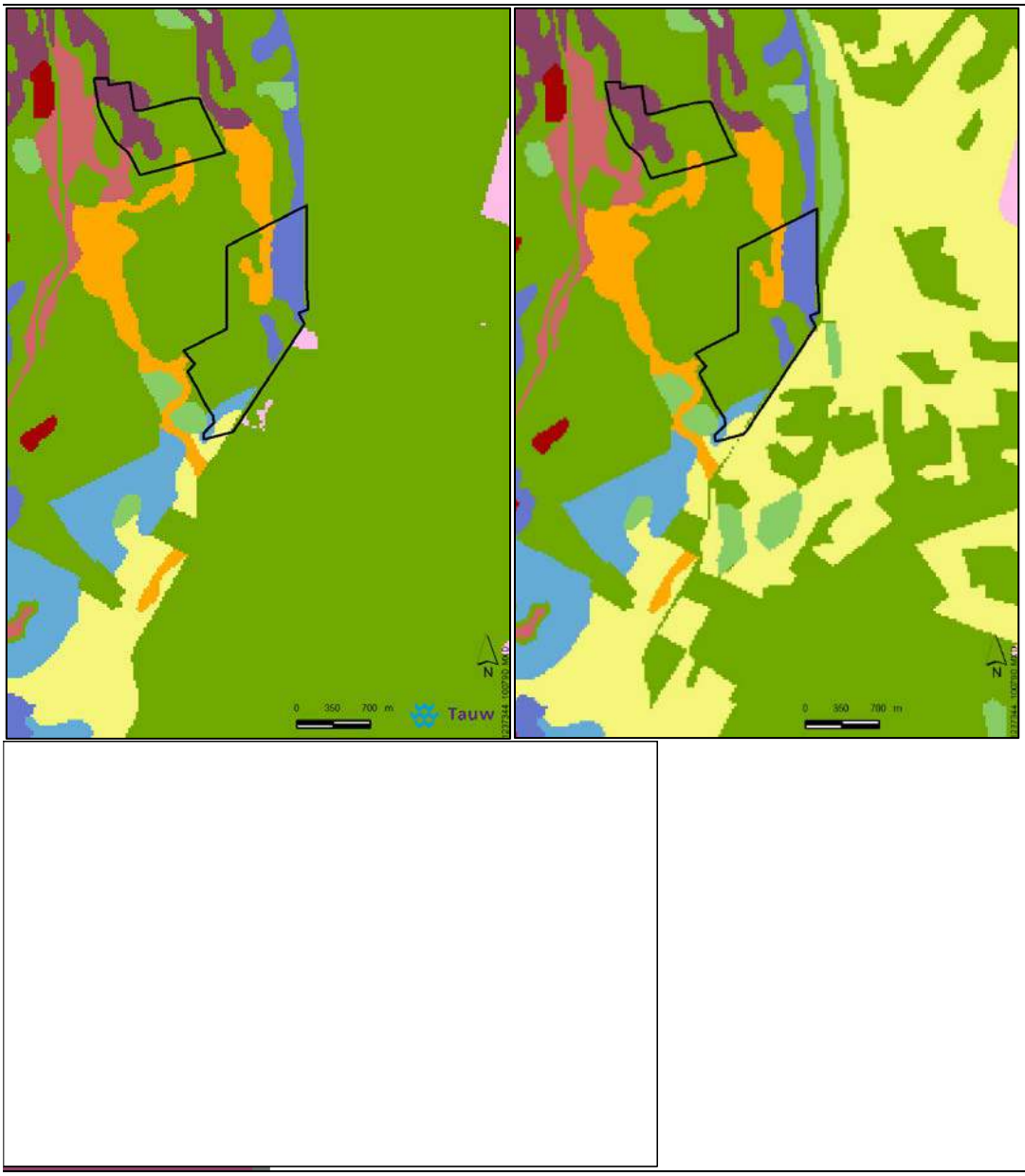
De dikte van de wortelzone in Duitsland voor akkerbouw was groter dan in Nederland voor hetzelfde landgebruik. Daarom is deze aangepast naar dezelfde waarde die in Nederland wordt gebruikt (35 cm), zie figuur 2.7.



Figuur 2.7 Dikte wortelzone (cm) WRD2014 (links) en aangepast (rechts)

Uit figuur 2.8 blijkt dat dat in het WRD2014 model als bodemklasse in Duitsland zwak lemige podzolgronden zijn ingevoerd. Uit de bodemkaart[9] blijkt dat in grote delen van het gebied in werkelijkheid lemiger zijn. Daarom is de bodemkaart omgezet naar bodemklassen en in het model ingevoerd. De rechter figuur geeft het aangepaste bestand weer.

[9] Generalized soil map (1:50000), https://nibis.lbeg.de/cardomap3/public/ogc.ashx?NodeId=589&Service=WMS&Request=GetCapabilities&

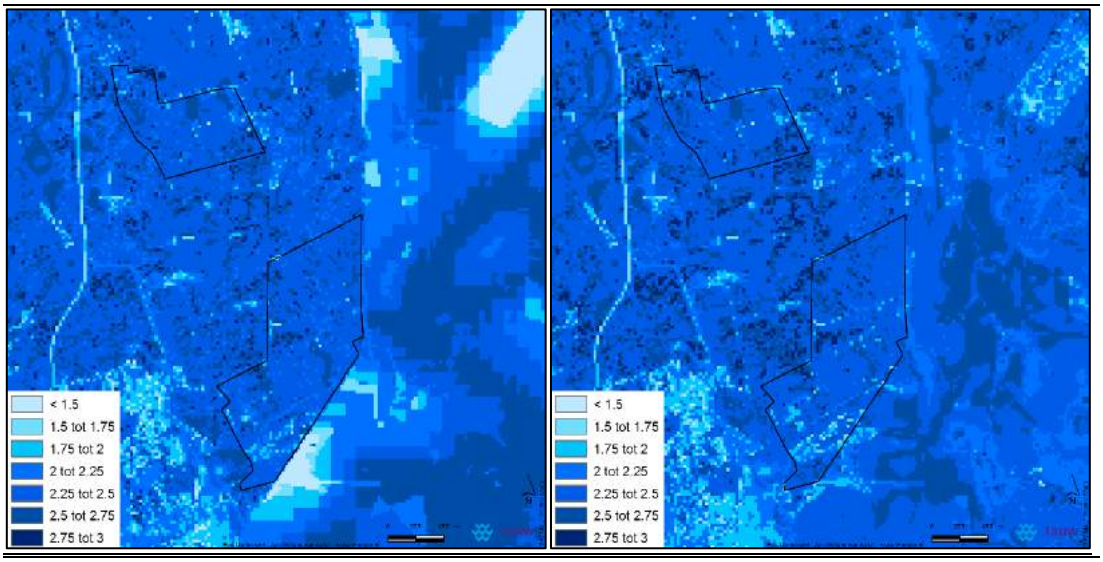


Figuur 2.8 BOFEK2012-klasse WRD2014 (links) en aangepast (rechts)

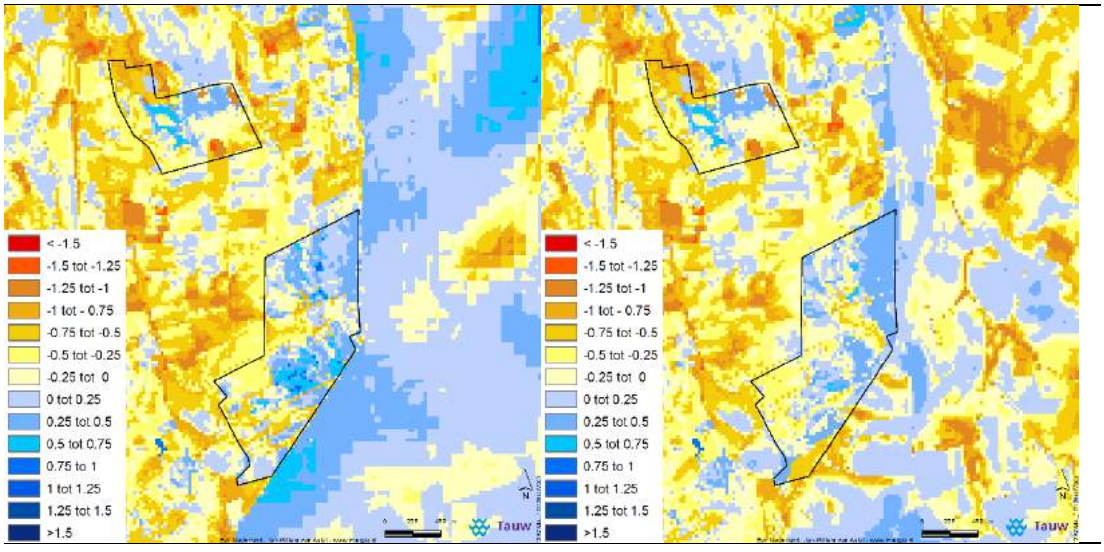
Resultaat aanpassingen

Figuur 2.9 en 2.10 tonen de gemiddelde berekende grondwateraanvulling in de winter en zomer met het WRD2014 model en het aangepaste model. Uit de figuren blijkt dat er geen scherpe

overgang meer is tussen Nederland en Duitsland en dat de berekende grondwateraanvulling in Duitsland nu vergelijkbaar is met die in Nederland.



Figuur 2.9 Gemiddelde berekende grondwateraanvulling (mm/dag) in de de winter met origineel model (links) en aangepast model (rechts)

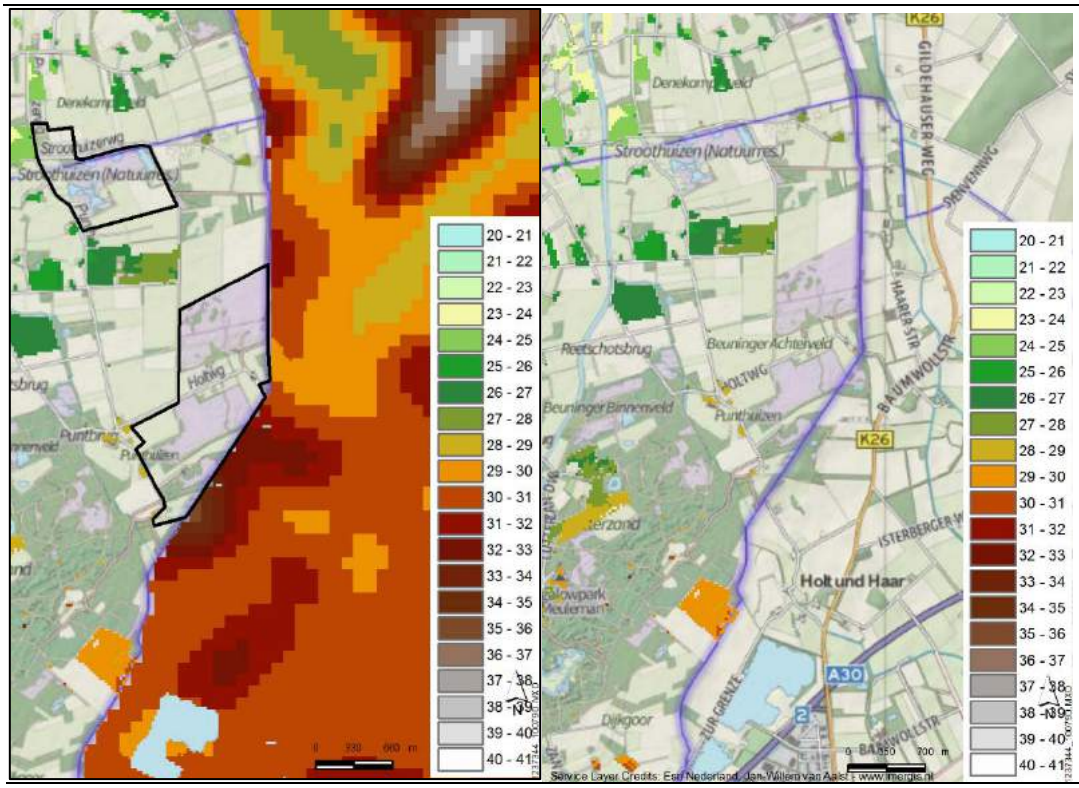


Figuur 2.10 Gemiddelde berekende grondwateraanvulling (mm/dag) in de de zomer met origineel model (links) en aangepast model (rechts)

2.4.3 Aanpassing buisdrainage en overlandflow in Duitsland

Buisdrainage

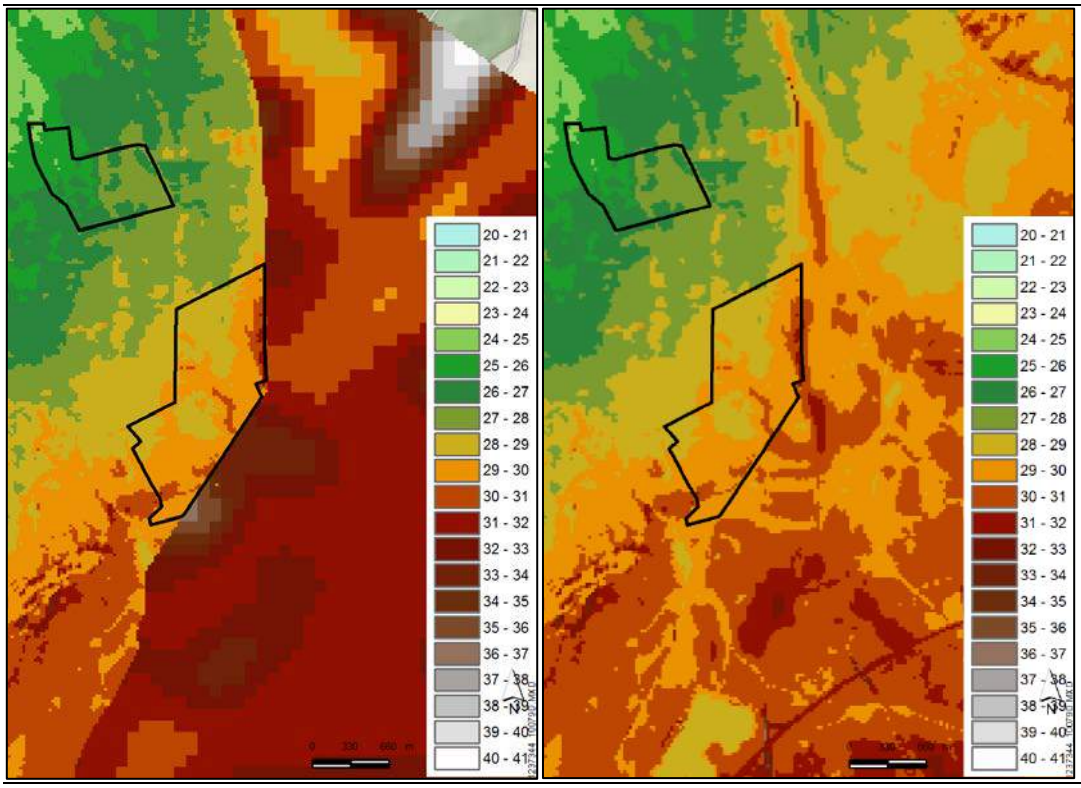
In Duitsland is in het grondwatermodel vlakdekkende buisdrainage aanwezig. Deze buisdrainage is verwijderd, omdat bij een veldbezoek is gebleken dat er geen drainage is. In plaats van buisdrainage zijn diepe watergangen aangelegd voor de afwatering. Het aangepaste drainagebestand is weergegeven in figuur 2.11.



Figuur 2.11 Niveau buisdrainage WRD2014 (links) en aangepast (rechts)

Niveau overlandflow op basis van maaiveldhoogte

Op basis van de nieuwe maaiveldhoogte in Duitsland is het niveau van de overlandflow (afstroming van water over maaiveld) aangepast. Het niveau van de overlandflow is het maaiveld plus 2 cm. Dit is een vuistregel die voor het MIPWA en WRD2014 model gehanteerd. Het aangepaste niveau is weergegeven in figuur 2.12.



Figuur 2.12 Niveau overlandflow (m NAP) WRD2014 (links) en aangepast (rechts)

2.4.4 Waterlopen in Duitsland

Ter plaatse van Punthuizen wordt de GLG te hoog berekend doordat het ontwateringsniveau in Duitsland te hoog is in het model. Dit komt omdat het ontwateringsniveau in het originele model is ingevoerd ten opzicht van het te hoge maaiveldbestand in Duitsland. Daarom zijn de waterlopen bestanden in Duitsland aangepast. De aanpassingen zijn uitgevoerd vanaf het industriegebied bij Bad Bentheim in het zuiden tot aan het punt waar de Rammelbeek de Nederlandse grens over gaat.

De bronnen voor de aanpassingen zijn:

- Dwarsdoorsneden/profielen Rammelbeek, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Berechnung des Überschwemmungsgebietes Rammelbecke von km 13+400 bis km 19+300, 20 December 2007
- Waterschap Regge & Dinkel, Uitwerking haalbaarheid waterlichaam Puntbeek, d.d. 15 februari 2013 (inclusief gemeten bodemhoogte op meerdere punten)
- Locatie waterlopen: http://www.umweltkarten-niedersachsen.de/arcgis/services/Hydro_wms/MapServer/WMSServer?

- Maaiveldhoogtebestand Duitsland (DMG25) (25 bij 25 m)
- Globale afmetingen watergangen en locatie watergangen: Veldbezoek in juni 2016

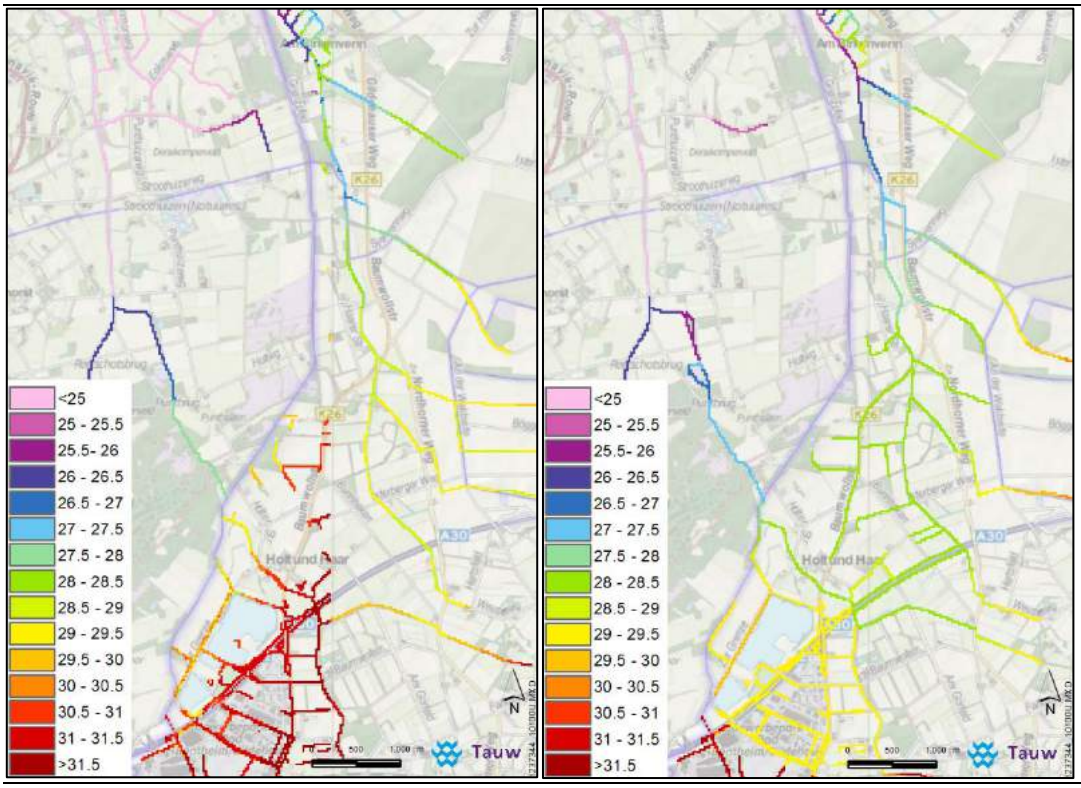
Locatie watergangen
Op basis van de wms van Umweltkarten Niedersachsen en het veldbezoek is de locatie van de waterlopen aangepast.

Peilen en bodemhoogte
Als eerste zijn de Puntbeek en de Rammelbeek in het model gezet en daarna de watergangen die er op afwateren. De Rammelbeek is in drie stukken verdeeld waarbij de bodemhoogte voor het begin en eind van het stuk uit de profielen zijn overgenomen. Tussen het begin en eindpunt is geïnterpoleerd. Uit het veldbezoek in juni 2016 bleek dat de waterdiepte in Rammelbeek ongeveer 50 cm was. Daarom is voor het zomerpeil de bodemhoogte plus 0,5 m aangehouden. Voor het winterpeil is op basis van gebiedskennis binnen het kennisteam de bodemhoogte plus 1 m gekozen.

Het Duitse gedeelte van de Puntbeek is in 2 stukken opgedeeld. De bodemhoogte is overgenomen van de inmetingen. Het winter- en zomerpeil zijn overgenomen uit de haalbaarheidsrapportage van waterschap Regge & Dinkel.

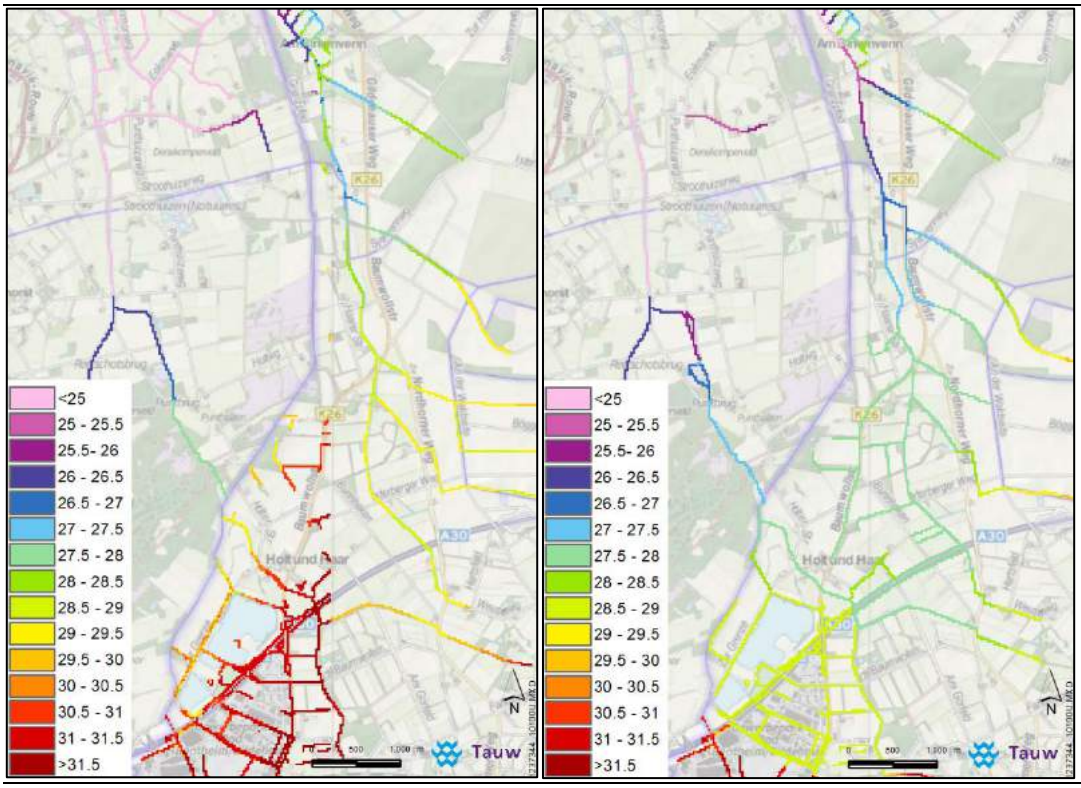
Tijdens het veldbezoek bleek dat de watergangen in Duitsland erg diep zijn (bodemhoogte 2 tot 3 m –mv). Daarom zijn de zomerpeilen zo laag mogelijk gehouden met als voorwaarde dat ze nog wel afwateren op de Rammelbeek of Puntbeek. Dit betekent dat het zomerpeil bovenstrooms in deze watergangen slechts 10 cm hoger ligt dan benedenstrooms waar de watergang op de Rammelbeek of Puntbeek afwatert. Voor de bodemhoogte is 0.5 m minus het zomerpeil aangehouden. Voor het winterpeil is dezelfde methode aangehouden.

Figuur 2.12 geeft het aangepaste winterpeil weer. Hieruit blijkt dat het peil in het aangepaste model lager is dan in het originele model. Met name in de omgeving van Punthuizen het industriegebied van Bad Bentheim zijn de peilen sterk verlaagd met circa 2 m.



Figuur 2.12 Winterpeil (m NAP) origineel (links) en aangepast (rechts). (weergegeven zijn waterlopen in Duitsland en leggerl in NL).

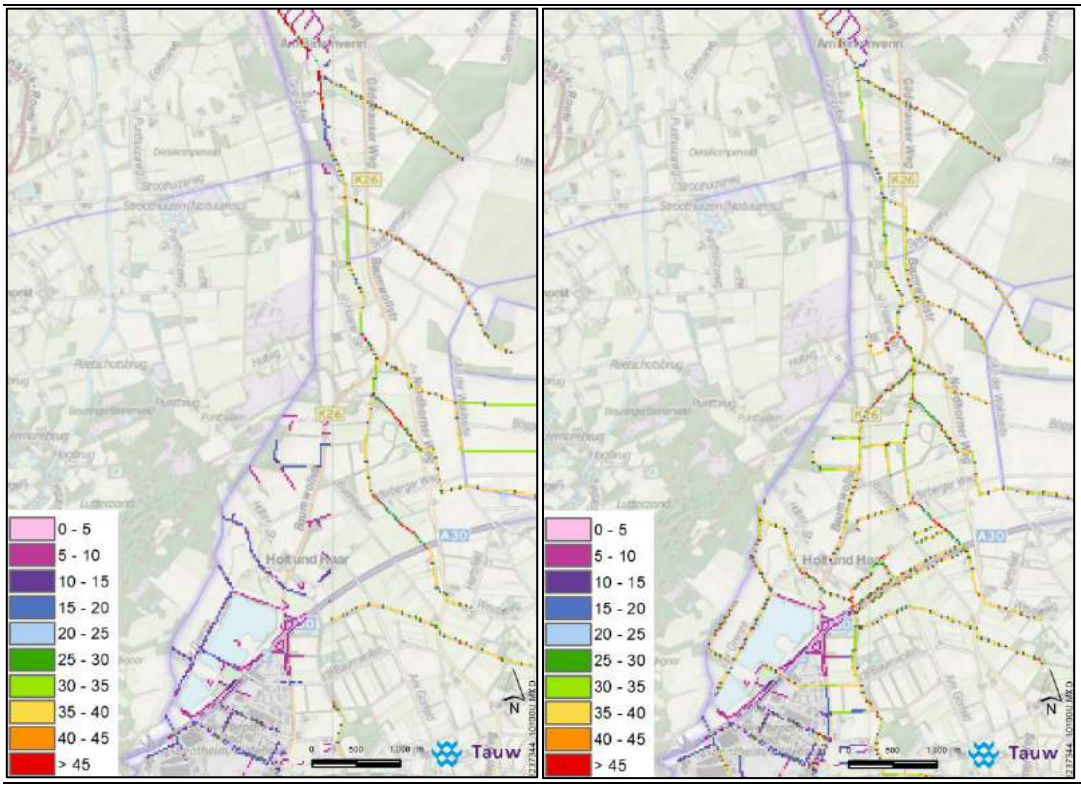
Figuur 2.13 toont de aangepaste zomerpeilen. Ook voor het zomerpeil geldt dat de peilen overal verlaagd zijn.



Figuur 2.13 Zomerpeil (m NAP) origineel (links) en aangepast (rechts). (weergegeven zijn waterlopen in Duitsland en leggerl in NL).

Conductance

De waarde van de conductance is overgenomen van de conductance van het originele model. De aangepaste conductance is weergegeven in figuur 2.14.



Figuur 2.14 Conductance (m2/dag) WRD2014 (links) en aangepast (rechts)

Infiltratiefactor

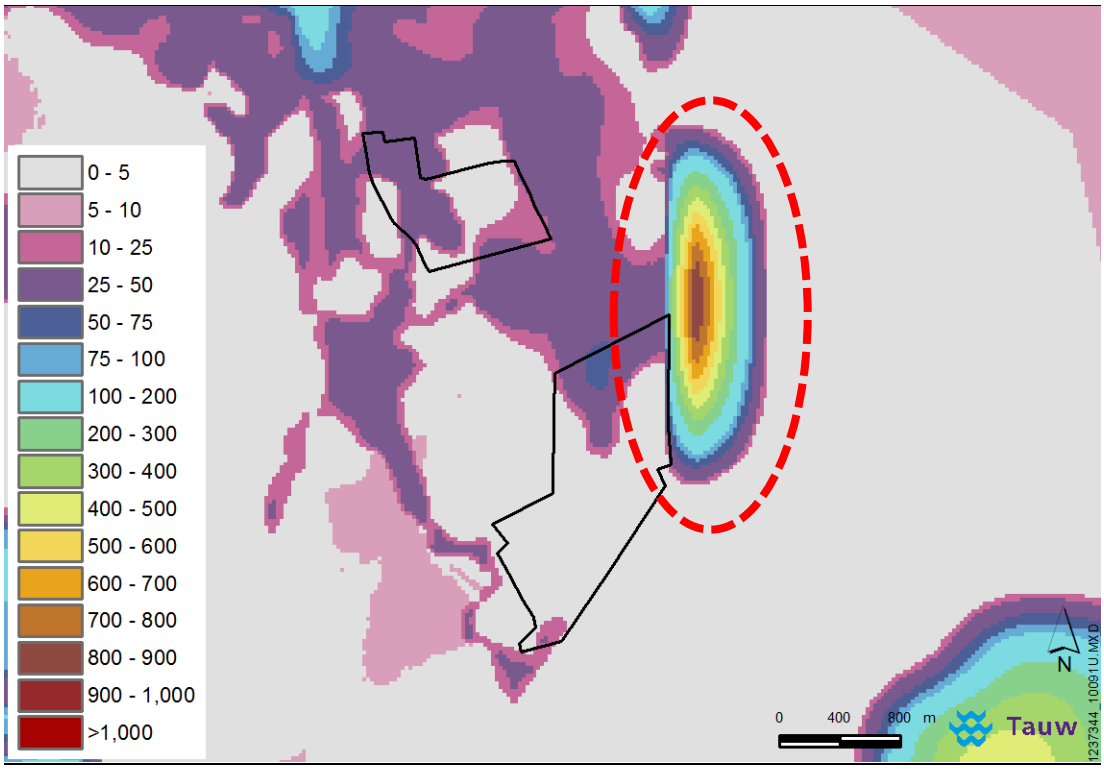
Net als in het originele model is een infiltratiefactor van 0.33 aangehouden.

2.4.5 Controle geologie en bodemopbouw

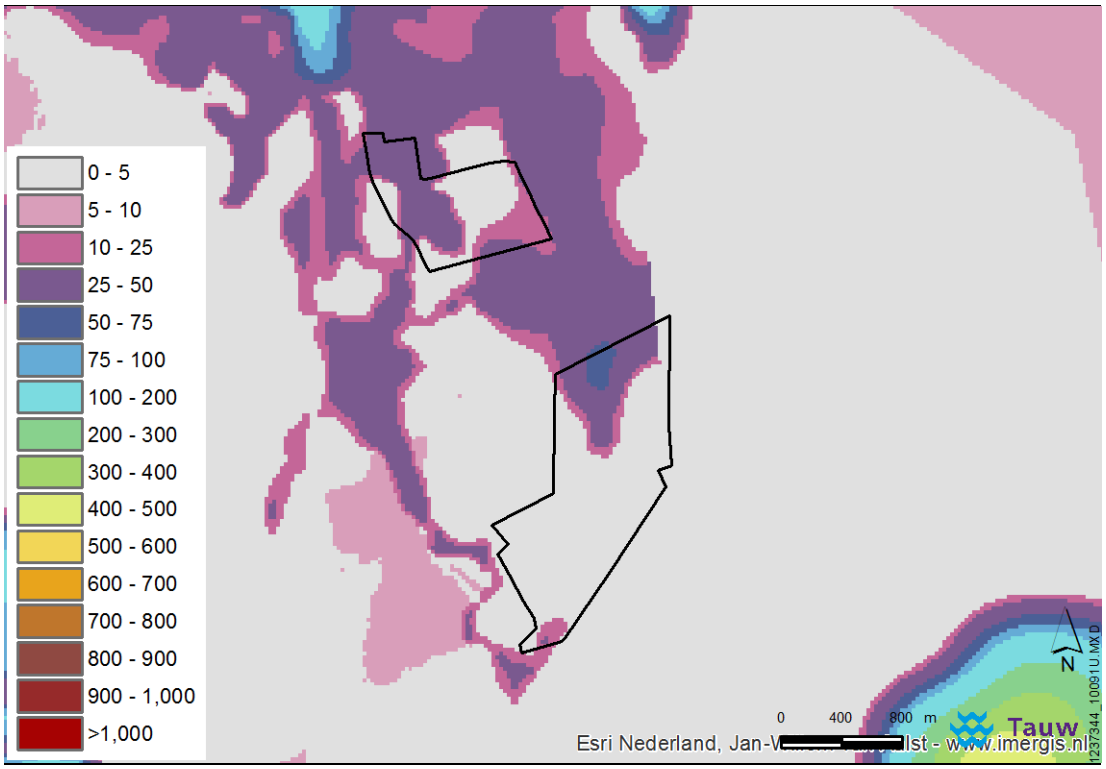
De ondiepe en middeldiepe laagopbouw van het model zijn vergeleken met ondiepe en diepe boringen[10] in het Duitse gedeelte.

Figuur 2.15 toont de originele c1 (C-waarde van modellaag 1) van het WRD2014 model. Uit de geologische karteringsboringen (kartenserver Niedersachsen) blijkt dat ter plaatse van de rode ovaal geen weerstandsbiedende lagen ondiep in de bodem voorkomen (eerste 2 m). Daarom is besloten om die weerstand te verwijderen. Het nieuwe inputbestand van de c1 is weergegeven in 2.16.

[10] http://nibis.lbeg.de/cardomap3/#



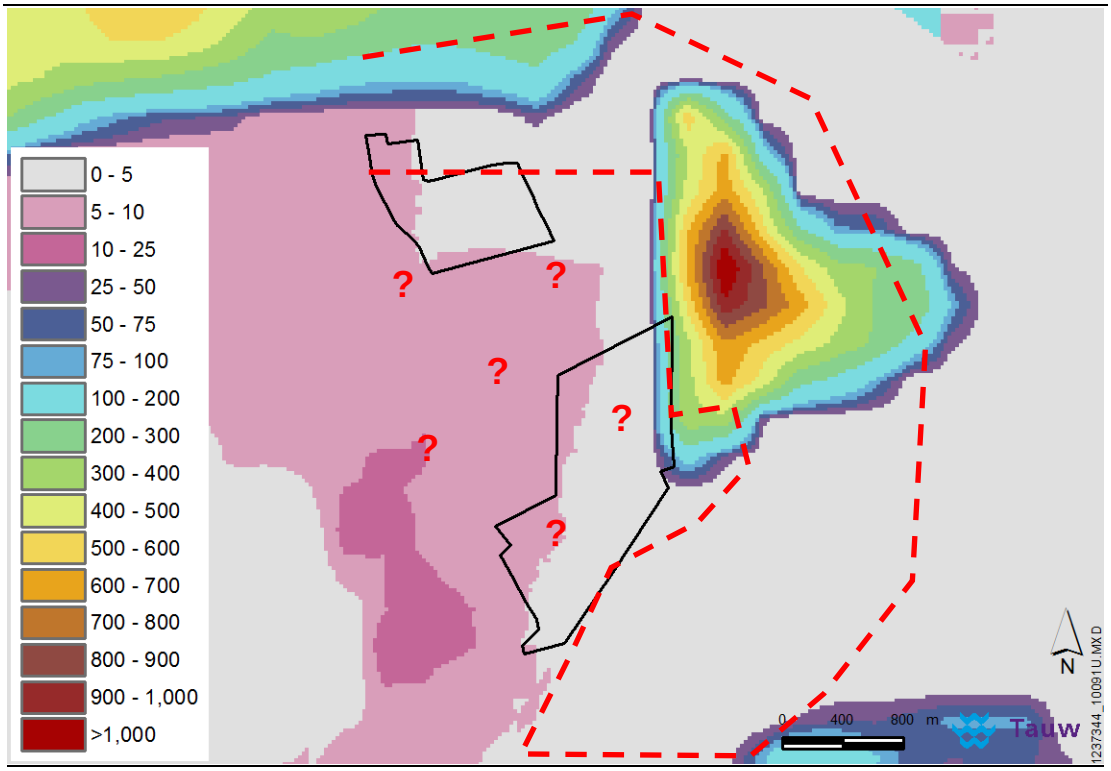
Figuur 2.15 C-waarde modellaag 1 WRD2014



Figuur 2.16 C-waarde modellaag 1 aangepast model

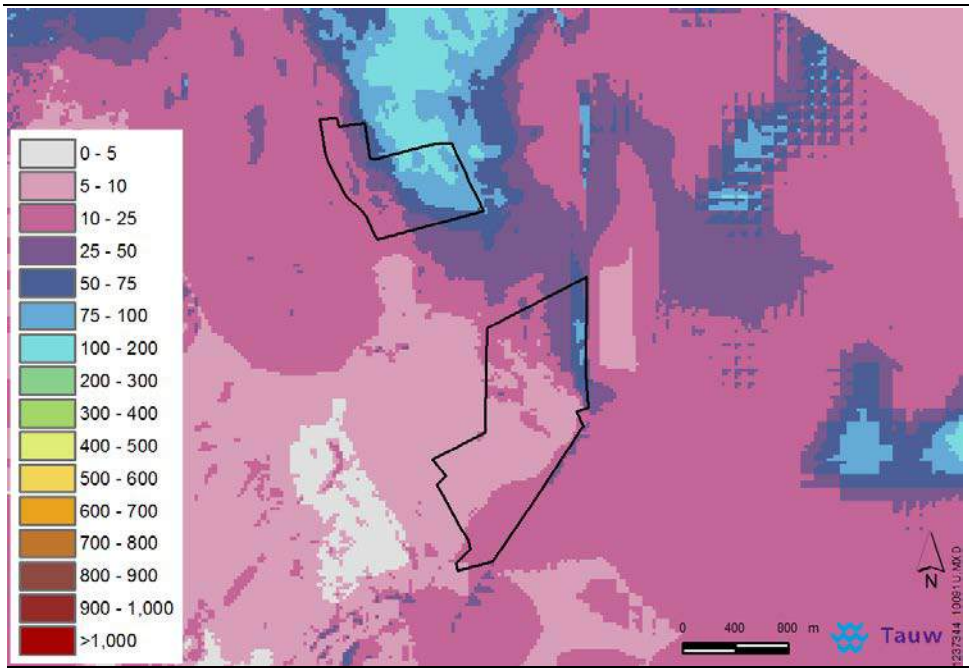
Figuur 2.17 toont de weerstand in modellaag 2 (de Brørup-laag) van het originele WRD2014 model. Volgens de Duitse boringen komt er op een diepte van +20 tot 0 m NAP weerstandsbiedende lagen voor (schluff, schlufstein, ton, tonstein). Deze weerstandsbiedende lagen komen echter in een groter gebied voor dan in het model is weergegeven, zie rode stippellijn. In Nederland is door het ontbreken van diepe boringen niet bekend tot hoever deze scheidende laag zich uitstrekt.

De vraag is hoe groot het effect van een niet plausibele c2 is voor de berekende hydrologische effecten ter plaatse van het N2000-gebied. De maatregelen die gepland zijn, zijn maatregelen in het oppervlaktewaterstelsel en dus in het freatisch pakket. Om te onderzoeken of het noodzakelijk is om de c2 aan te passen is een modelrun uitvoert met de c2 in figuur 2.17 en één waarbij de hogere weerstand zich uitstrekt in het hele gebied binnen de stippellijnen. Uit het verschil tussen de effecten op de GHG en GLG van de korte termijn maatregelen is kleiner dan 5 cm en dus verwaarloosbaar. Daarnaast blijkt uit meetgegevens van peilbuis B29A0072 dat er geen significante weerstand aanwezig is tussen modellaag 2 en dieper. In bijlage 9 wordt uitgebreider ingegaan op het effect van de c2 op de modelresultaten.

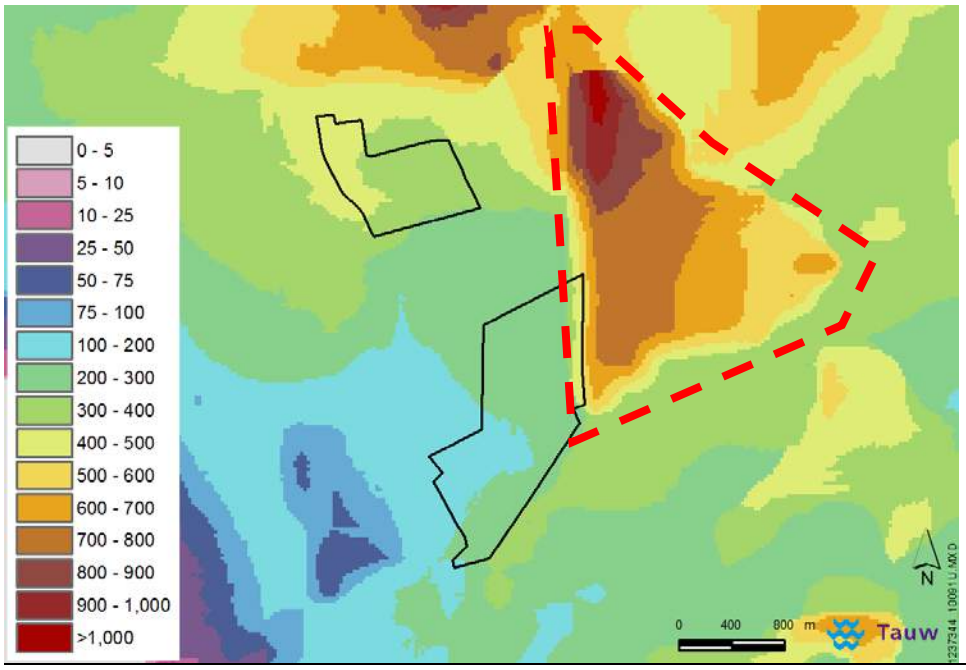


Figuur 2.17 C-waarde modellaag 2 (de Brørup-laag) WRD2014

Figuren 2.18 en 2.19 tonen respectievelijk de kD van modellaag en 1 en 2. De kD1 vertoont in Duitsland een vreemd ruimtelijk patroon, maar qua waarde komen die overeen met Nederland. Daarom wordt niet verwacht dat dit effect heeft op de effectberekeningen. Figuur 2.19 toont een driehoek in Duitsland met een relatief hoog doorlaatvermogen in modellaag 2 (kD2). Omdat de kD2 vrij hoog is in het onderzoeksgebied (>100 m2/dag), wordt het effect van deze driehoek op het projectgebied gering geacht.



Figuur 2.18 kD- waarde (m2/dag) modellaag 1 WRD2014



Figuur 2.19 kD- waarde (m2/dag) modellaag 2 WRD2014

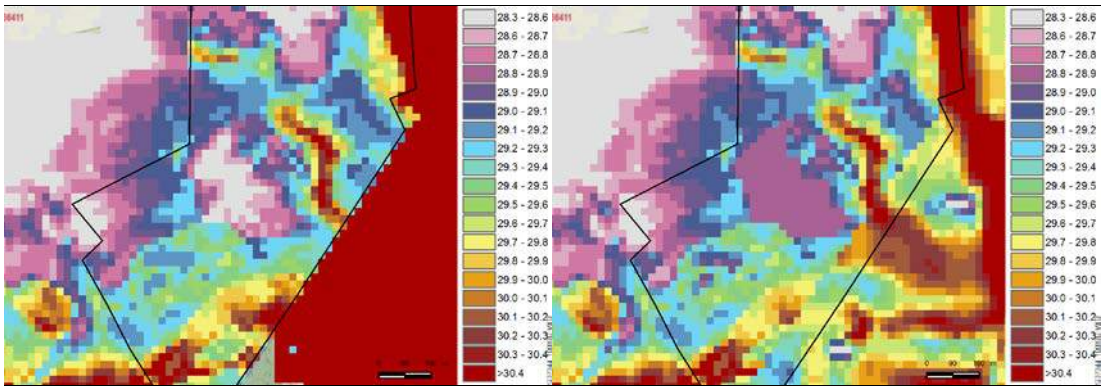
2.5 Punthuizen

2.5.1 Overloopniveau

Uit de gemaakte tijdstijghoogtelijnen (zie bijlage 6) blijkt dat in de winter de berekende grondwaterstand lager is dan de gemeten grondwaterstand. Hieruit wordt afgeleid dat het overloopniveau in Punthuizen in het model afwijkt van de werkelijkheid. Daarom is het niveau van de overlandflow (afstroming over maaiveld) aangepast. Dit is op basis van de volgende gegevens gedaan:

- De tijdstijghoogtelijnen ter plaatse van Punthuizen
- Het AHN2 in combinatie met luchtfoto's van de wintersituatie
- Het niveau van het stuwtje (NAP 28,8 m)

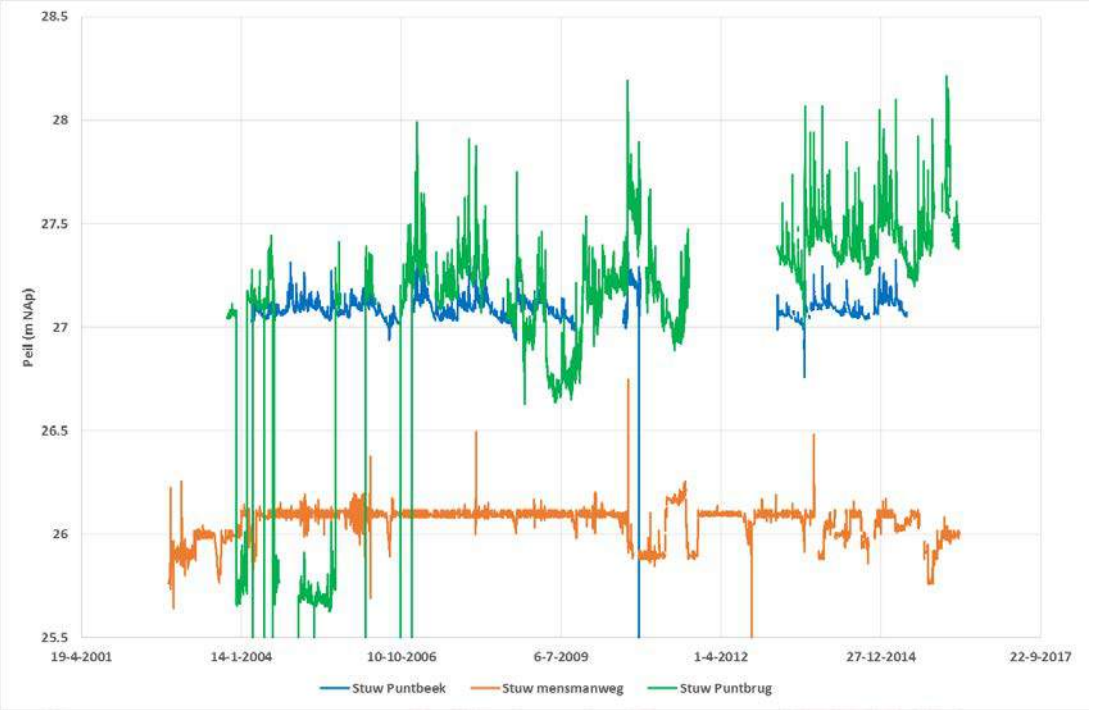
Op basis van deze gegevens is geconcludeerd dat het overloopniveau circa NAP 28,8 m is. Het huidige niveau in het model is circa NAP 28,3 m. Figuur 2.20 toont de originele en aangepaste overlandflow.



Figuur 2.20 Niveau overlandflow WRD2014 (links) en aangepast (rechts)

2.6 Winterpeil Puntbeek

De opgeleverde winterpeilen van de Puntbeek blijken in de wintersituatie niet juist te zijn. Dit blijkt uit de metingen weergegeven in figuur 2.21. H et is bij waterschap Vechtstromen de vuistregel dat het gemiddelde winterpeil bij 1/4Q voor komt. We hebben echter geen debietsmetingen, dus is als benadering 1/4h (h=peil) genomen. In tabel 2.3 zijn deze peilen weergegeven in combinatie met de oude winterpeilen die afgeleid zijn van de foutieve stuwpeilen. Met de nieuwe winterpeilen is het winterpeil in het model aangepast.



Figuur 2.21 Gemeten waterpeil in de Puntbeek

Tabel 2.3 Geschat winterpeil

Locatie stuw	Winterpeil volgens meetdata (peil bij ¼ H) (m NAP)	Aangeleverd winterpeil (m NAP)
Mensmanbrug	26,1	26,1
Stuw ten noorden van Puntbrug	27,1	27,05
Puntbrug	27,4	27,2

2.7 Validatie aangepast model

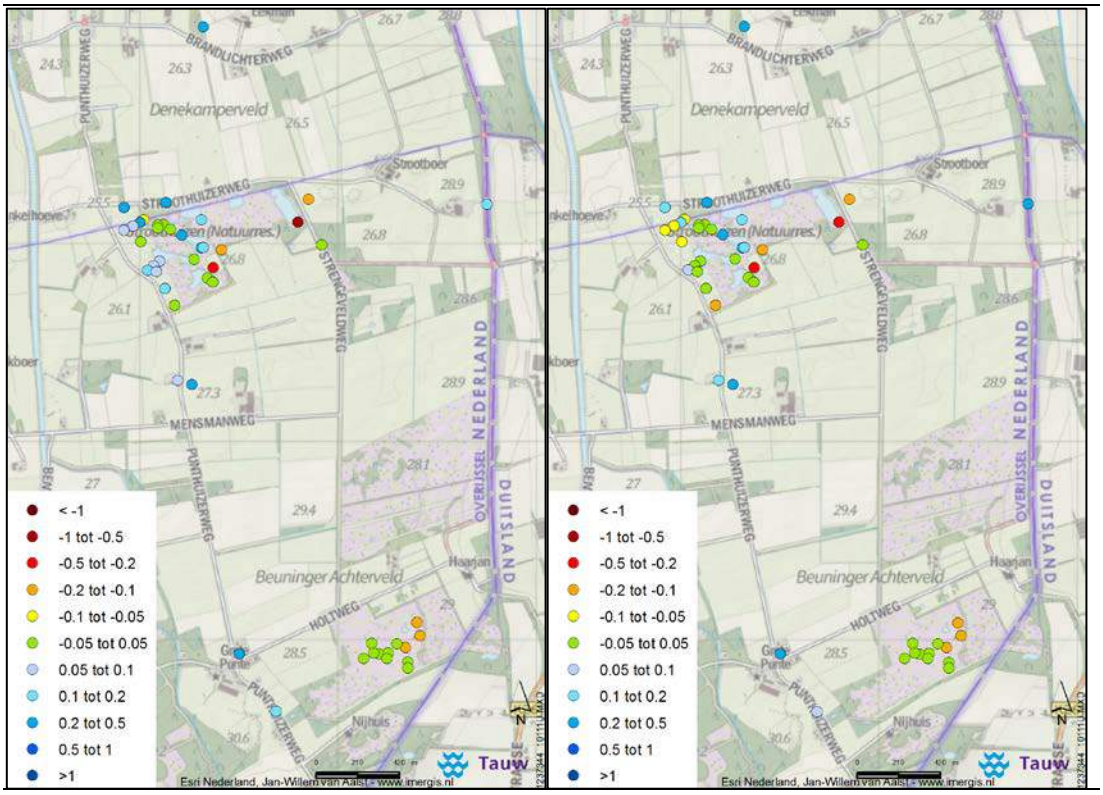
Figuur 2.22 en 2.23 tonen de residuen voor de GHG en GLG voor het originele en aangepaste model. Er zijn meetpunten die alleen voor de GHG-situatie zijn weergegeven, omdat in de GLG-situatie een aantal peilbuizen frequent droogval vertonen. Deze buizen zijn niet meegenomen op de kaart met residuen voor de GLG-situatie.

Uit figuur 2.23 valt op dat in de laagte van Punthuizen de residuen van de GLG kleiner dan 5 cm zijn. In figuur 2.24 zijn een aantal voorbeelden van de tijdstijghoogtelijnen weergegeven, waarbij

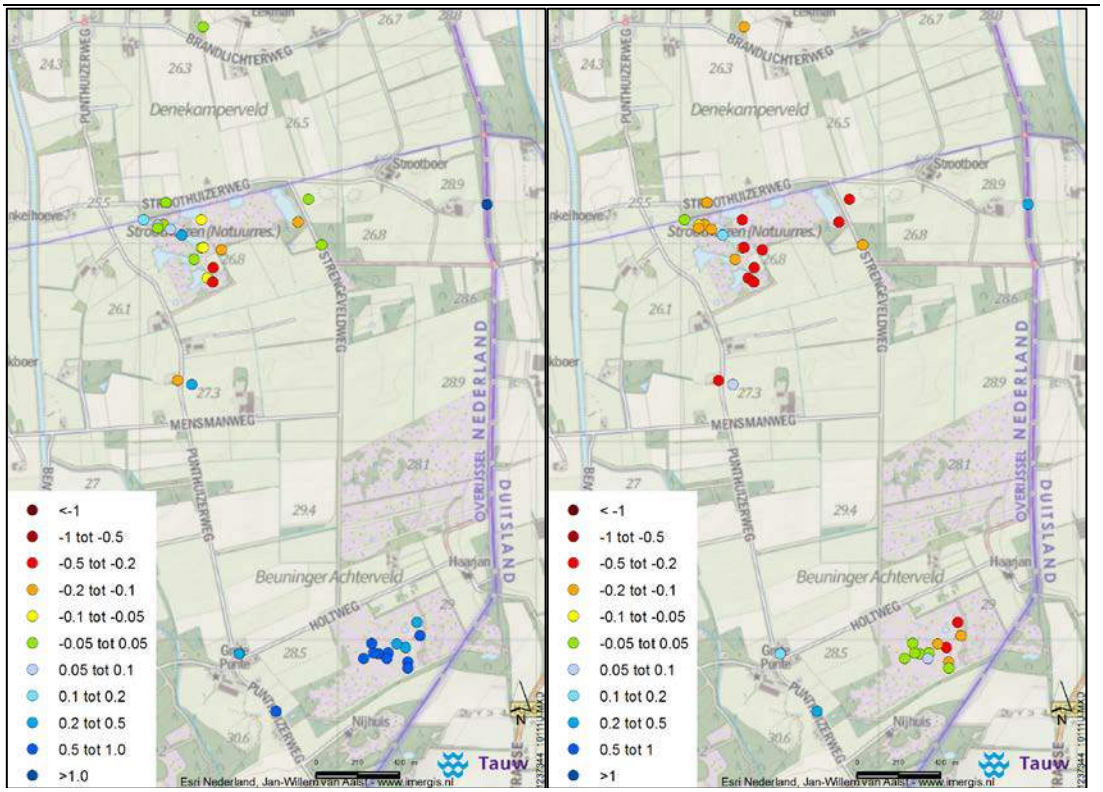
rood het geactualiseerde model is en blauw het model met de laatste aanpassingen. Hierin is ook een sterke verbetering van de berekende grondwaterstand in de zomer zichtbaar. Verder tonen de tijdstijghoogtelijnen dat het niveau in de winter verbeterd is door de aanpassing van de overlandflow. Op de dekzandruggen zijn echter de berekende GHG en GLG nog te laag.

Uit figuur 2.22 blijkt dat ter plaatse van Stroothuizen de berekende GHG varieert van te laag naar te hoog. In het westen van Stroothuizen zijn de residuen beperkt. Ten westen van het Oortven is een uitbijter met een residu van circa 70 cm in de GHG-situatie. In de GLG-situatie is de afwijking 106 cm. Uit nadere analyse van de tijdstijghoogtelijn blijkt dat er meetgaten in de zomer voorkomen en dat de maaiveldhoogte afwijkt (circa 20 cm) van het AHN2. Bovendien ligt deze peilbuis, net als die direct ten zuiden van het Oortven op een locatie met een sterke gradiënt waardoor de maaiveldsvariatie rondom de peilbuis groot is. In natte perioden treedt op deze locatie inundatie op (oppervlaktewaterniveau ven stijgt) waardoor ook de bergingscoëfficiënt in een rol speelt in het werkelijke grondwaterstandsverloop.. De grote afwijkingen op deze locaties worden vanwege meetfouten, de sterke lokale gradiënt (lokale variatie in maaiveldhoogte) met inundatie in natte perioden niet als maatgevend beschouwd voor de kwaliteit van het grondwatermodel. Opvallend is dat berekende GLG vrijwel overal te laag is in Stroothuizen. Hiervoor kunnen meerdere oorzaken zijn: foutief overloopniveau en de diepere en/of de ondiepe bodemopbouw in het model kan afwijken van de werkelijkheid. Er zijn in dit gebied rondom Stroothuizen echter te weinig boringen (met beschrijvingen) of sonderingen om de bodemopbouw in het model te kunnen verbeteren.

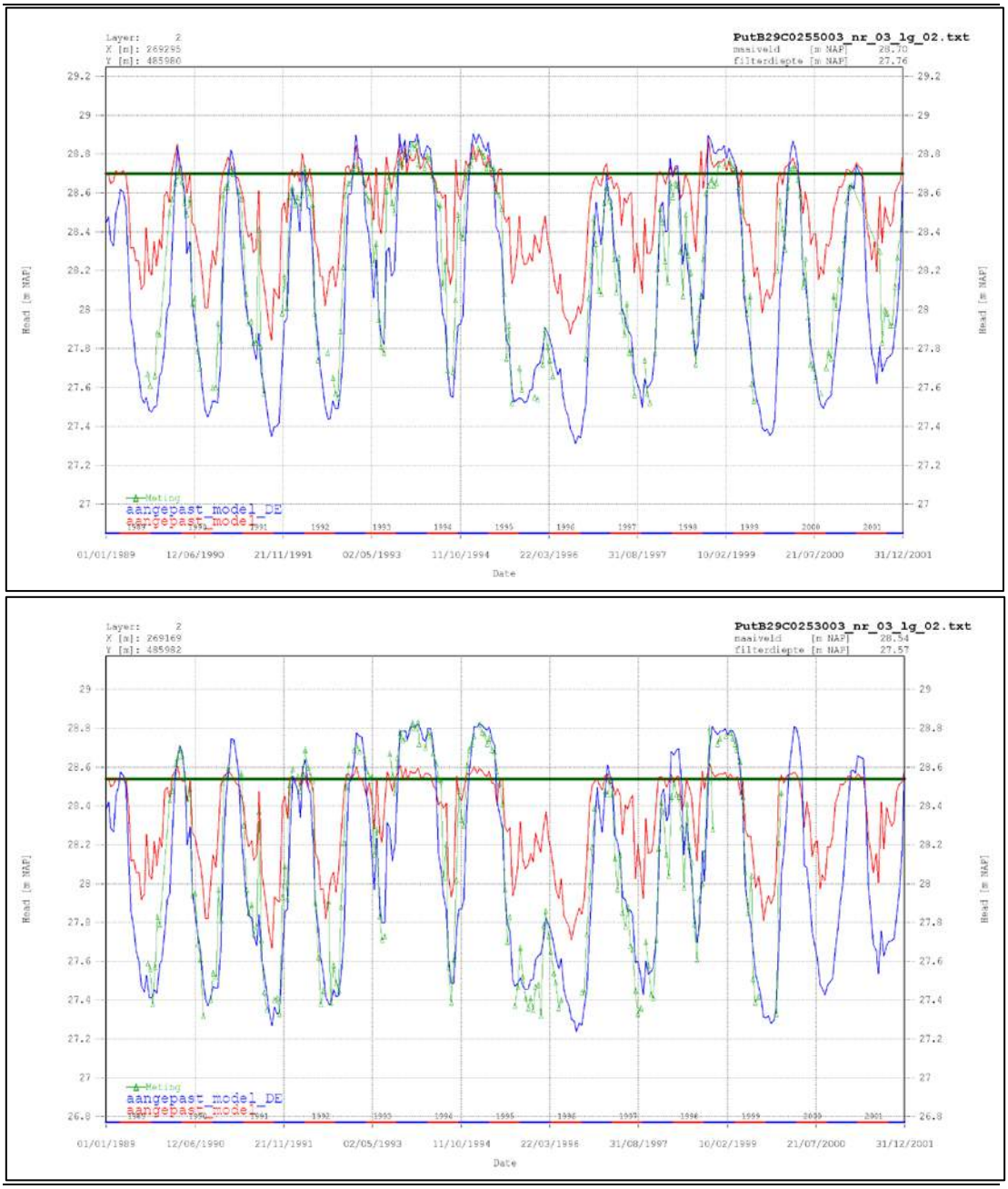
Ter plaatse van de peilbuis op de grens met Duitsland wordt de grondwaterstand nog steeds te hoog berekend, maar door de verdere aanpassingen van model is de afwijking wel afgenomen met circa 60 cm. Er zijn ook vier peilbuizen aan de Punthuizerweg. De afwijkingen bedragen hier -25 cm tot +42 cm. Alle vier liggen dicht bij een watergang. Dit is vermoedelijk de oorzaak van de relatief grote residuen. De grondwaterspiegel zal hier een sterk verhang vertonen doordat door het diep peil van de waterlopen en de relatief lage doorlatendheid van de fijnzandige bodem hier. De modelresolutie is 25x25m dus vlak bij een waterloop zal het model dat scherpe verhang niet volledig correct volgen. Dit is voor de modelperformance geen probleem.



Figuur 2.22 Residuen (m) GHG origineel model (links) en aangepast model (rechts)

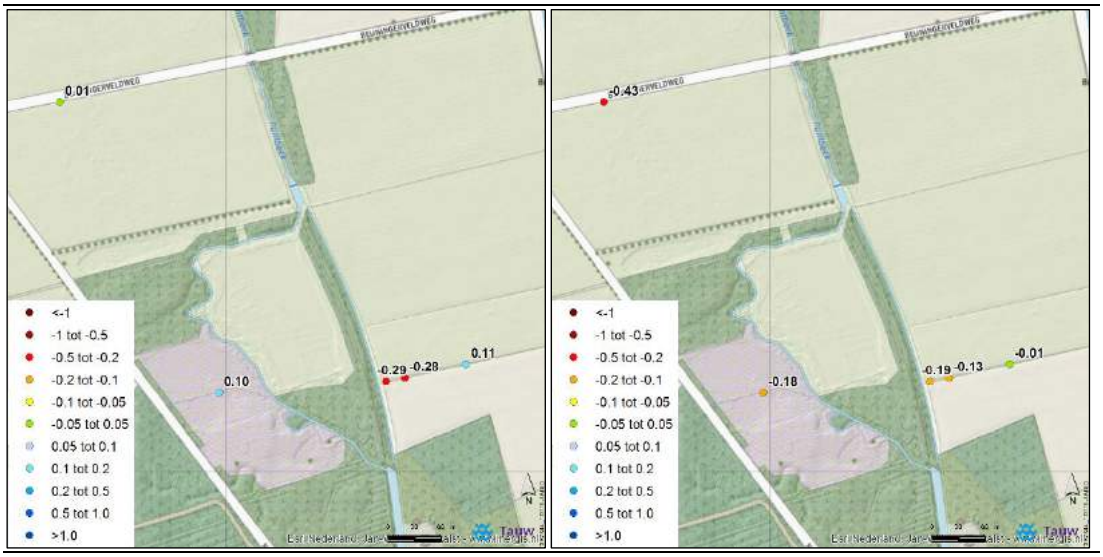


Figuur 2.23 Residuen (m) GLG origineel model (links) en aangepast model (rechts)



Figuur 2.24 Tijdstijghoogtelijnen van laagte ter plaatse van Punthuizen

[Het waterschap heeft na 2001 (einde modelperiode) een aantal peilbuizen bij de Puntbeek geplaatst. Daarom is voor deze peilbuizen de GHG en GLG berekend voor de meetperiode 2002 t/m 2015. Deze zijn vergeleken met de GHG en GLG van het model (periode 1989 t/m 2001), zie figuur 2.25. In de omgeving van de Puntbeek wordt de GLG te laag berekend. Mogelijk is het peil van de Puntbeek in de zomer, dat is ingeschat op basis van stuwpeilen, te laag in het model. Uit de gemeten peilen (figuur 2.17) blijkt ook dat in het verleden het zomerpeil niet is gehandhaafd. Bij de puntbrug is het zomerpeil hoger dan het winterpeil, maar uit de grafiek blijkt dat jaarrond het winterpeil is gehandhaafd. Ook in de winter bedragen de residuen ter plaatse van twee peilbuizen vlak bij de Puntbeek circa -30 cm. Uit de grafiek blijkt ook dat het gemeten waterpeil jaarrond bij de Puntbrug relatief variabel is ten opzichte van de andere stuwen. In het model is een vast zomer- en winterpeil opgelegd die alle jaren gelijk is. Mogelijk is dit ook een van de oorzaken van de relatief grote residuen in de omgeving van de Puntbrug.



Figuur 2.25 Residuen (m) GHG (links) en GLG (rechts)

2.7.1 Conclusie

Het aangepaste grondwatermodel wordt voldoende geacht voor effectberekeningen,

Uit de tijdstijghoogtelijnen en de residuen wordt het volgende geconcludeerd:

- Door het actualiseren van het model is de performance over het algemeen beter geworden.
- Ter plaatse van Stroothuizen is een afwijking van de GLG relatief groot. Het model wordt hier echter wel goed genoeg geacht om effectberekeningen mee uit te voeren, omdat het systeemfunctioneren van gebied wordt goed gesimuleerd. Dit blijkt uit de berekende tijdstijghoogtelijnen (dynamiek gemeten en berekend komen goed overeen) en de met het model berekende isohypsenpatronen en stroombanen.

- Ter plaatse van de peilbuizen op de percelen die vallen onder maatregel M30 is de performance van het aangepast model voldoende
- Ter plaatse van Punthuizen zijn de residuen voor de GLG sterk afgenomen door de aanpassingen die zijn gedaan aan het model.

3 Berekeningsresulaten maatregelen uit gebiedsanalyse

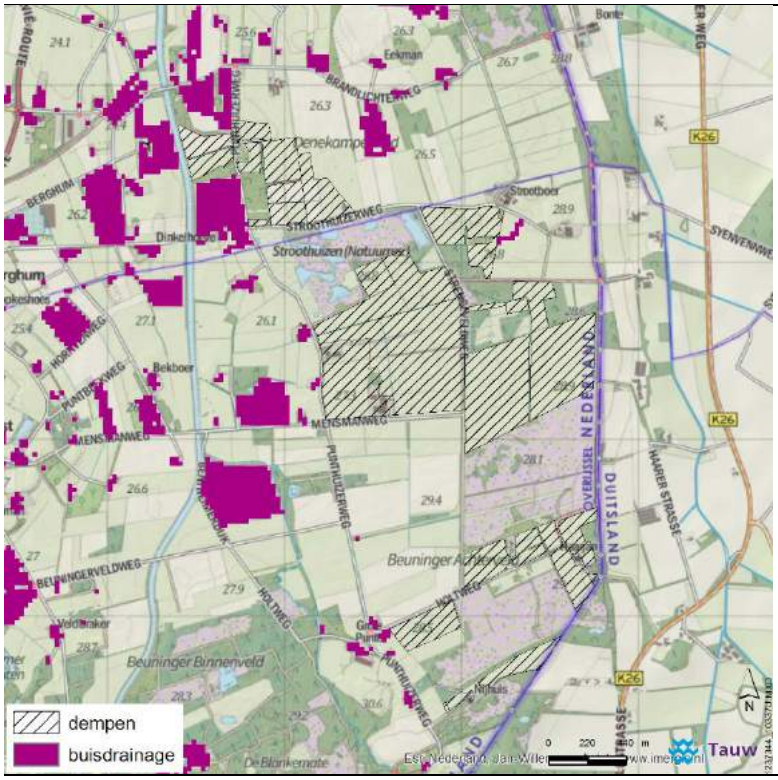
3.1 Korte termijn maatregelen

3.1.1 Aanpassingen model

De in de gebiedsanalyse[11] genoemde maatregelen zijn opgenomen in het model. De komende paragrafen beschrijven per onderdeel hoe de maatregelen in het model zijn verwerkt.

Verwijderen waterbuisdrainage

Binnen alle vlakken waarvoor is aangegeven dat de detailontwatering wordt verwijderd, is de buisdrainage in het model verwijderd. Het resultaat is weergegeven in figuur 3.1.

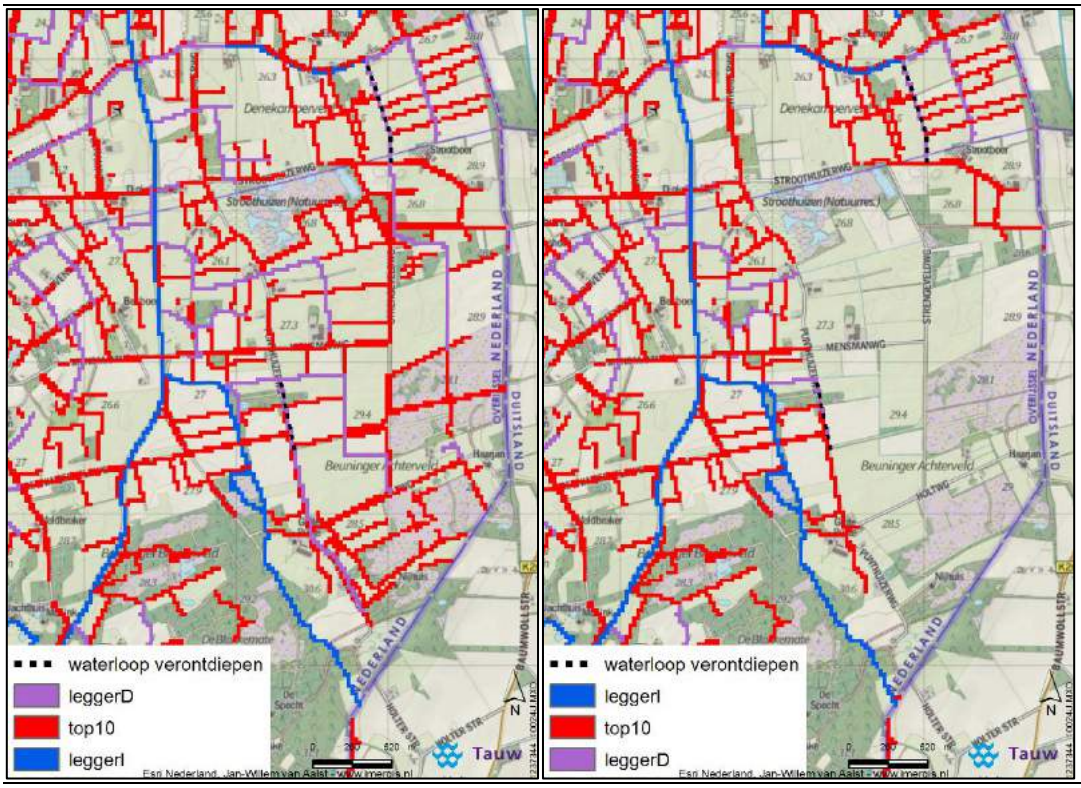


Figuur 3.1 Nieuw buisdrainagebestand bij korte termijn maatregelen PAS gebiedsanalyse

[11] Provincie Overijssel, Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Dinkelland, d.d. 18 november 2015

Dempen watergangen

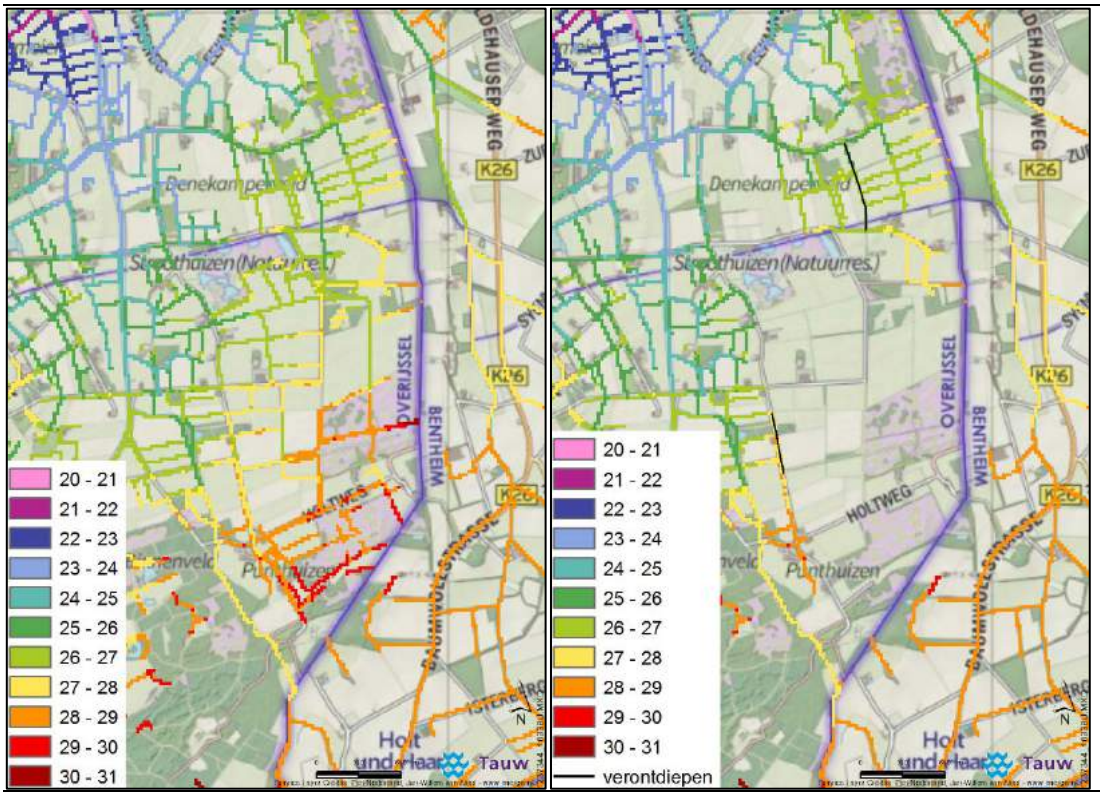
In figuur 3.2 zijn de watergangen voor en na verwerking van de korte termijn maatregelen in het model weergegeven. De volgens de gebiedsanalyse te dempen leggerwatergangen zijn verwijderd. Daarnaast zijn ook de top 10 watergangen binnen de percelen en aan de rand van de in de gebiedsanalyse aangegeven percelen verwijderd.



Figuur 3.2 Waterlopen in model voor (links) en na demping (rechts) PAS gebiedsanalyse

Verondiepen watergangen

Ter plaatse van de te verondiepen watergangen is voor de bodemhoogte de hoogte van de AHN (basisbestand bij model) minus 30 cm aangehouden. Daarnaast zijn de watergangen uit modellaag 2 verwijderd. Figuur 3.3 toont het winterpeil voor en na de verondieping.

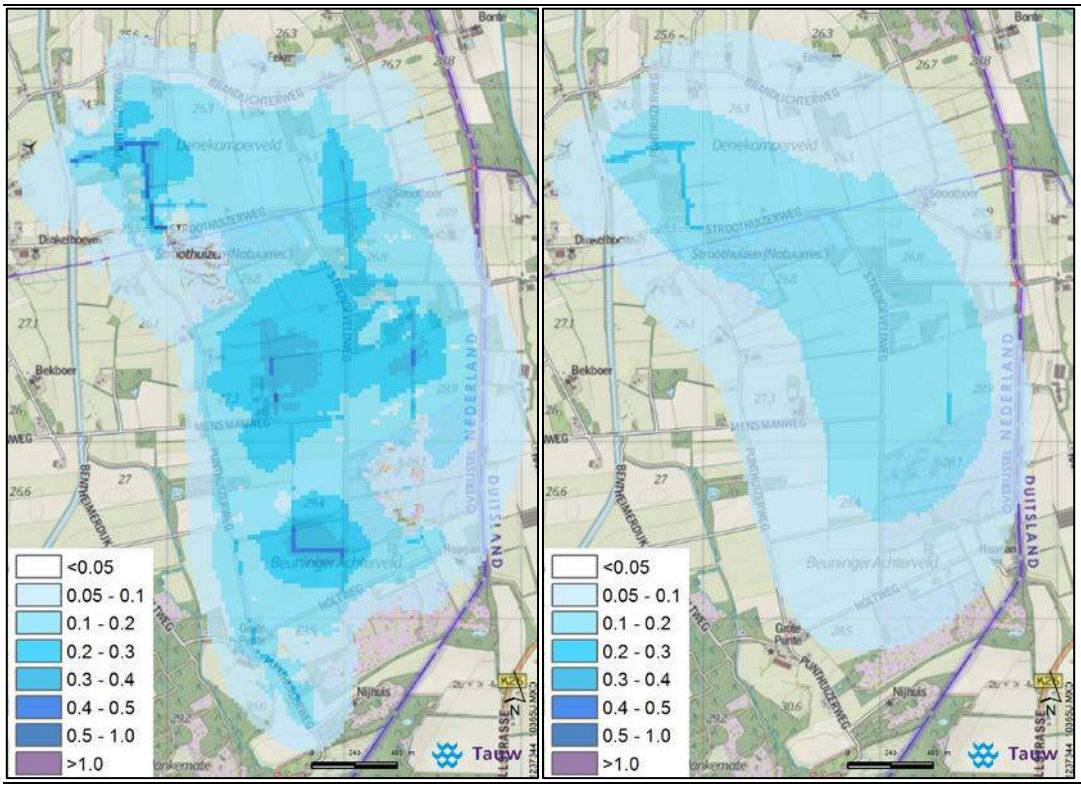


Figuur 3.3 Winterpeil zonder maatregelen (links) en winterpeil met dempingen en verontdieping (rechts)

3.1.2 Resultaat korte termijn maatregelen

GXG

In figuur 3.4 zijn de berekende verhogingen van de GHG en GLG als gevolg van de korte termijn maatregelen weergegeven. Tabel 3.1 toont voor aan aantal gebieden de berekende verhoging van de GXG.



Figuur 3.4 Berekende verhoging van de GHG (links) en de GLG (rechts) als gevolg van de korte termijn maatregelen PAS gebiedsanalyse

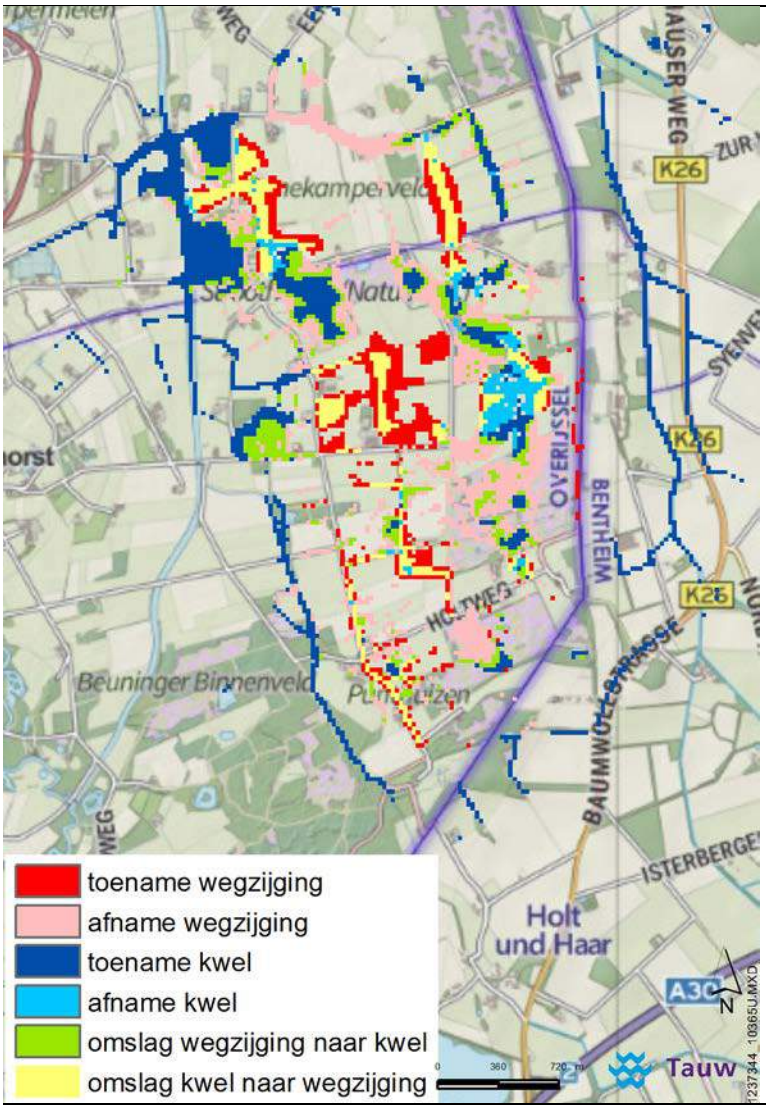
Tabel 3.1 Berekende verhoging GXG als gevolg van korte termijn maatregelen

Locatie	Verschil GHG (cm)	Verschil GVG (cm)	Verschil GLG (cm)
Middengebied (M30)	10 tot 50	10 tot 40	5 tot 20
Stroothuizen	5 tot 20	5 tot 20	5 tot 20
Punthuizen*	<5 tot 20	<5 tot 20	<5 tot 20
Beuninger Achterveld	<5 tot 30	<5 tot 30	<5 tot 30

*percelen tussen Holtweg, Punthuizerweg, Mensmanweg en Strengeveldweg

Fluxen

Figuur 3.5 toont de verandering van de kwel/wegzijging in het voorjaar. Uit deze figuur blijkt dat voor Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld de kwel toeneemt of de wegzijging afneemt of de wegzijging omslaat naar kwel. Op een aantal kleinere gedeelten neemt de wegzijging toe ter plaatse van de gedempte waterlopen.



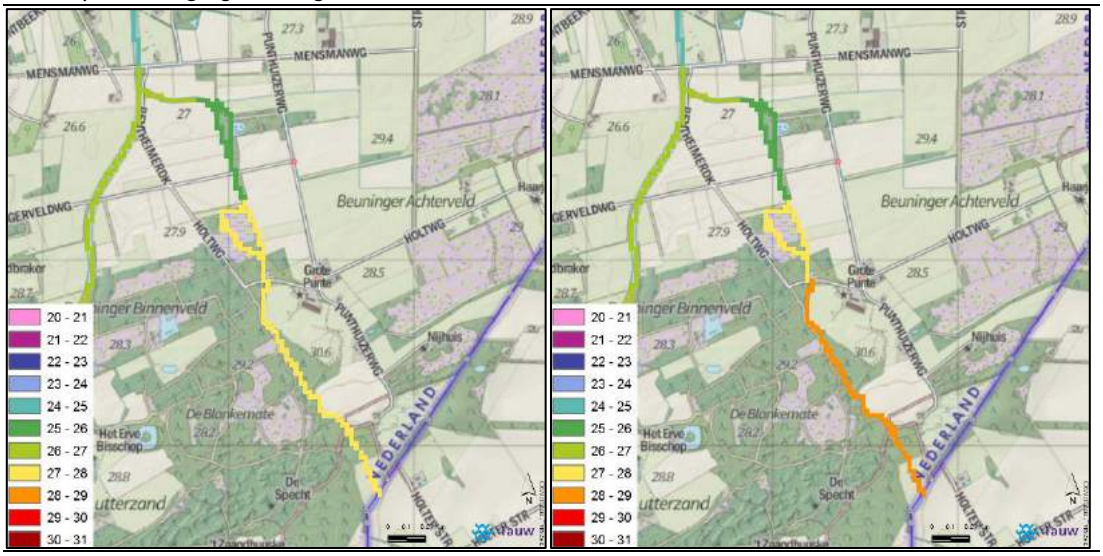
Figuur 3.5 Klassificering verandering kwel/wegzijging in het voorjaar als gevolg van korte termijn maatregelen

3.2 Lange termijn maatregelen

De lange termijn maatregelen komen bovenop de korte termijn maatregelen, waarbij het berekende effect het gevolg van beide maatregelensets is.

3.2.1 Aanpassingen model

De lange termijn maatregelen bestaan uit de korte termijn maatregelen plus een peilverhoging van de Puntbeek. Er zijn voor het nieuwe peil een begin en een eindpunt gekozen en daar tussen is geïnterpoleerd. Het eerste punt is de stuw bij de puntbrug en het tweede punt is op de grens met Duitsland. De peilen zijn met behulp van het AHN2 zo gekozen dat het omringende gebied net niet inundeert bij de Puntbrug en de laagte bij de grens met Duitsland. Bij de eerste stuw is het winterpeil verhoogd met circa 1 m. Figuur 3.6 toont het winterpeil van de Puntbeek bij de huidige situatie en bij de lange termijn maatregelen. Overigens is deze peilverhoging een eerste indicatieve inschatting van de peilverhoging in de Puntbeek. Met een hydraulische studie zal de peilverhoging nader gedetailleerd moeten worden.

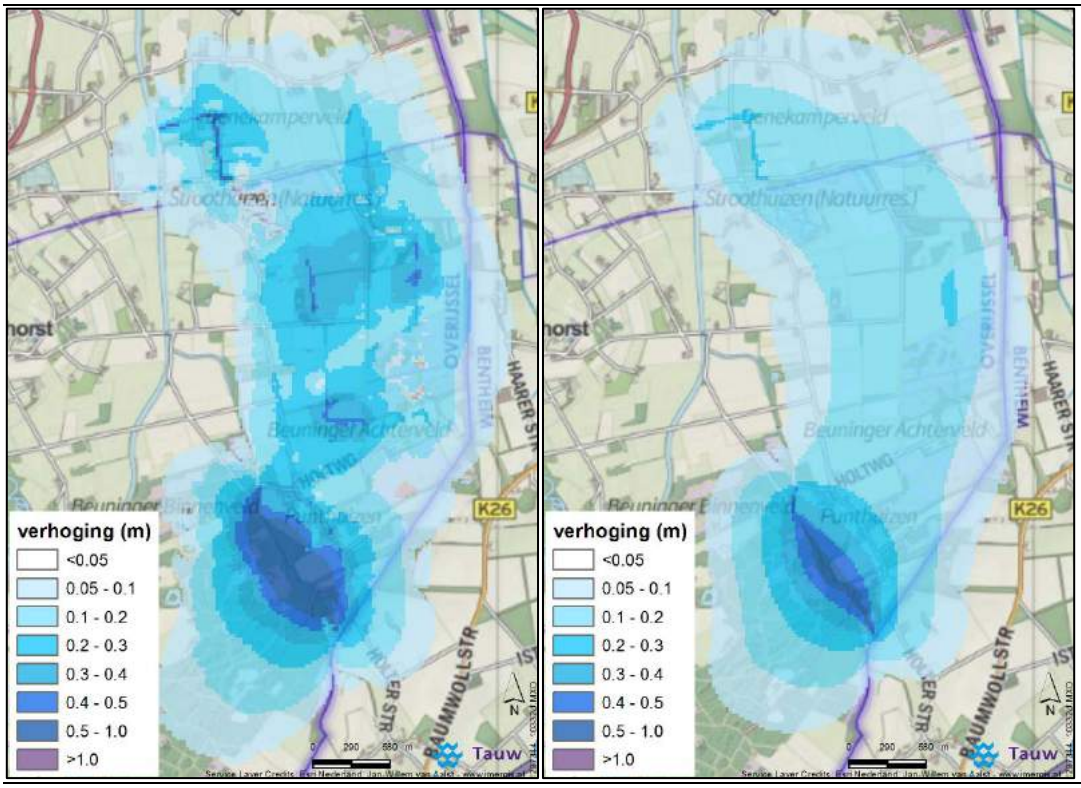


Figuur 3.6 Winterpeil Puntbeek zonder maatregelen (links) met lange maatregelen (rechts) (=peil is gelijk aan maaiveld)

3.2.2 Resultaat lange termijn maatregelen

GXG

In figuur 3.7 zijn de berekende verhogingen van de GHG en GLG als gevolg van de korte termijn en lange termijn maatregelen weergegeven. Tabel 3.2 toont voor aan aantal gebieden de berekende verhoging van de GXG.



Figuur 3.7 Berekende verhoging van de GHG (links) en de GLG (rechts) als gevolg van de korte en lange termijn maatregelen

Tabel 4.2 Berekende verhoging GXG als gevolg van lange termijn maatregelen (incl. korte termijn maatregelen)

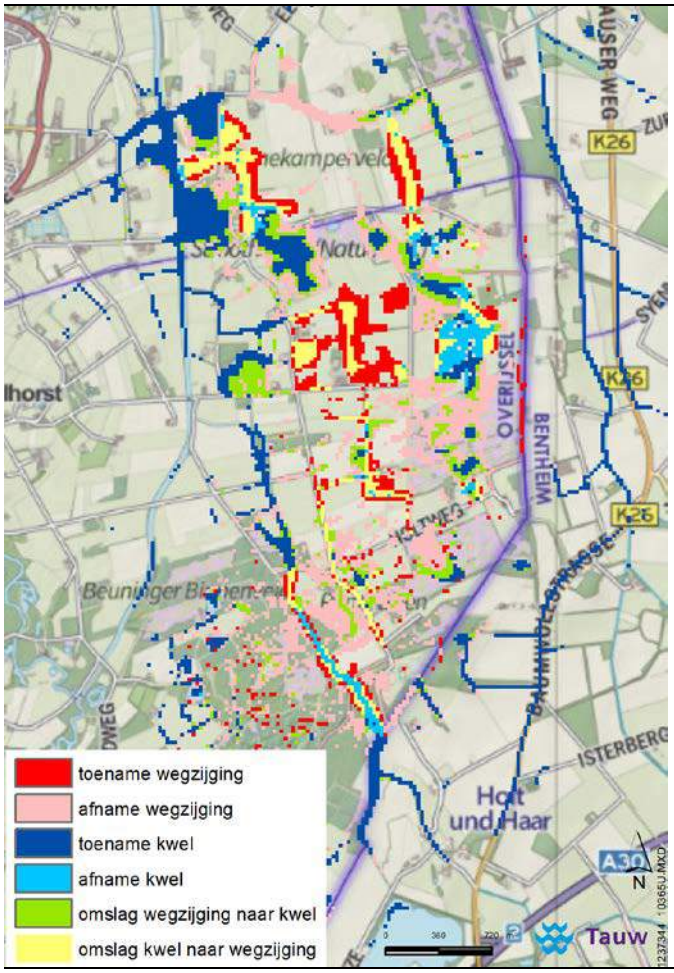
Locatie	Verschil GHG (cm)	Verschil GVG (cm)	Verschil GLG (cm)
Middengebied (M30)	10 tot 50	10 tot 50	10 tot 50
Stroothuizen	5 tot 20	5 tot 20	10 tot 20
Punthuizen*	<5 tot 30	<5 tot 30	10 tot 40
Beuninger Achterveld	<5 tot 30	<5 tot 30	10 tot 30

*percelentussen Holtweg, Punthuizerweg, Mensmanweg en Strengeveldweg

Fluxen

Figuur 3.8 toont de verandering van de kwel/wegzijging in het voorjaar. Uit deze figuur blijkt dat voor Punthuizen, Stroothuizen en het Beuninger Achterveld de kwel toeneemt of de wegzijging

afneemt of de wegzijging omslaat naar kwel. Op een aantal kleinere gedeelten neemt de wegzijging toe ter plaatse van de gedempte waterlopen. Daarnaast neemt de wegzijging af in een gebied rondom de Puntbeek en ontvangt de Puntbeek zelf minder kwel.



Figuur 3.8 Klassificering verandering kwel/wegzijging in het voorjaar als gevolg van lange termijn maatregelen

4 Inrichtingsmaatregelen

4.1 Inleiding

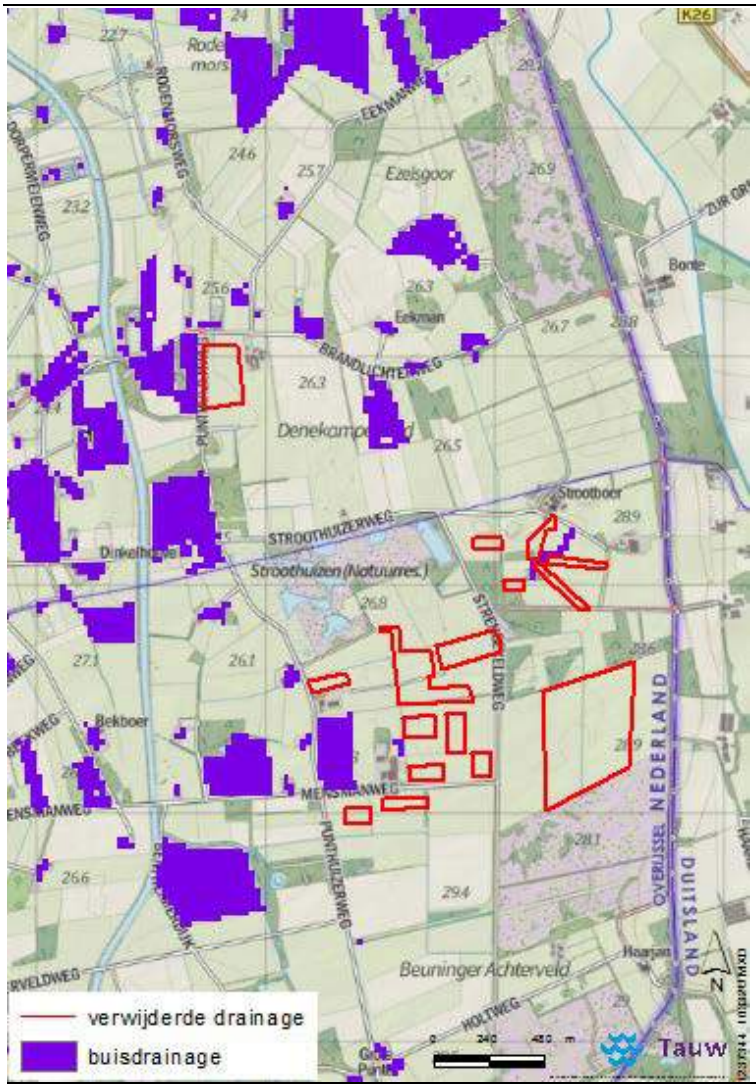
Het kennisteam Punthuizen/Stroothuizen heeft een nadere uitwerking en detaillering van de maatregelen uit de PAS gebiedsanalyse uitgevoerd.

Voor een aantal maatregelen worden voorstellen gedaan om deze te laten vervallen, aan te passen of aanvullende maatregelen te nemen ten opzichte van de gebiedsanalyse. De onderbouwing bij deze voorgestelde wijzigingen is terug te vinden in het rapport Ecologische onderbouwing (Ecologische onderbouwing maatregelenpakket gebiedsuitwerking Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld, van Dongen et al, 2017). Dit hoofdstuk beschrijft de hydrologische effecten van het maatregelenpakket dat door het kennisteam is uitgewerkt.

4.2 Korte termijn maatregelen inrichtingsplan

Drainage

Figuur 4.1 toont de buisdrainage bij de korte termijn maatregelen uit het inrichtingsplan. De meeste buisdrainage in het maatregelengebied worden verwijderd. Alleen ter plaatse van het perceel tussen de Stroothuizerweg, Zwartekampweg en de Strengeveldweg blijft een deel van de buisdrainage behouden.



Figuur 4.1 Buisdrainage bij korte termijn maatregelen(paars). In rood de locaties van de verwijderde buisdrainage.

Waterlopen

In bijlage 5 zijn de korte termijn maatregelen wat betreft waterlopen weergegeven.

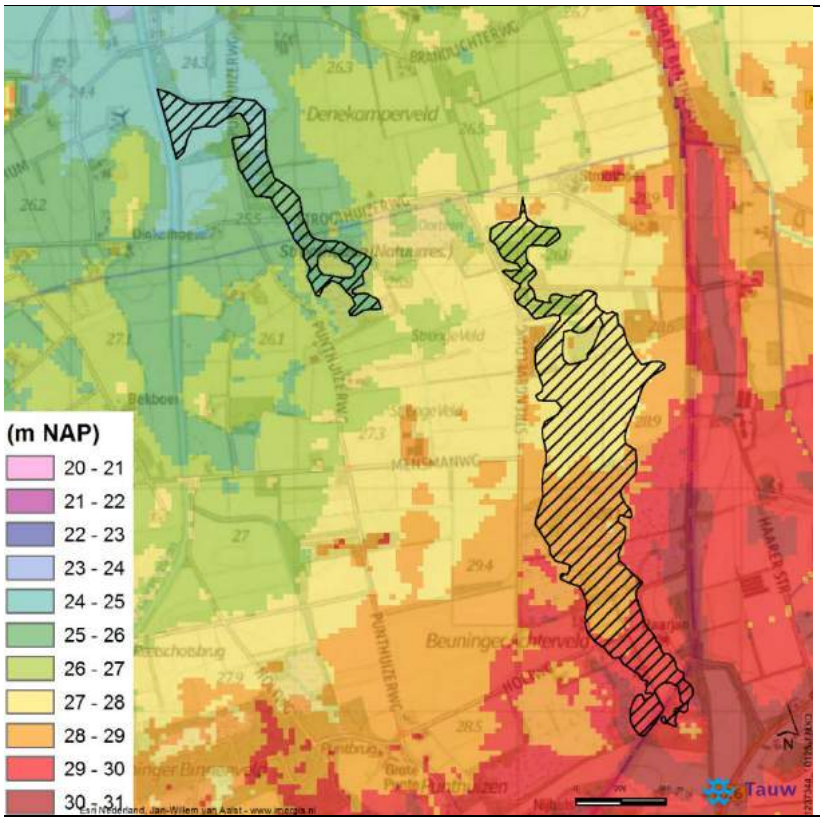
Er worden minder waterlopen gedempt ten opzichte de maatregelen van de gebiedsanalyse. Zo worden een aantal watergangen ten westen van Beuninger Achterveld en Strengeveld verontdiept in plaatse gedempt om nog enige afwatering van landbouwpercelen en huiskavels in stand te houden. Verder wordt de watergang ten westen van Strootboer (M28) niet verontdiept, omdat dat uit berekeningen is gebleken dat dit niet nodig is om de natuurdoelen te bereiken.

De bodemhoogte van de verondiepte watergangen is bepaald met de maaiveldhoogte van AHN2 in combinatie met de maatregelenkaart (bijlage 5) waarin de diepte van de watergangen ten opzichte van het maaiveld is weergegeven. Vervolgens is het winterpeil berekend. Daarvoor is de maatgevende afvoer is per watergangtraject berekend op basis van het bovenstroomse afwaterende oppervlak en een afvoerfactor van 1,2 l/s/ha. Verder is uitgegaan van een trapeziumvormig profiel met taluds van 1:2 en een stromingsweerstand Ks=25 m/1/3/s. Met een standaard analytische hydraulische formule in excel is tenslotte bij een gekozen bodembreedte de gemiddelde waterdiepte per traject berekend. Op alle trajecten is uitgegaan van een bodembreedte van 75 cm. Dit is gelijk aan de huidige bodembreedte volgens de legger. Omdat de diepte van de watergangen verkleind is, zijn de watergangen alleen aan modellaag 1 toegekend. De conductance is gelijk gelaten voor modellaag 1. In de zomer is het peil gelijk aan de bodemhoogte, omdat deze watergangen in de zomer droogvallen.

De watergang aan de oostzijde van de Punthuizerweg wordt hydrologisch geïsoleerd door de bodem en zijkanten van de watergang te bekleden met leem. Dit is in het model verwerkt door de conductance hier te delen door duizend. Dit betekent dat de waterbodemweerstand vermenigvuldigt wordt met duizend en dat de waterbodem vrijwel ondoorlatend is gemaakt.

Overlandflow

Door de maatregelen is het mogelijk dat de grondwaterstand in de winter ter plaatse van de slenken boven het maaiveld uitkomt. Om dit in het model te kunnen nabootsen is de overlandflow op 10 cm boven maaiveld gezet in de gebieden aangegeven in figuur 4.2 Deze 10 cm is geschat op basis van de maaiveldhoogtekaart. De verhoging van de overlandflow betekent dat de grondwaterstand in het model in deze gebieden maximaal tot 10 cm boven maaiveld kan stijgen. Normaliter wordt hiervoor een waarde van 2 cm boven maaiveld aangehouden. Ter verduidelijking: Er worden geen “meren” gemodelleerd; het grondwaterwater krijgt alleen de mogelijk om tot 10 cm boven maaiveld uit te stijgen. Ter plaatse van Punthuizen is het overloopniveau (OLF-niveau) niet aangepast, omdat deze bij de verbeteringen van het model al is aangepast.



Figuur 4.2 Te herstellen slenken

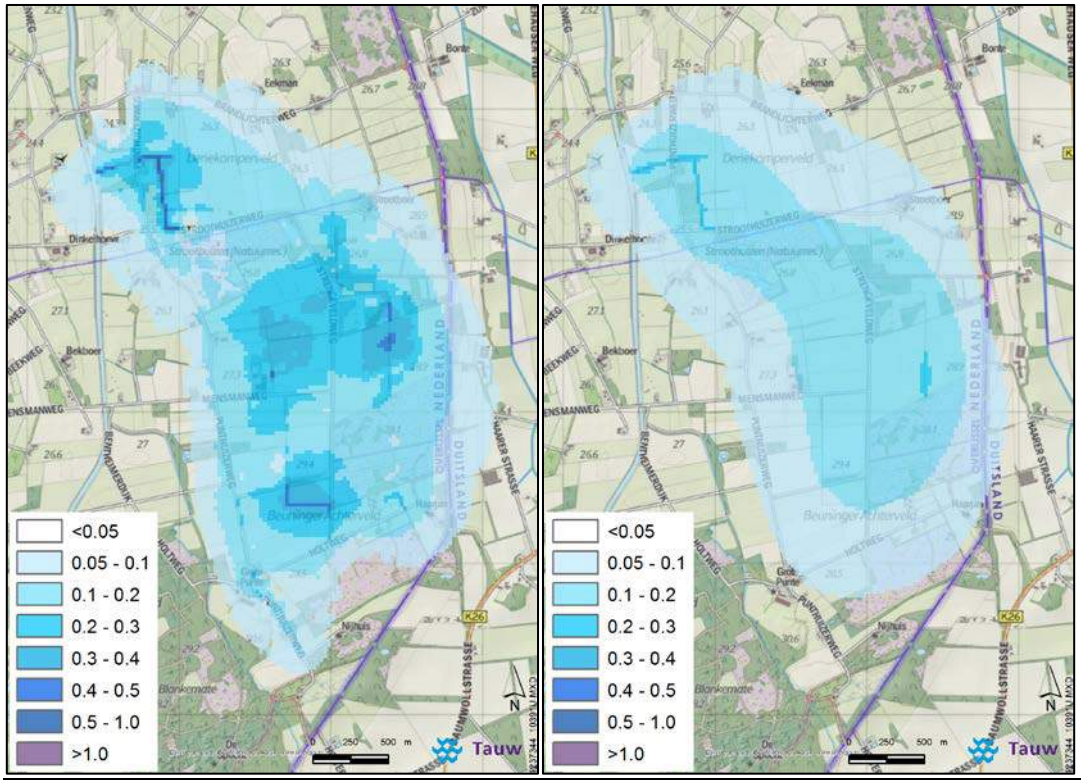
4.3 Lange termijn maatregelen

De lange termijn maatregelen bestaan uit de oudere versie van korte termijn maatregelen plus een peilverhoging van de Puntbeek. De peilverhoging is beschreven in 3.2.1. Er is gekozen om de effecten de lange maatregelen niet opnieuw te berekenen met de laatste versie van de korte termijn maatregelen. Dit omdat de lange termijn maatregelen niet compleet zijn uitgewerkt en alleen zijn berekend om de maximale effecten van een peilverhoging van de Puntbeek in beeld te brengen. De lange termijn maatregelen worden op een later moment verder uitgewerkt waarbij rekening waarbij de effecten van de korte termijn maatregelen uit het inrichtingsplan zullen worden meegenomen.

5 Resultaten inrichtingsmaatregelen

5.1 Korte termijn

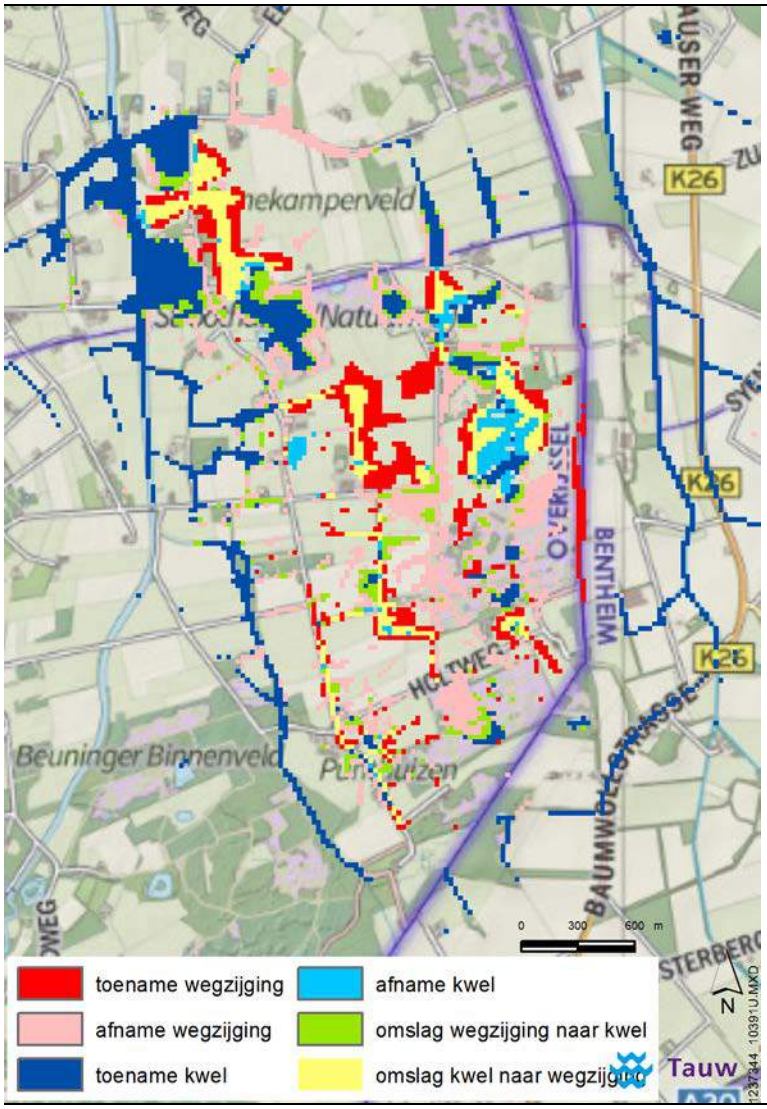
Figuur 5.1 toont de berekende verandering van de GHG en GLG als gevolg van de korte termijn maatregelen beschreven in hoofdstuk 4. Uit de berekende GHG blijkt dat door het aanpassen van het overlandflow niveau er ook een verhoging van de grondwaterstand is berekend bij het Strengeveld, Beuninger Achterveld en een gedeelte van Punthuizen.



Figuur 5.1 Berekende verhoging van de GHG (links) en de GLG (rechts) als gevolg van de korte termijn maatregelen

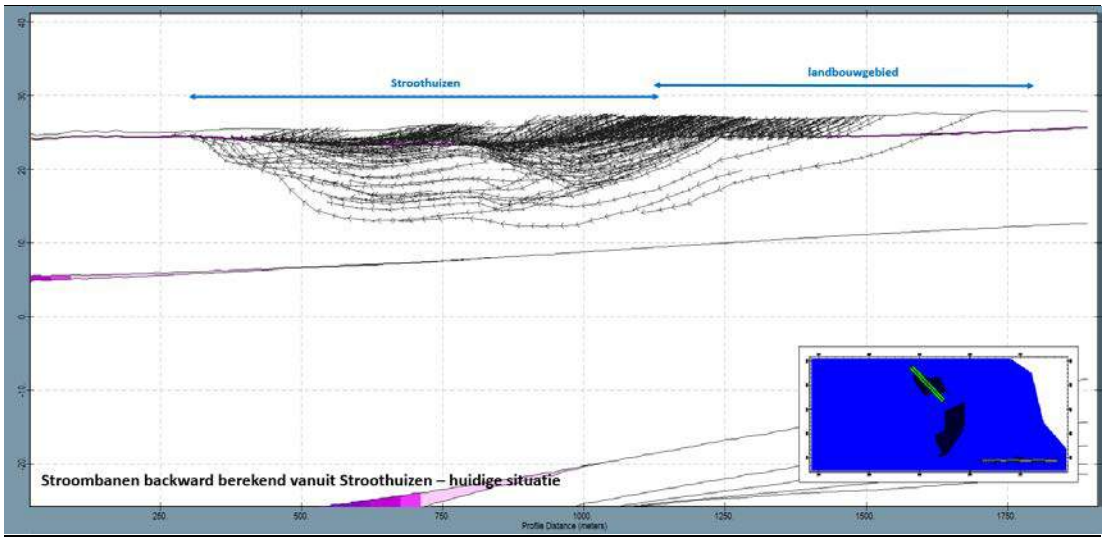
Figuur 5.2 toont de verandering van de kwel/wegzijging door modellaag 1 (verticaal) in het voorjaar. Het betreft dus kwel van modellaag 2 naar modellaag 1 en geen kwel naar maaiveld. Laterale stroming is niet opgenomen in deze figuur. Doordat de grondwaterstand in het voorjaar hoger wordt berekend door het aanpassen van de overlandflow, wordt er op minder locaties een

toename van kwel berekend dan in berekeningen voor het maatregelenpakket van de gebiedsanalyse.



Figuur 5.2 Klassificering verandering kwel/wegzijging in het voorjaar als gevolg van korte termijn maatregelen

Voor de huidige situatie en bij korte termijn maatregelen zijn stroombanen berekend. In het onderstaande tekstkader is een nadere toelichting gegeven bij het berekenen van de stroombanen. Ter illustratie is in figuur 5.3 een dwarsdoorsnede voor Stroothuizen in de huidige situatie weergegeven. In bijlage 7 zijn de stroombanen in alle dwarsdoorsneden weergegeven.



Figuur 5.3 Stroombanen backward berekend vanuit Stroothuizen in de huidige situatie

De stroombanen geven de regionale stroming weer. Lokale stromingen worden niet altijd weergegeven vanwege de celgrootte van 25 bij 25 m. De stroombanen zijn met name berekend om het systeemfuctioneren van het grondwatermodel te controleren en meer (maar dus niet volledig) inzicht te krijgen in de oorsprong van het grondwater in de natuurgebieden.

Nader toelichting berekening stroombanen

Forward tracé
Bij de forward tracé berekening wordt voor een polygoon per MODFLOW-cel (25 bij 25 m) een startpunt (waterdeeltje) geplaatst. De startpunten beginnen bovenin de laag, dus aan het maaiveld. Vervolgens wordt berekend waar het waterdeeltje eindigt.

Backward tracé
In de backward tracé berekening worden in de natuurgebieden startpunten (waterdeeltjes) gepositioneerd per MODFLOW-cel (25 bij 25 m). De startpunten beginnen bovenin de laag, dus aan het maaiveld. Vanaf het startpunt wordt teruggerekend waar het waterdeeltje vandaan komt.

De stroombanen zijn gesplitst in tijdsintervallen die middels kleurverschillen op kaart te herkennen zijn. Met deze berekening wordt het intrekgebied aan maaiveld bepaald door voor elk startpunt de gridcel van het MODFLOW-netwerk te kleuren op basis van de looptijd.

Uitgangspunten

- De stroombaanberekeningen zijn uitgevoerd voor een gemiddelde situatie
- Voor de stroombaanberekening zijn voor het doorstroomd poriënvolume de volgende waarden (effectieve porositeit) gehanteerd, te weten:
  - 0.38 voor de watervoerende pakketten (volgens T.N. Olsthoorn, ‘In Nederlandse zandformaties zijn het doorstroomde en het totale porievolume aan elkaar gelijk.’ H2O (10) 1977 nummer 5. p118-122))
  - 0.10 voor de scheidende lagen (afgeleid op basis van Kresic, 2007, ‘Hydrogeology and groundwater modeling’ Second Edition, p.630)
- In de stroombaanberekeningen is geen rekening gehouden met zogenaamde *weak sink*. Stroombanen die een weak sink bereiken stoppen hier in principe niet. Een weak sink is een cel waarin de uitgaande flux niet groot genoeg is om al het water op te nemen die de cel binnenkomt (bron: U.S. Geological Survey Water-supply Paper 2479, 1996, https://pubs.er.usgs.gov/publication/wsp2479) .

Backward stroombanen vanuit natuurgebieden

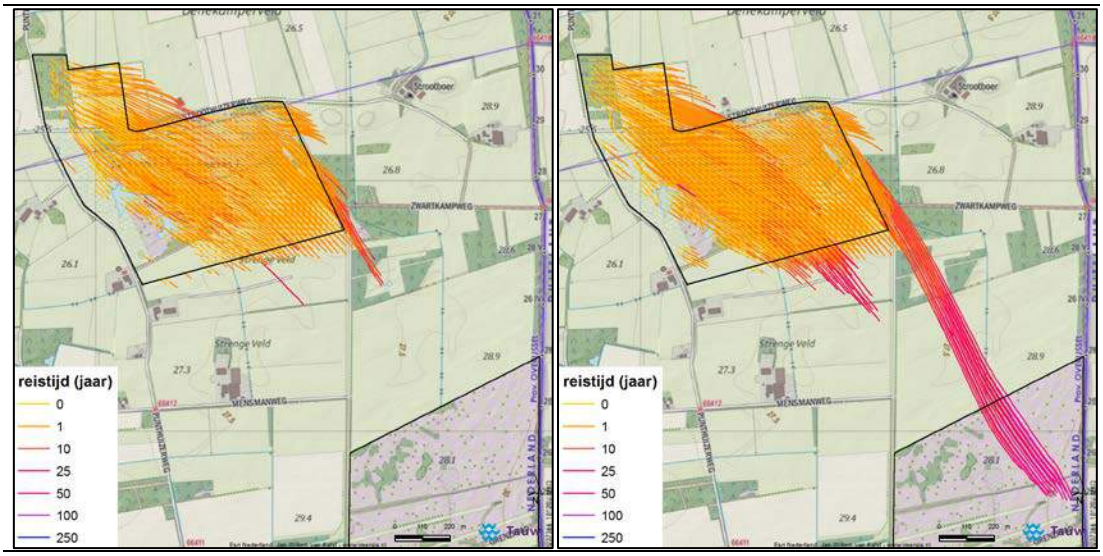
Figuur 5.4 en 5.5 tonen de stroombanen naar de natuurgebieden. De stroombanen zijn met backward tracé berekend vanuit modellaag 1.

Stroothuizen

Uit figuur 5.3 blijkt dat ter plaatse van Stroothuizen de stroombanen met name aan de oostzijde (bij Oortven) langer worden als gevolg van de maatregelen. Uit de dwarsdoorsneden blijkt dat in de korte termijn situatie er meer kwel vanuit diepere lagen optreedt en dat meer water afkomstig is van landbouwgebied. De centrale slenk ontvangt in zowel de huidige situatie als in korte termijn scenario water vanuit het landbouwgebied ten zuiden van Stroothuizen, maar in het korte termijn scenario neemt de hoeveelheid wel toe. Dit water infiltreert tot modellaag 2 (boven de Brørup-laag indien aanwezig) en kwelt in de centrale slenk weer op.

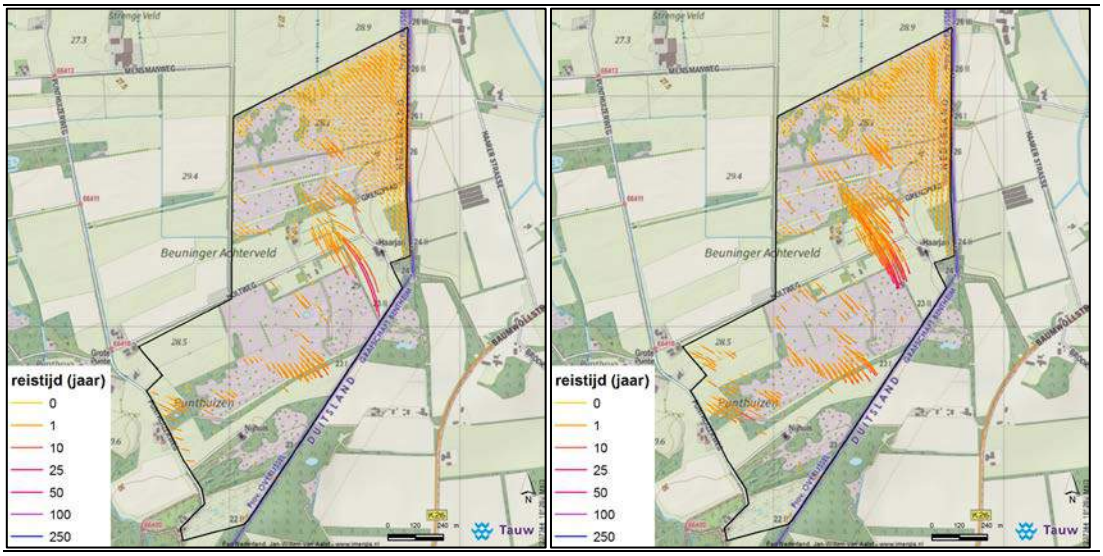
Uit de dwarsdoorsneden blijkt in de huidige situatie het water dat opkwelt in het Oortven voornamelijk lokaal water is. Bij de korte termijn maatregelen is ook een klein deel van het water afkomstig van het Strengeveld en een aanzienlijk deel uit Beuniger Achterveld. In de huidige situatie werd het water uit Beuniger Veld afgevangen door lokale watergangen en greppels. In de korte termijn situatie zijn deze gedempt en infiltreert het water dieper waarna het vervolgens opkwelt in het Oortven.

Uit de dwarsdoorsneden blijkt ook dat in de korte termijn situatie het water in het zuiden van Beuniger Achterveld uit het landbouwgebied ten zuiden afkomstig is. In de huidige situatie wordt dit water nog afgevangen door een watergang. Bij de korte termijn maatregelen wordt deze watergang gedempt.



Figuur 5.4 Backward trace stroombanen naar Stroothuizen in de huidige situatie (links) en bij de korte termijn maatregelen (rechts)

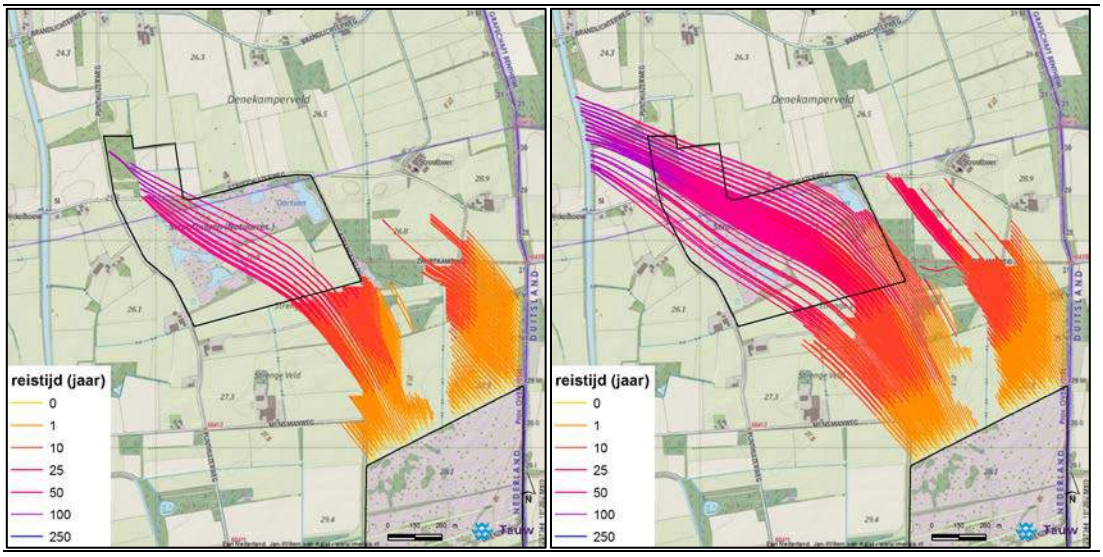
Ter plaatse van Punthuizen treden geen grote verschillen op in de stroombanen als gevolg van het korte termijn maatregelenpakket. Wel volgt uit de dwarsdoorsneden dat het water bij het korte termijn maatregelen pakket wat dieper infiltreert waarna het weer opkwelt. Dit komt doordat er in de omgeving van Punthuizen minder watergangen aanwezig zijn en doordat de watergangen die nog wel aanwezig zijn minder draineren.



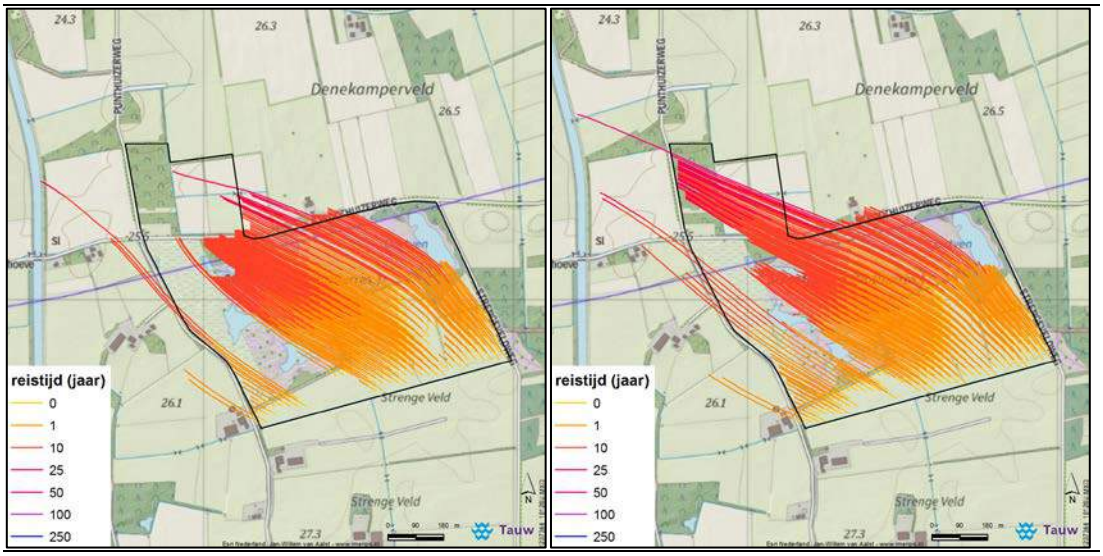
Figuur 5.5 Backward trace stroombanen naar Punthuizen en Beuninger Achterveld in de huidige situatie (links) en bij de korte termijn maatregelen (rechts)

Forward stroombanen vanuit landbouwgebieden

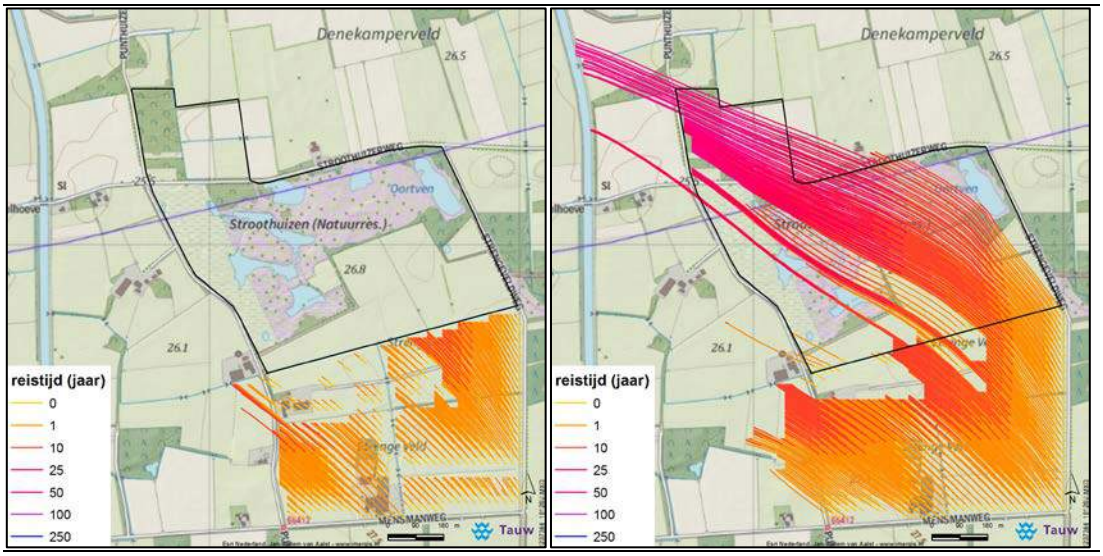
Figuur 5.6 t/m 5.8 tonen de berekende stroombanen vanuit een aantal landbouwpercelen. Deze stroombanen zijn met forward tracé vanuit modellaag 1 berekend. Uit alle figuren blijkt dat de stroombanen verlengd worden door de maatregelen. In de huidige situatie eindigen de stroombanen vaak in kleine waterlopen. In het korte termijn maatregelenscenario worden de kleine waterlopen rondom Stroothuizen gedempt (zie inrichtingskaart in bijlage 5), waardoor een groot deel van de stroombanen doorlopen tot aan het omleidingskanaal.



Figuur 5.6 Forward trace stroombanen vanuit Strengeveld in de huidige situatie (links) en bij de korte termijn maatregelen (rechts)



Figuur 5.7 Forward trace stroombanen vanuit percelen direct ten zuiden van Stroothuizen in de huidige situatie (links) en bij de korte termijn maatregelen (rechts)



Figuur 5.8 Forward trace stroombanen vanuit percelen ten noorden van Mensmansweg in de huidige situatie (links) en bij de korte termijn maatregelen (rechts)

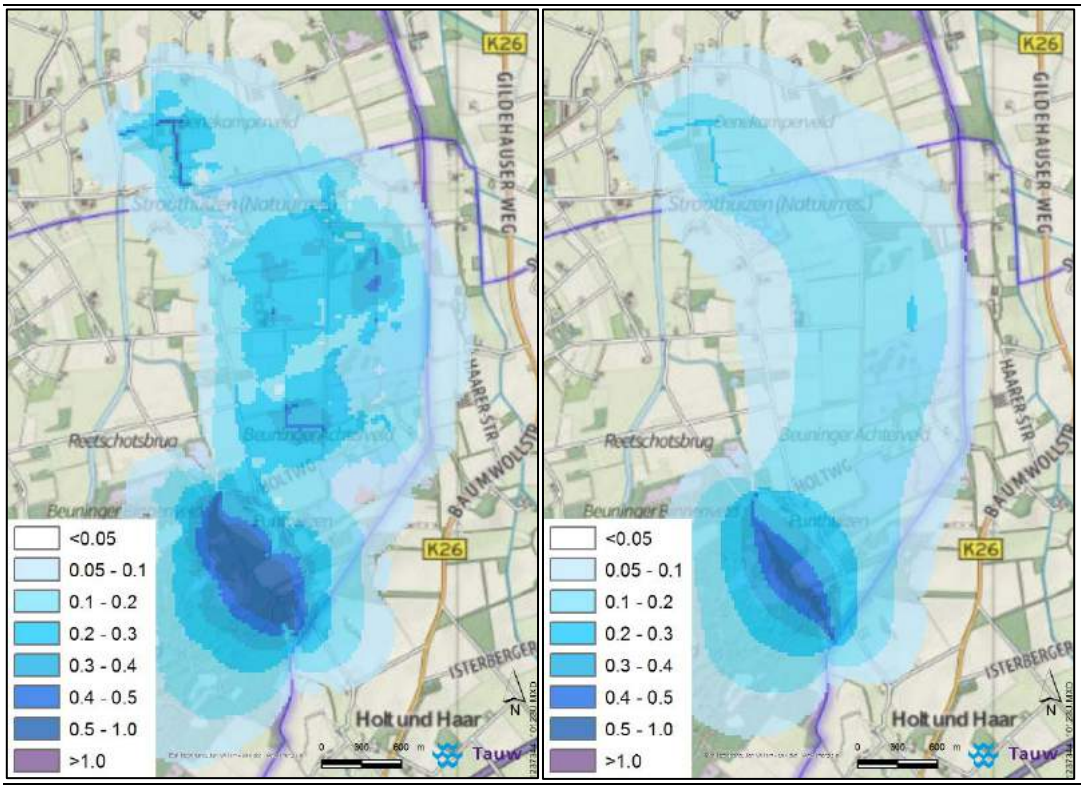
Bepaling intrekgebieden

In bijlage 8 zijn de isohypsen voor de GHG en GLG situatie weergegeven bij de korte termijn maatregelen. Op basis van deze isohypsen zijn de intrekgebieden voor de natuurgebieden

bepaald. In de kaarten zijn lijnen gezet waarbinnen de intrekgebieden zijn bevinden. Deze zijn op de hoeken van de natuurgebieden gestart en volgen de grondwaterstroming (haaks op isohypsen). Binnen deze twee lijnen bevinden zich de intrekgebieden.

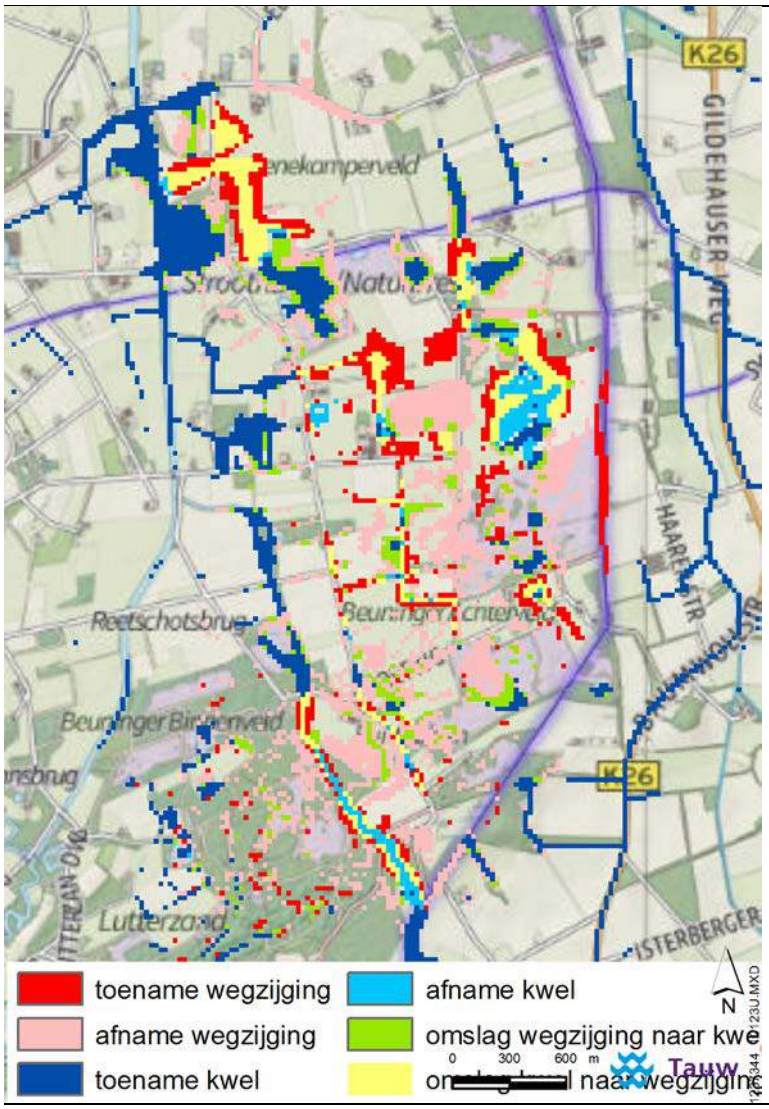
5.2 Lange termijn

Figuur 5.8 toont de berekende verandering van de GHG en GLG als gevolg van de lange termijn maatregelen. Door de peilverhoging van de Puntbeek worden de berekende GHG en GLG ter plaatse van Punthuizen hoger dan bij alleen de korte termijn maatregelen. Maar ook ter plaatse van de landbouwpercelen wordt een flinke verhoging (tot 50 cm)van de GHG en GLG berekend.



Figuur 5.9 Berekende verhoging van de GHG (links) en de GLG (rechts) als gevolg van de lange termijn maatregelen

Figuur 5.9 toont de verandering van de kwel/wegzijging door modellaag 1 in het voorjaar. Uit deze figuur blijkt dat er meer afname van wegzijging en een omslag van wegzijging naar kwel wordt berekend in westen van Punthuizen ten opzichte van de korte termijn maatregelen.



Figuur 5.10 Klassificering verandering kwel/wegzijging in het voorjaar als gevolg van lange termijn maatregelen

De stroombanen voor de lange termijn zijn vergelijkbaar als bij de korte termijn maatregelen (zie bijlage 7).

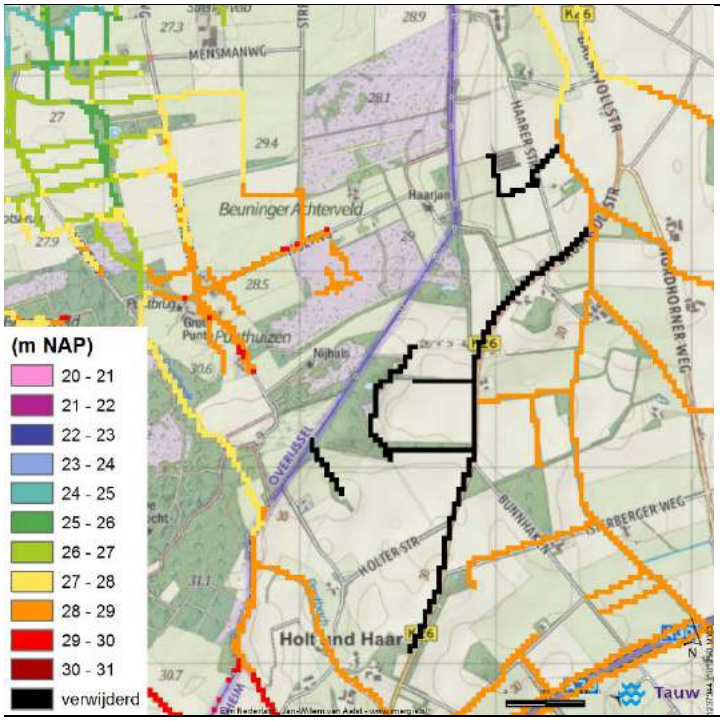
6 Gevoeligheidruns

Uit de aanpassing van het grondwatermodel is gebleken dat de Duitse watergangen een grote invloed hebben op de grondwaterstanden ter plaatse van Punthuizen. Daarom is met behulp van twee gevoeligheidsruns bepaald hoe groot het effect is wanneer een deel van de Duitse watergangen gedempt worden. Op deze manier is onderzocht of de aanpassing van Duitse watergangen een effectieve lange termijn maatregel is.

De volgende gevoeligheidruns zijn berekend:
1. Korte termijn maatregelen en het dempen van een aantal Duitse watergangen
2. Lange termijn maatregelen en het dempen van een aantal Duitse watergangen

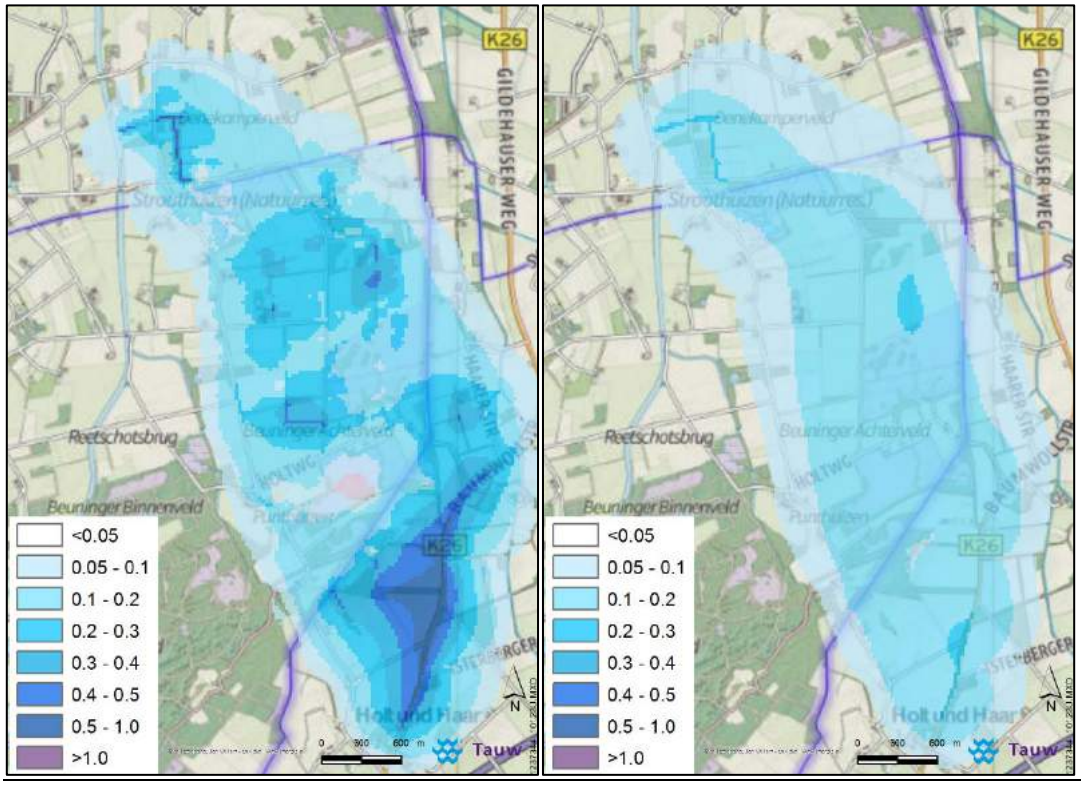
6.1 Gevoeligheidrun 1

Figuur 7.1 toont welke watergangen in het model zijn gedempt. Er is voor deze watergangen gekozen, omdat deze op de kortste afstand van Punthuizen liggen. De watergangen die op de Puntbeek afwateren zijn intact gehouden.



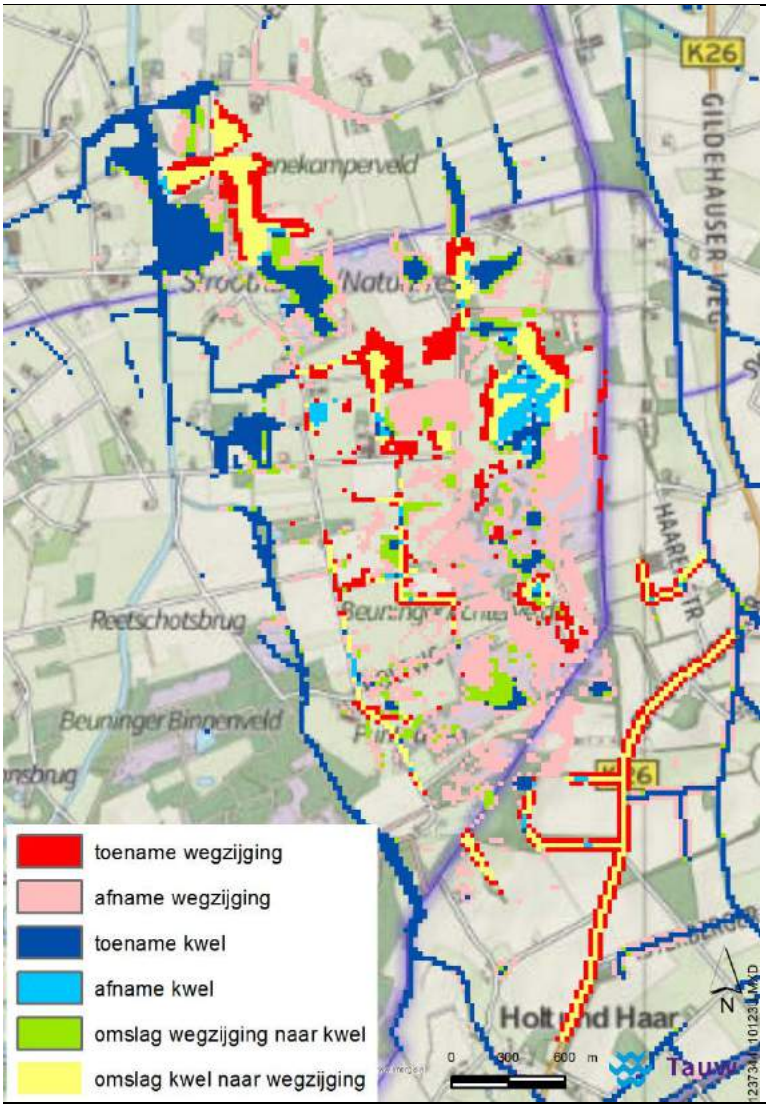
Figuur 6.1 Verwijderde watergangen in het grondwatermodel

Figuur 7.2 toont de verandering van de GHG en GLG als gevolg van de korte termijn maatregelen en het dempen van de watergangen in figuur 10.1. Uit de figuur blijkt dat met name de GHG in Duitsland sterk toeneemt (tot 50 cm). De GLG neemt in Duitsland met maximaal 30 cm toe. Daarnaast neemt ter plaatse van Punthuizen de GHG en GLG toe door het dempen van de watergangen in Duitsland.



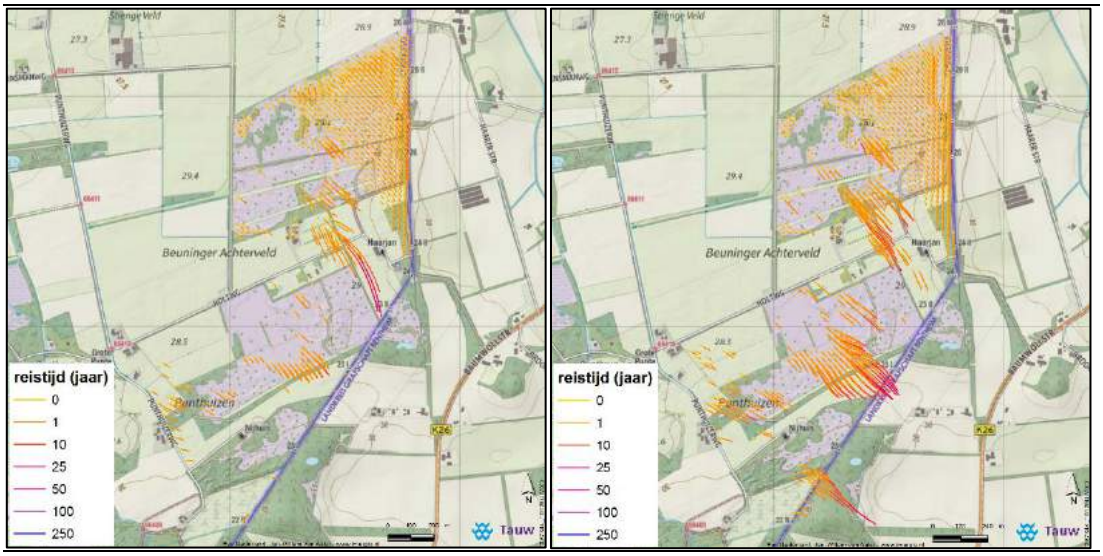
Figuur 6.2 Berekende verhoging van de GHG (links) en de GLG (rechts) bij gevoeligheidrun 1

Figuur 7.3 toont de verandering van de kwel/wegzijging door modellaag 1 in het voorjaar. Uit de figuur blijkt dat in een groot deel van Punthuizen en ten zuiden daarvan een afname van de wegzijging wordt berekend. In de centrale slenk in Punthuizen (Blauwgrasland) neemt de kwel toe of slaat wegzijging om in kwel.

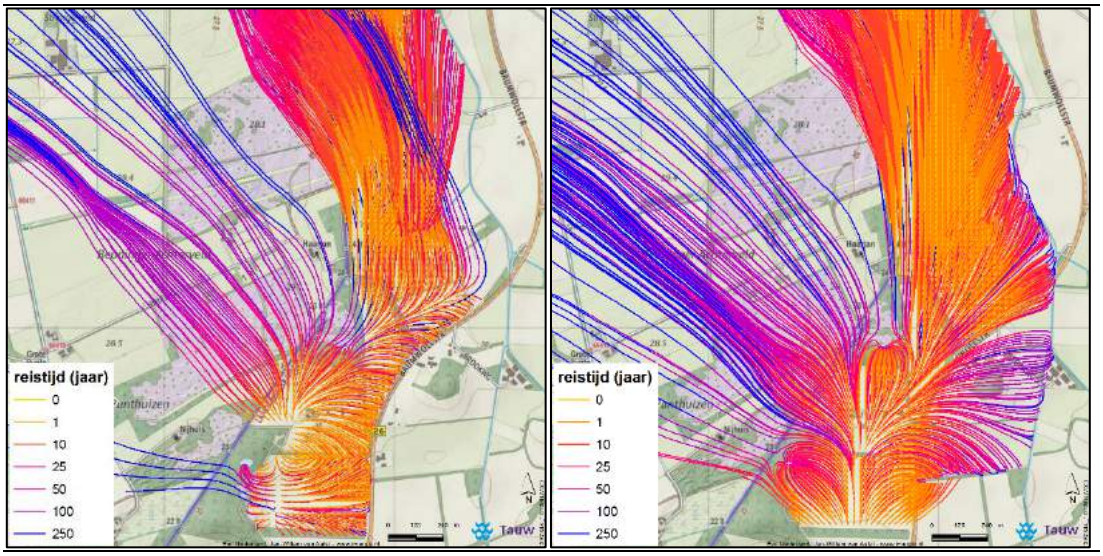


Figuur 6.3 Klassificering verandering kwel/wegzijging in het voorjaar als gevolg van korte termijn maatregelen en dempen watergangen in Duitsland

Figuur 7.4 toont de berekende stroombanen naar Punthuizen. Uit de figuur blijkt dat de stroombanen bij gevoeligheidrun 1 verlengd worden. Het grondwater komt dus vanaf een grotere afstand. In Figuur 7.5 is te zien dat de waterscheiding als gevolg van het dempen van de watergangen naar het oosten verschuift. Meer grondwater stroomt naar Nederland en minder water eindigt in de Duitse watergangen. Het intrekgebied van de laagte in Punthuizen waar kwel optreedt wordt dus groter.



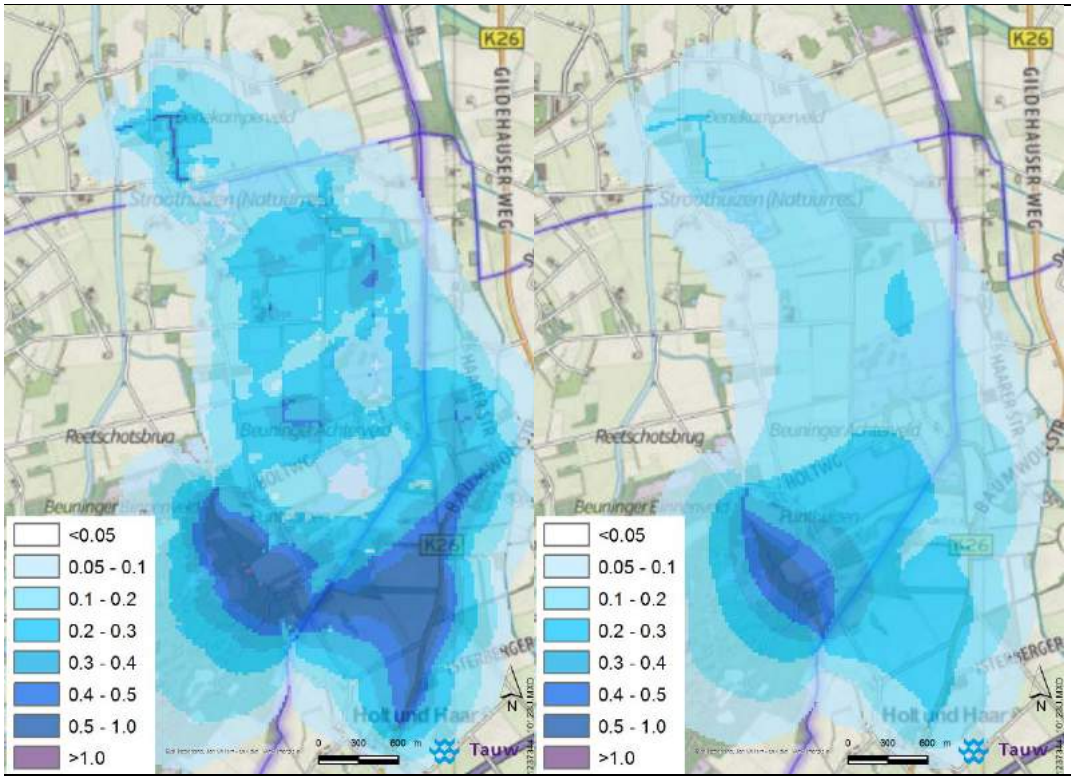
Figuur 6.4 Backward trace berekende stroombanen naar Punthuizen en Beuninger Achterveld huidige situatie (links) en gevoeligheidrun 1 (rechts)



Figuur 6.5 Forward trace berekende stroombanen vanuit Duitsland huidige situatie (links) en gevoeligheidrun 1 (rechts)

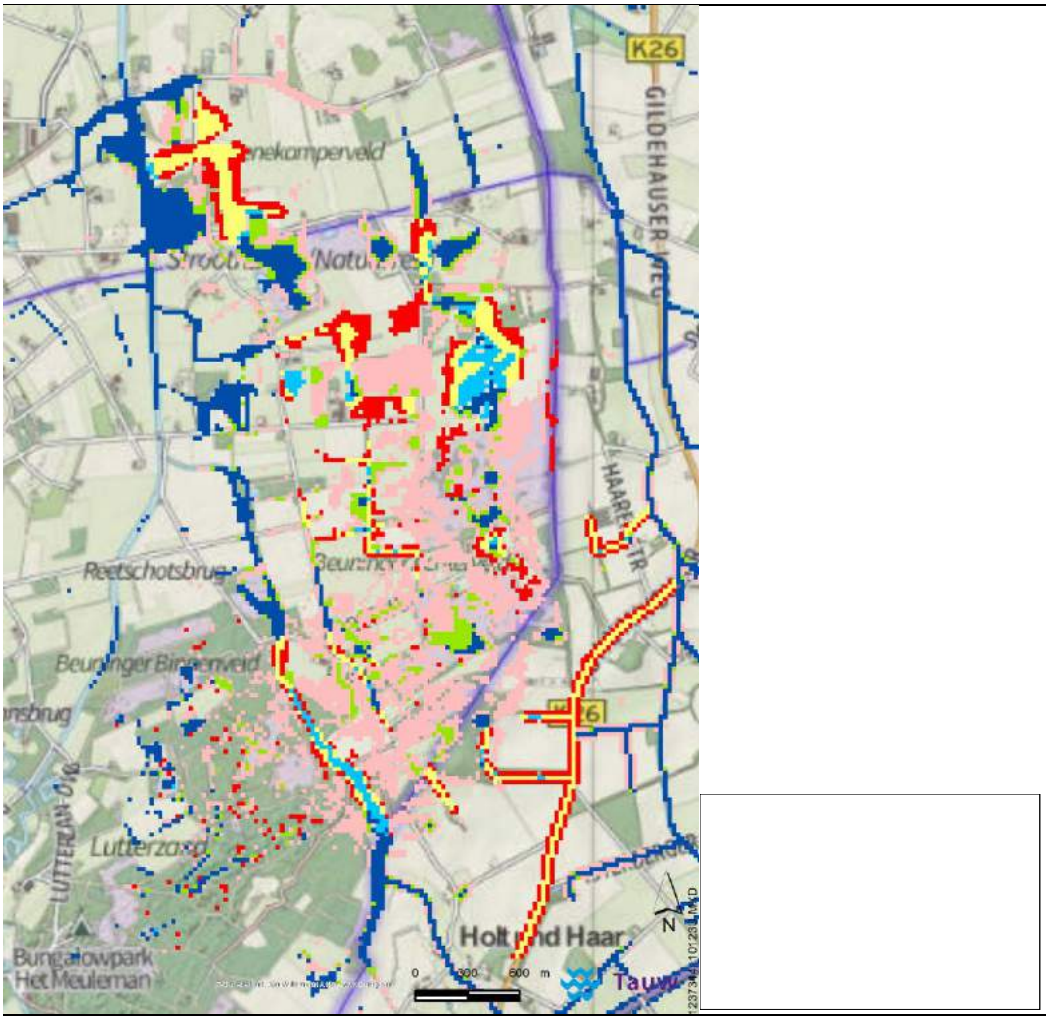
6.2 Gevoeligheidsrun 2

Figuur 7.6 toont de verandering van de GHG en GLG voor gevoeligheidrun 2. Uit deze figuren blijkt dat van alle scenario's de meeste verhoging van de GHG en GLH voor Punthuizen wordt berekend. Ook is opvallend dat bij de GHG de dekzandruggen van Beuninger Achterveld te herkennen zijn. Er wordt verwacht dat de grondwaterstandsverhoging ter plaatse van de dekzandruggen een gunstig effect heeft op het herstel van het lokale watersysteem (laterale stroming van basenarm kwelwater richting de flanken van de slenken).



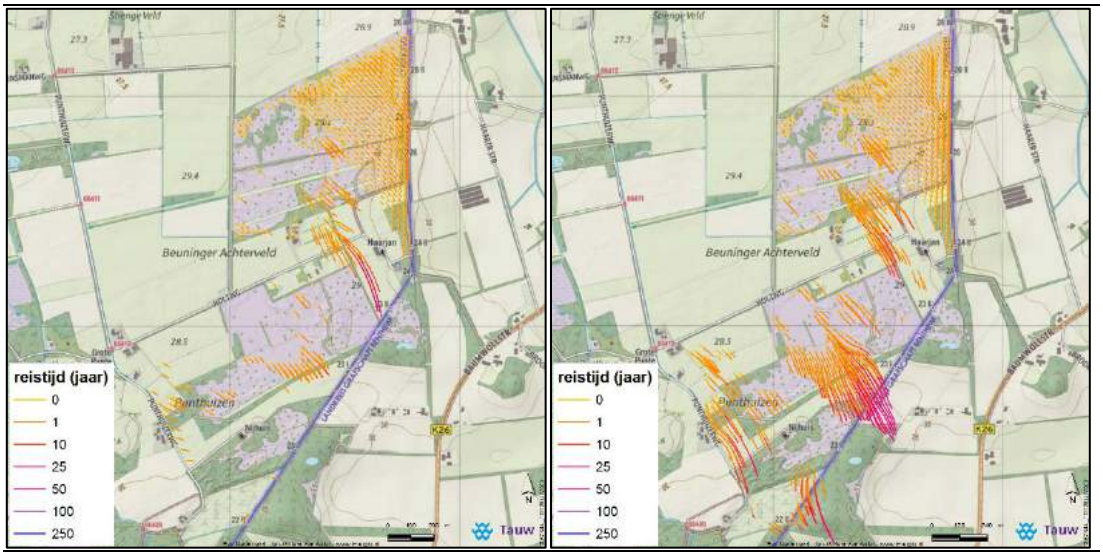
Figuur 6.6 Berekende verhoging van de GHG (links) en de GLG (rechts) bij gevoeligheidrun 2

Figuur 7.7 toont de verandering van de kwel/wegzijging door modellaag 1 in het voorjaar. Uit deze figuur blijkt dat in een nog groter gebied rondom Punthuizen de wegzijging afneemt en dat de kwel in de centrale laagte toeneemt of wegzijging omslaat in kwel.

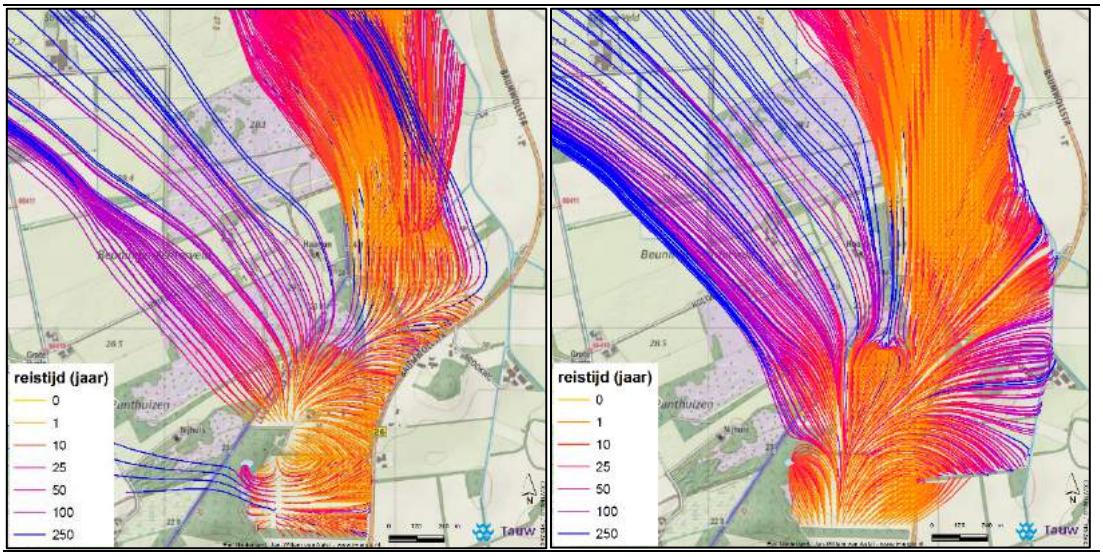


Figuur 6.7 Klassificering verandering kwel/wegzijging in het voorjaar bij gevoeliheidrun 2

Figuur 7.8 toont de berekende stroombanen naar Punthuizen. Uit deze figuur blijkt dat de stroombanen nog meer verlengd worden. Aan de stroombanen vanuit Duitsland (figuur 7.9) is te zien dat de invloed van de Puntbeek weer groter is geworden, omdat de stroombanen meer naar het noorden ombuigen.



Figuur 6.8 Backward trace berekende stroombanen naar Punthuizen en Beuninger Achterveld huidige situatie (links) en gevoeligheidrun 2 (rechts)



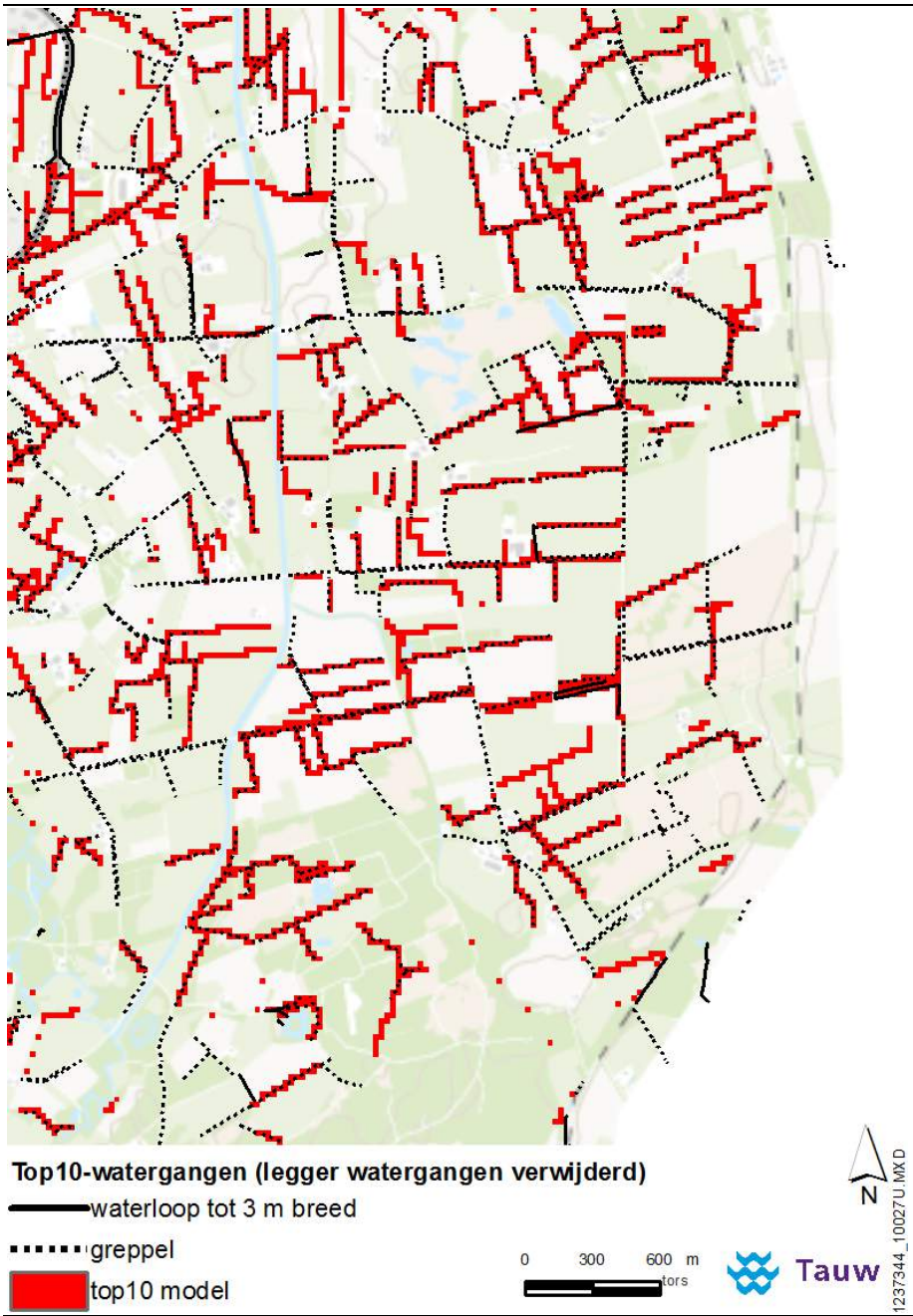
Figuur 6.9 Forward trace berekende stroombanen vanuit Duitsland huidige situatie (links) en gevoeligheidrun 2 (rechts)

6.3 Conclusie

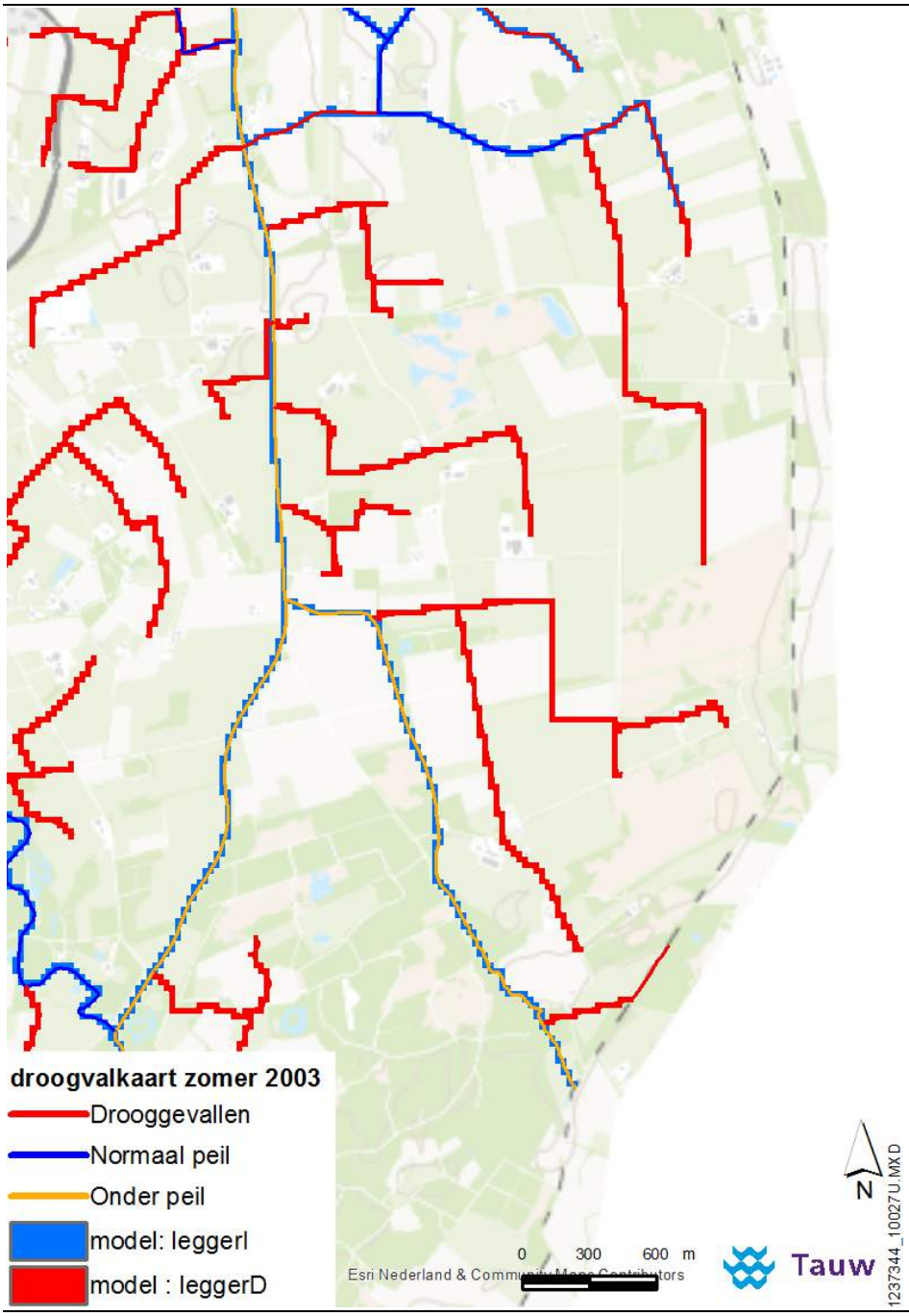
Uit de gevoeligheidruns is gebleken dat aanpassingen aan de Duitse watergangen een gunstig effect hebben op de grondwaterstand ter plaatse van Punthuizen en Beuninger Achterveld. Een combinatie van een peilverhoging van de Puntbeek en aanpassingen van de Duitse watergangen lijkt hydrologisch gezien het grootste resultaat op, doordat grondwaterstanden hoger worden en kwel in de natuurgebieden toeneemt.

Bijlage

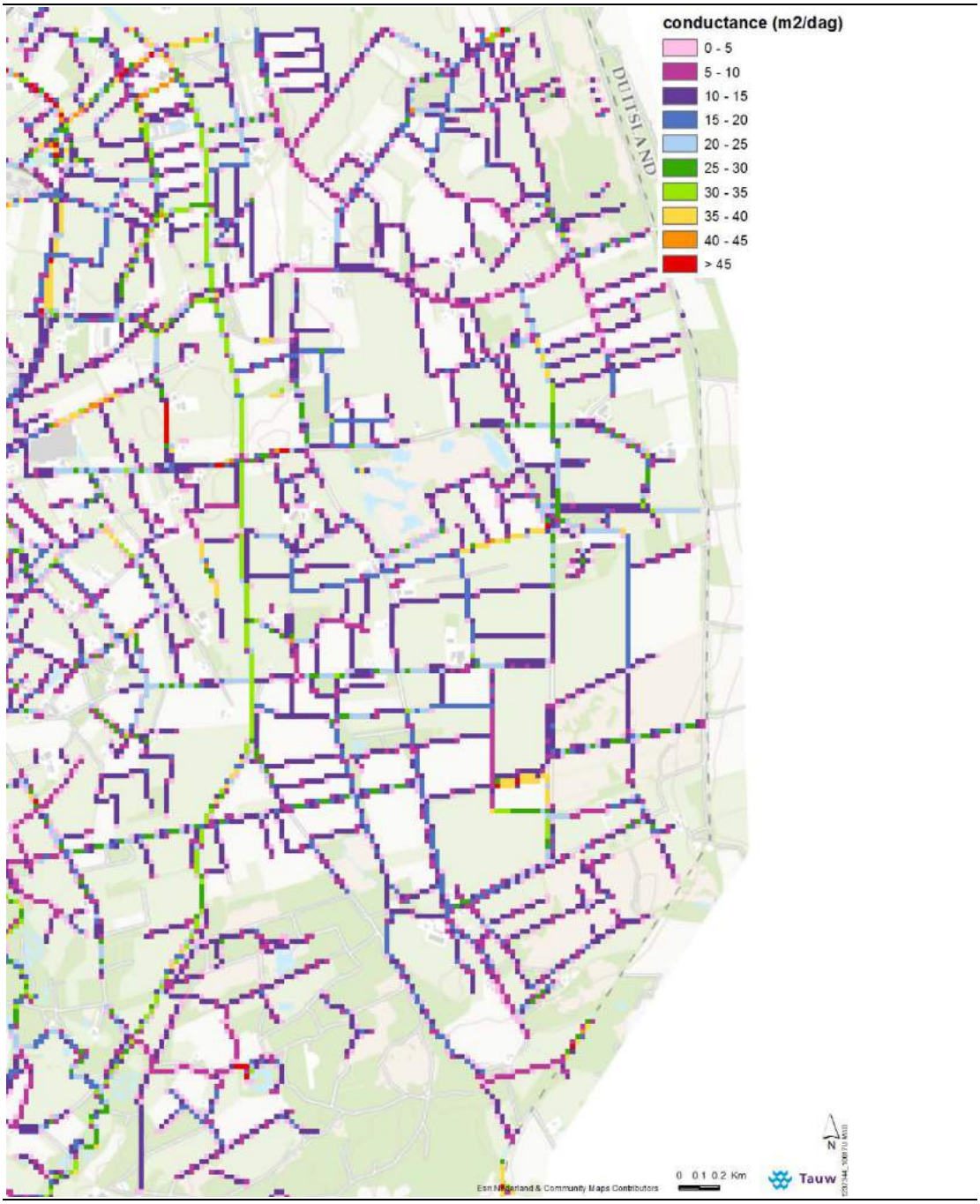
1 Controle basisbestanden



Top10 watergangen in model versus Top10-watergangen 2015



Mogelijkheid tot infiltratie in het model in de zomer en droogvalkaart zomer 2003. LeggerD betekent dat alleen drainage kan plaatsvinden. LeggerI betekent dat ook infiltratie kan plaatsvinden

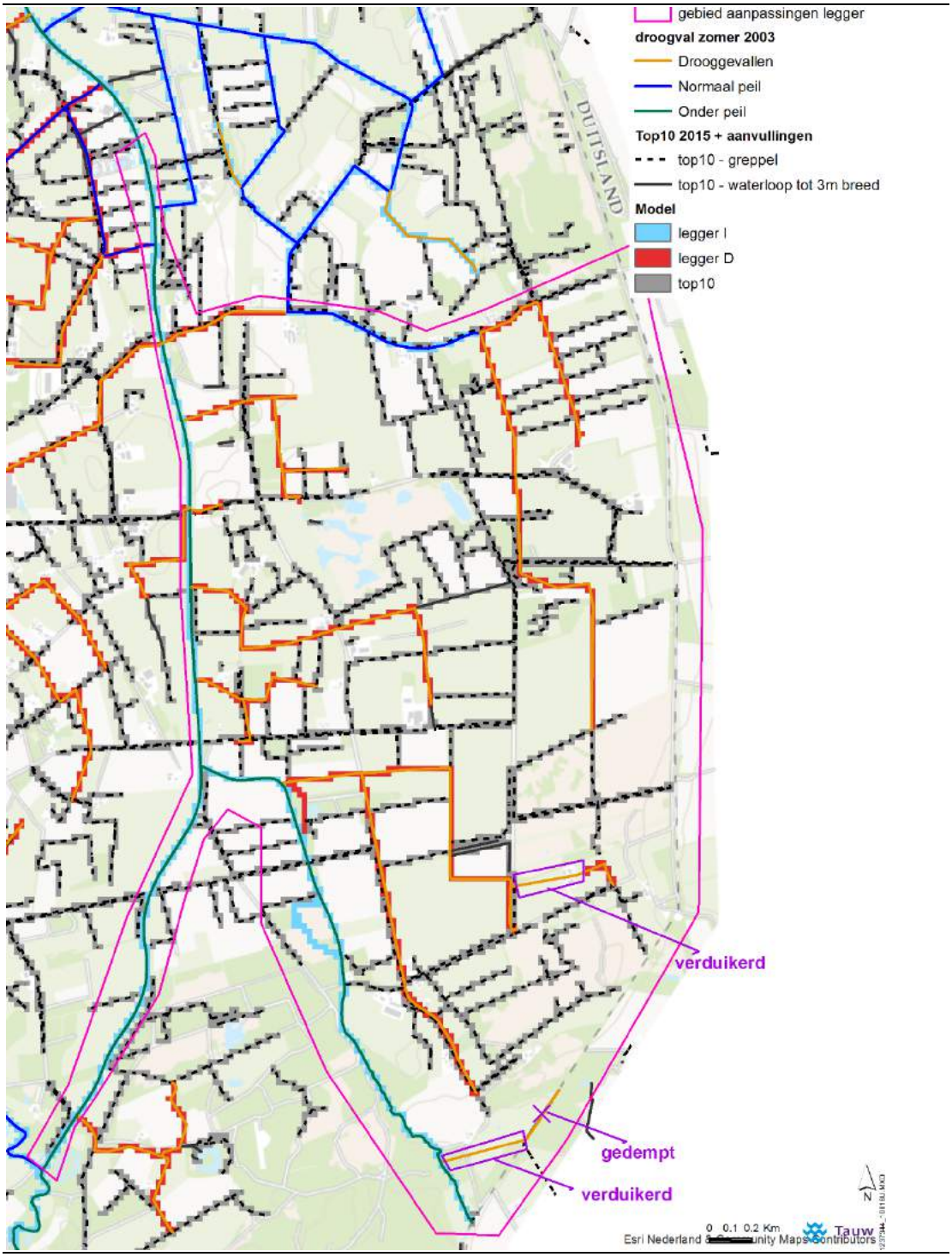


Conductance in model (alle watergangen)

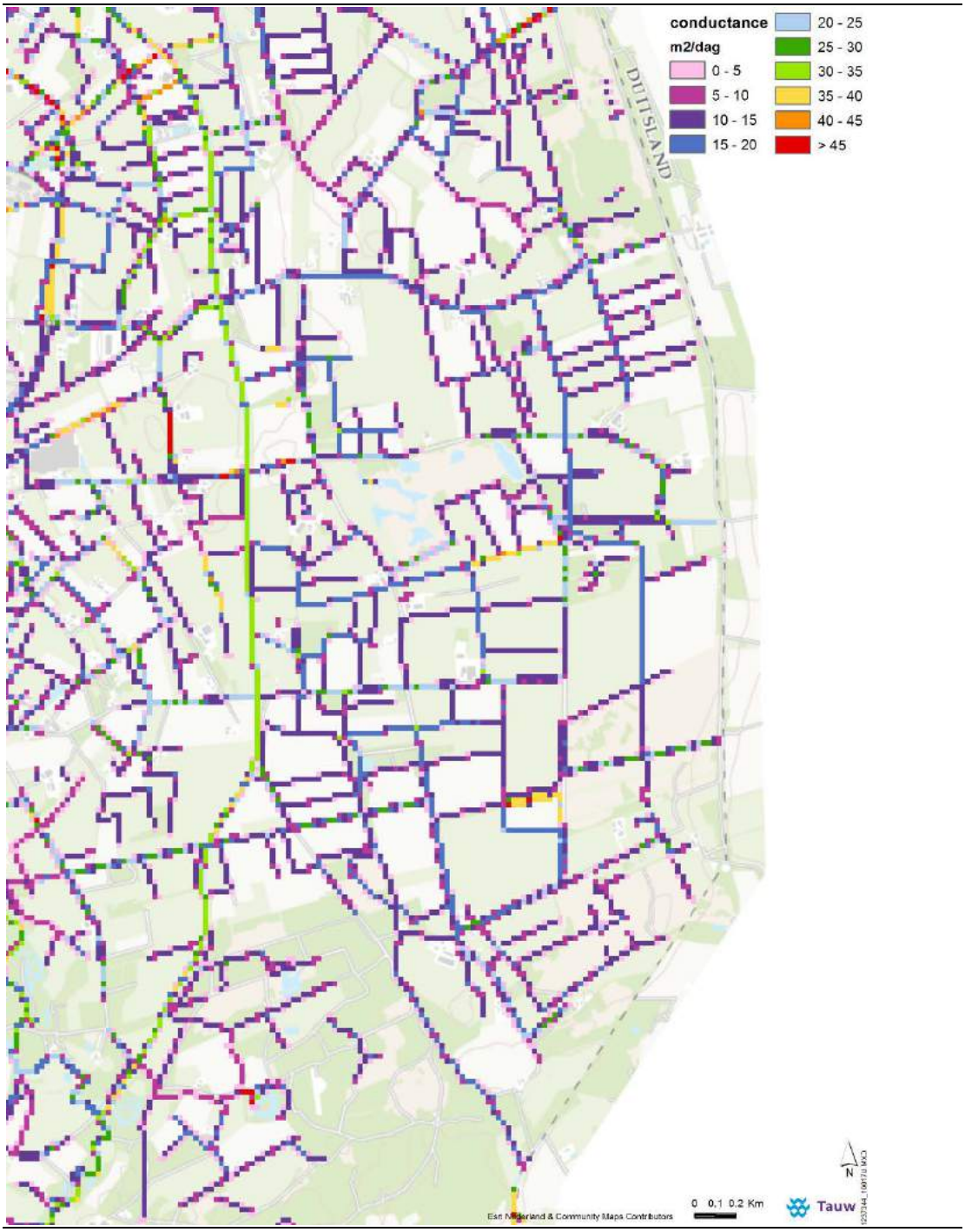
Bijlage

2

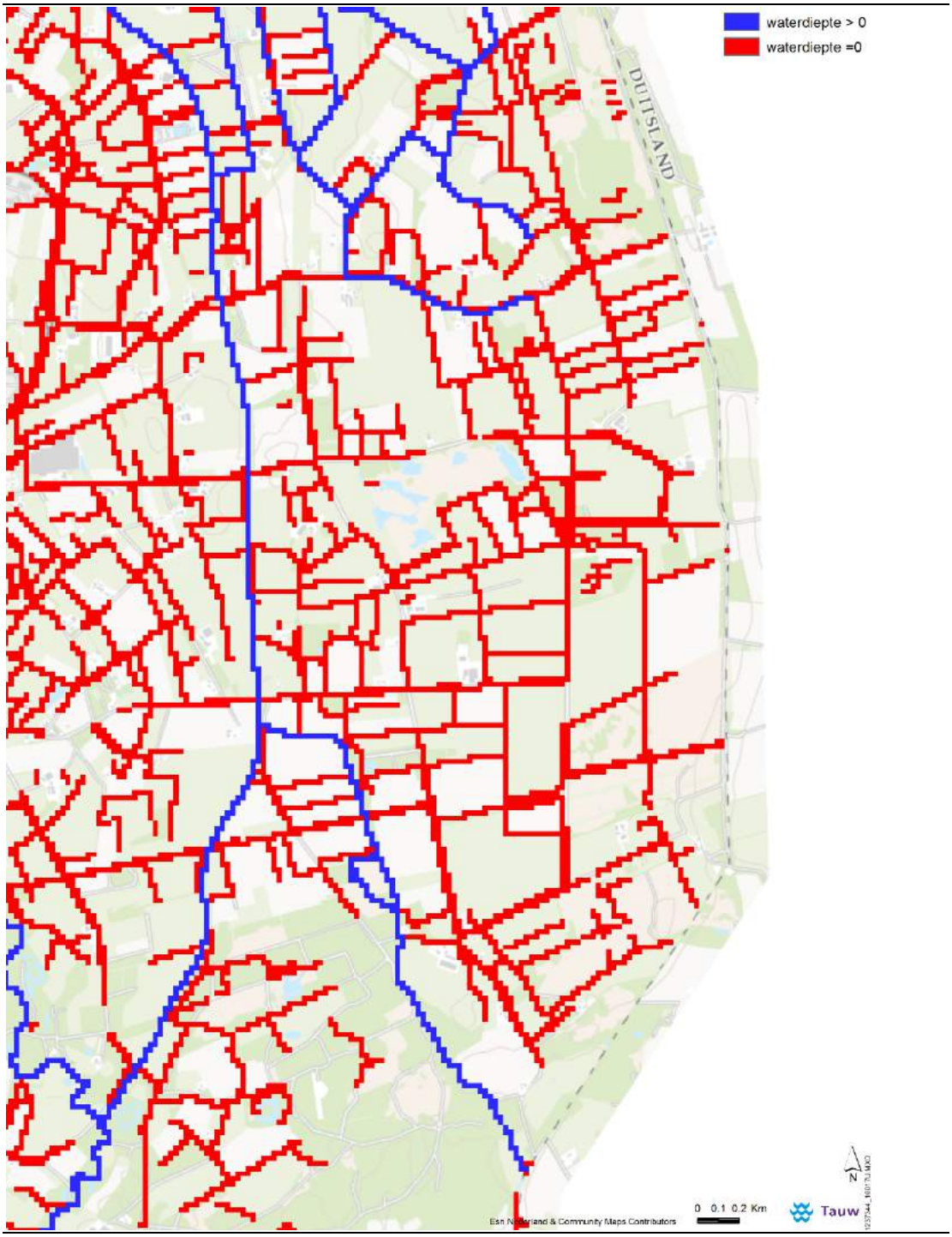
Aanpassingen waterlopen



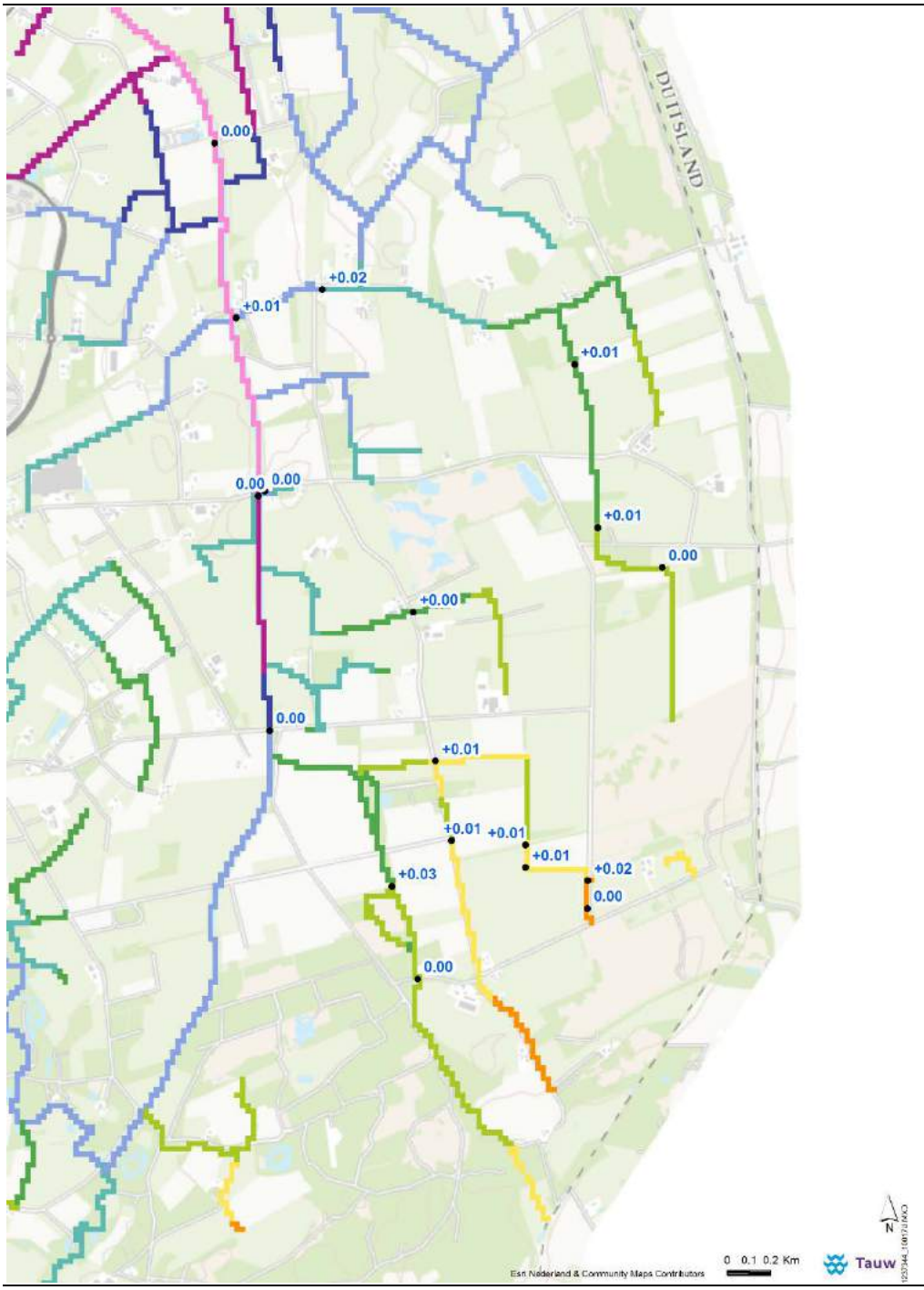
Gebied aanpassingen waterlopenstelsel



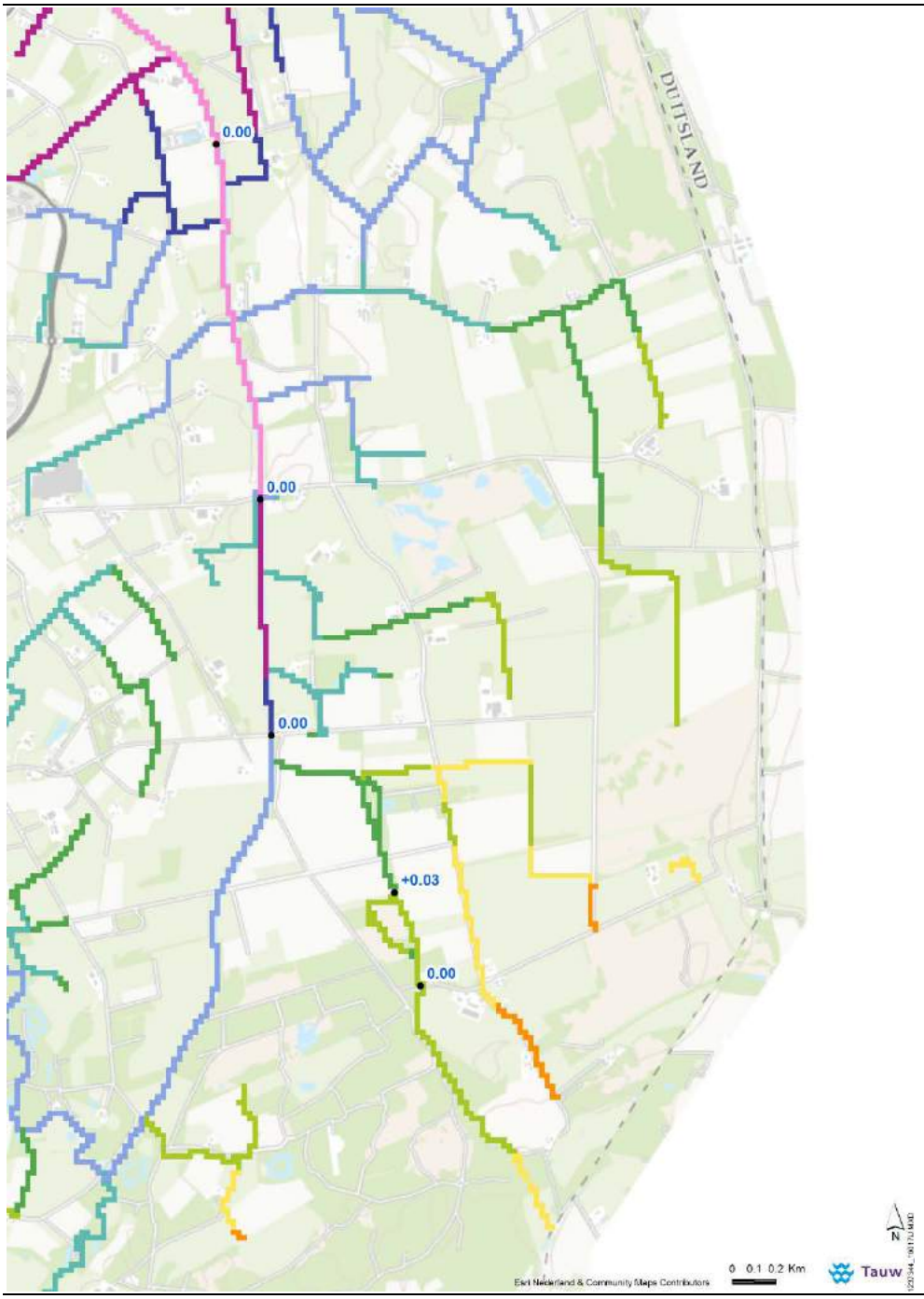
Conductance aangepast waterlopenstelsel



Mogelijkheid infiltratie aangepast waterlopenstelsel. Waterdiepte=0 betekent dat alleen drainage mogelijk is. Waterdiepte>0 betekent dat zowel infiltratie als drainage mogelijk is.



Verschil stuwpeil en modelpeil in de winter na aanpassingen

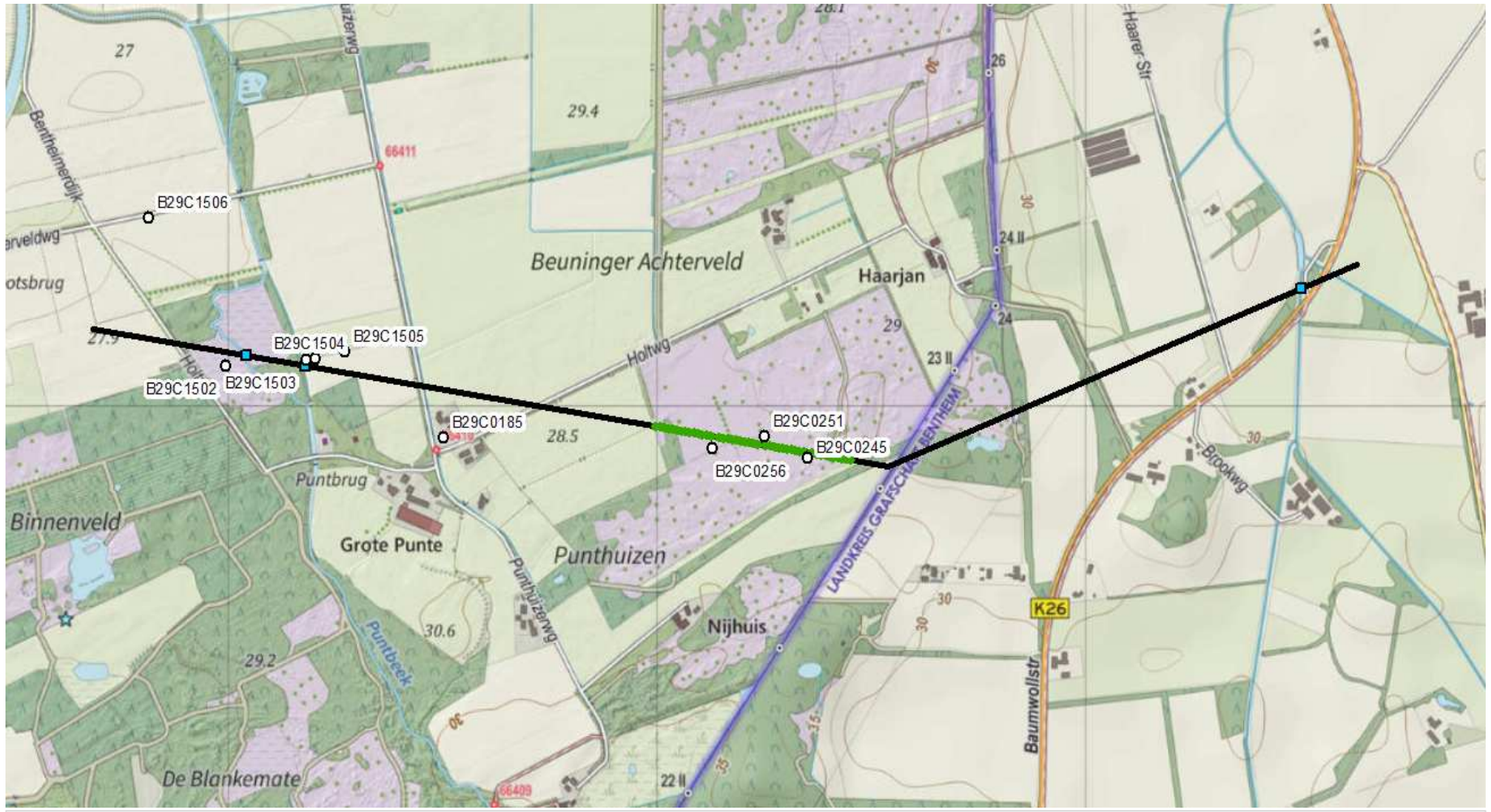


***Verschil stuwpeil en modelpeil in de zomer na aanpassingen*. De leggerD watergangen staan droog dus stuwpeil geldt niet. Als peil in het model is de bodemhoogte aangehouden**

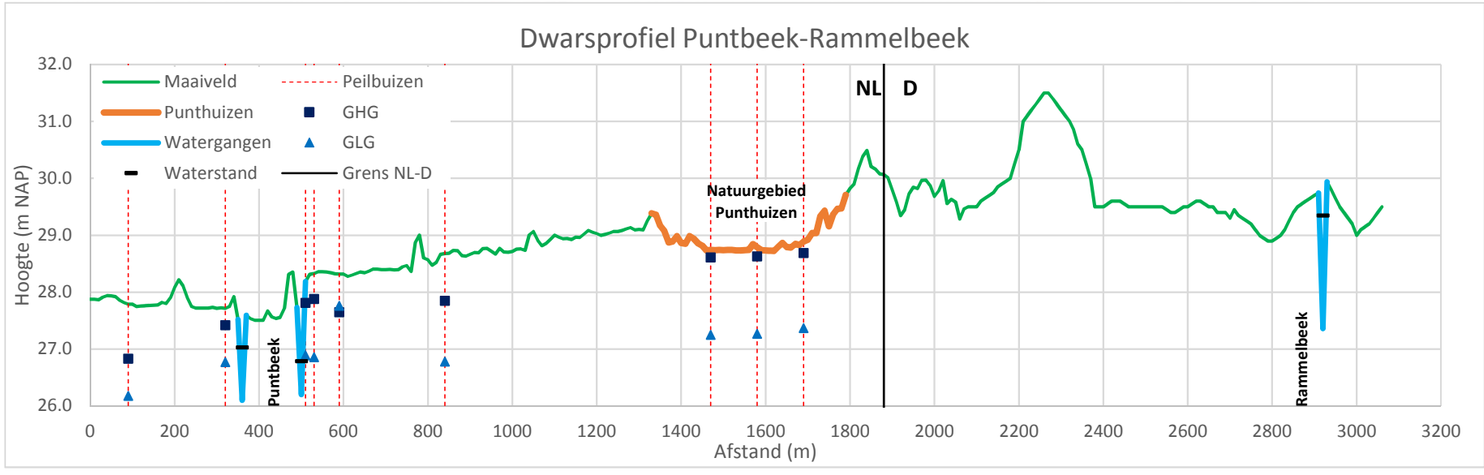
Bijlage

3

Dwarsdoorsnede Puntbeek (NL)- Rammelbeek (DE)



B29C1506
B29C1504
B29C1505
B29C1502
B29C1503
B29C0185
B29C0251
B29C0245
B29C0256
Beuninger Achterveld
Haarjan
Punthuizen
Grote Punte
Binnenveld
Nijhuis
De Blankemate
Puntbrug
Puntbeek
Holtwg
Haarer Str
Brookwg
Baumwollstr
K26
LANDKREIS GRAFSCHAFT BENTHEIM



Dwarsprofiel Puntbeek-Rammelbeek
Maaiveld
Peilbuizen
Punthuizen
GHG
Watergangen
GLG
Waterstand
Grens NL-D
NL
D
Natuurgebied Punthuizen
Puntbeek
Rammelbeek
Hoogte (m NAP)
Afstand (m)

Bijlage

4

Beschikbare informatie Duitsland

Tauw

Notitie

Concept

Contactpersoon Margrietha Bor

Datum 13 juni 2016

Kenmerk N002-1237344BMP-V01

Beschikbare gegevens Duistland

1 Algemeen

1.1 Topografische kaart

1.1.1 Geodatenportal Niedersachsen

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	Nee
WMS	Nee
Viewer	http://geoportal.geodaten.niedersachsen.de/navigator/?gid=TvKEx80oxzgRA6rXSwC43ZRqSUFq3lf4
Analoog (bijv PDF)	Nee

1.2 Landgebruik

1.2.1 2005 land cover map of Lower Saxony, 1 : 25 000

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	Nee
WMS	http://nibis.lbeg.de/cardomap3/public/ogc.ashx?NodeId=224&Service=WMS&Request=GetCapabilities&
Viewer	http://nibis.lbeg.de/cardomap3/
Analoog (bijv PDF)	Nee

1.3 Maaiveldhoogte

1.3.1 Digital terrain model 1 : 5 000 (LBEG edition)

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	Nee
WMS	http://nibis.lbeg.de/cardomap3/public/ogc.ashx?NodeId=893&Service=WMS&Request=GetCapabilities&
Viewer	http://nibis.lbeg.de/cardomap3/
Analoog (bijv PDF)	Nee

1.3.2 DGM25

25 bij 25 m van grensgebied ontvangen van waterschap Vechtstromen

1.3.3 Digitales Geländemodell 5 (DGM5)

Das Digitale Geländemodell 5 (DGM5) als Modell hoher Qualitätsstufe beschreibt die Geländeformen der Erdoberfläche durch in einem regelmäßigen Gitter angeordnete, in Lage und Höhe georeferenzierte Punktmengen. Die Gitterweite beträgt 5 m, die Höhengenauigkeit geländetypabhängig 0,5 -1m. Im Flachland und leicht bewegten Gelände liegt sie bei 0,5 m, im stärker bewegten Gelände bei 1m.

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	Ja, tegen betaling. http://www.lgn.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=11080&article_id=51746&_psmand=35
WMS	nee
Viewer	nee
Analoog (bijv PDF)	Nee

2 Geologie

2.1 Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:200.000 (GÜK200) - CC 3902 Lingen (Ems)

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	https://produktcenter.bgr.de/terraCatalog/DetailResult.do?fileIdentifier=ABA9633F-E0BA-438D-918C-6B3BEB4D641C
WMS	(https://services.bgr.de/wms/geologie/guek200/?)
Viewer	Nee
Analoog (bijv PDF)	https://produktcenter.bgr.de/terraCatalog/DetailResult.do?fileIdentifier=ABA9633F-E0BA-438D-918C-6B3BEB4D641C

Beschrijving (Engels)

The map series General Geological Map of the Federal Republic of Germany 1:200,000 (GÜK200) is the result of cooperation between the State Geological Surveys of the Federal Republic of Germany (SGD), the Geological Surveys of neighbouring countries and the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR). The GÜK200 displays the surface geology of Germany and adjacent areas of neighbouring countries on 55 map sheets. The map sheets show the regional dissemination of more than 3800 geological units. The geological units contain information on stratigraphy (age), genesis and petrography (composition) of the rocks. Each printed/scanned map sheet contains one or several geological cross-sections which give an insight into the subsurface. The digital data of the map series are stored separately for each map sheet. According to this geological units/polygons, their boundaries, tectonic linear elements and, if present, ice sheet boundaries are saved as a discrete layer in a shapefile for the single map sheets. The attributes of the geological units contain information – like in the printed map sheets – on stratigraphy, genesis and petrography of the rocks.

2.2 Geologische doorsnede

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	Nee
WMS	Nee
Viewer	http://nibis.lbeg.de/cardomap3/
Analoog (bijv PDF)	Ja, via viewer

3 Bodem

3.1 Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK200)

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	https://produktcenter.bgr.de/terraCatalog/DetailResult.do?fileIdentifier=ABA9633F-E0BA-438D-918C-6B3BEB4D641C
WMS	https://services.bgr.de/wms/boden/buek200/index.php
Viewer	Nee
Analoog (bijv PDF)	https://produktcenter.bgr.de/terraCatalog/DetailResult.do?fileIdentifier=ABA9633F-E0BA-438D-918C-6B3BEB4D641C

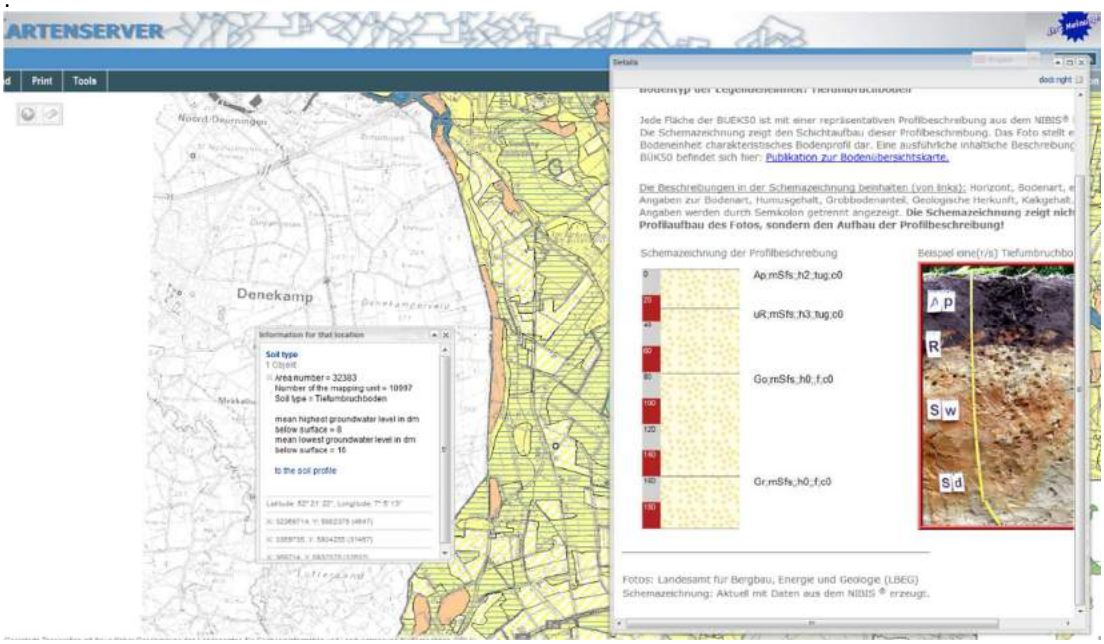
Beschrijving (Engels)

The soil map 1:200,000 (BUEK200) is prepared by the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) in cooperation with the National Geological Surveys (SGD) of the federal states in the sheet line system of the Topographic Map 1:200,000 (TUEK200) and is published in 55 individual map sheets. The digital data management provides a detailed, nationwide uniform and comprehensive information base for statements on land use and soil protection across the states. Information about the current state of processing can be found on the BGR website about soil. The soil inventories and their spatial distribution on the territory of this map sheet is described in terms of 34 legend units structured by soil regions and landscapes. Each legend unit contains soil systematic information as well as information about the soil parent material of each dominant and associated soil.

3.2 Generalized soil map (1:50.000)

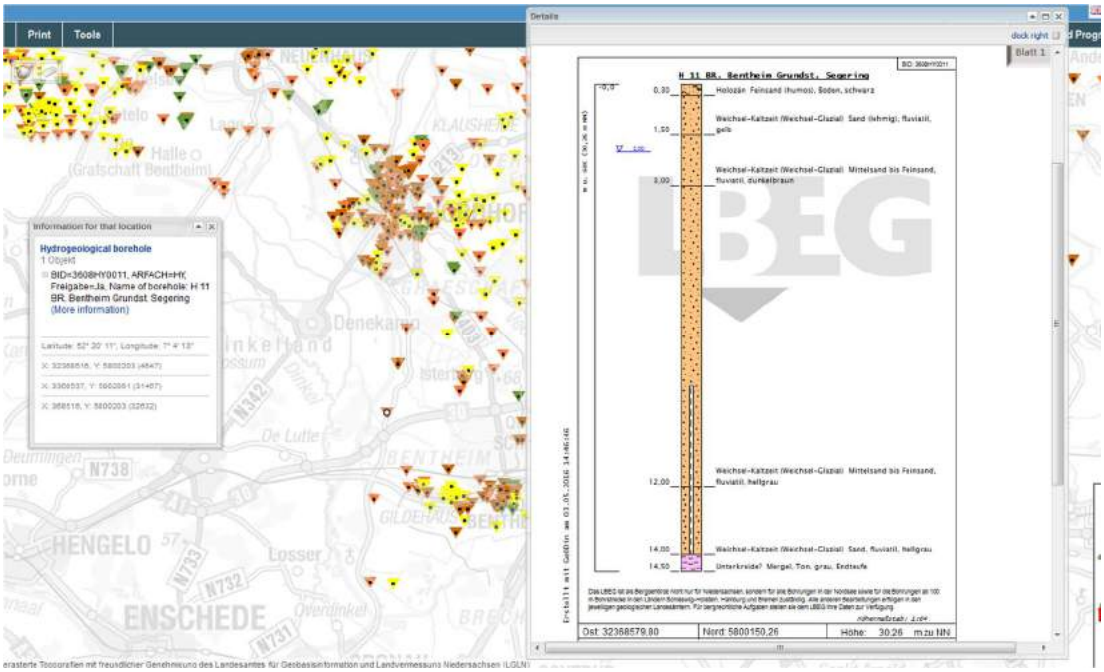
Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	nee
WMS	https://nibis.lbeg.de/cardomap3/public/ogc.ashx?NodeId=589&Service=WMS&Request=GetCapabilities&
Viewer	http://nibis.lbeg.de/cardomap3/#
Analoog (bijv PDF)	ja, vanuit viewer

.



3.3 Boorprofielen

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	nee
WMS	nee
Viewer	http://nibis.lbeg.de/cardomap3/#
Analoog (bijv PDF)	ja, vanuit viewer of via bestelling (tegen kosten)



4 Geohydrologie

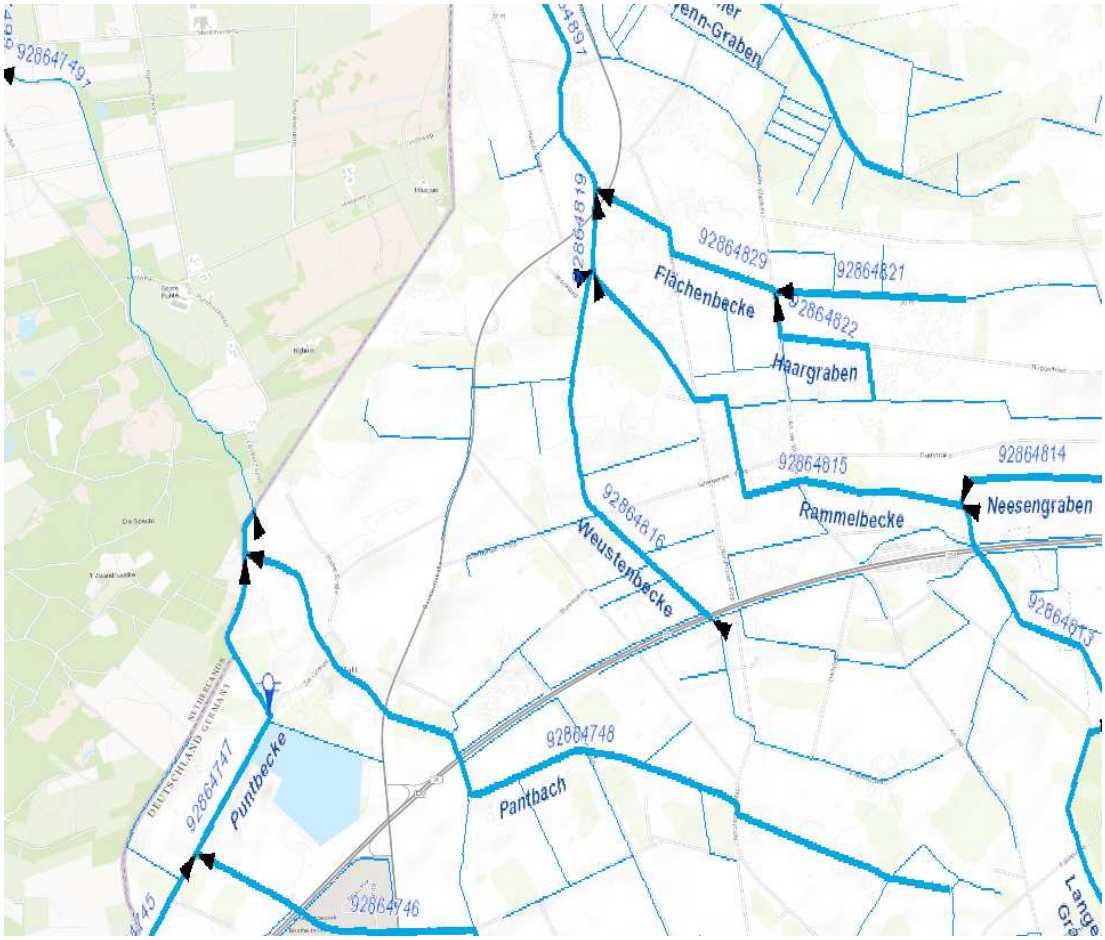
4.1 Hydrogeologische Ubersichtskarte (HUEK) 1:200.000

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	https://produktcenter.bgr.de/terraCatalog/DetailResult.do?fileIdentifier=ABA9633F-E0BA-438D-918C-6B3BEB4D641C
WMS	https://services.bgr.de/wms/boden/huek200/index.php
Viewer	Nee
Analoog (bijv PDF)	https://produktcenter.bgr.de/terraCatalog/DetailResult.do?fileIdentifier=ABA9633F-E0BA-438D-918C-6B3BEB4D641C

5 Hydrologie

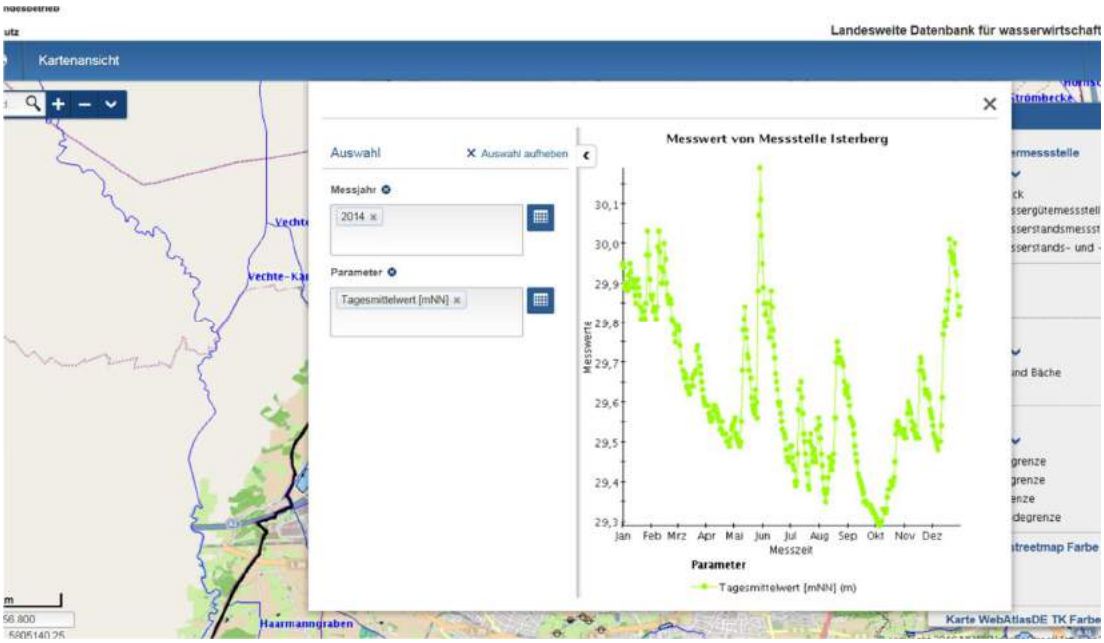
5.1 Waterlopen

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	nee
WMS	http://www.umweltkarten-niedersachsen.de/arcgis/services/Hydro_wms/MapServer/WMSServer?
Viewer	http://www.wasserdaten.niedersachsen.de/cadenza/
Analoog (bijv PDF)	nee



5.2 Peilbuizen

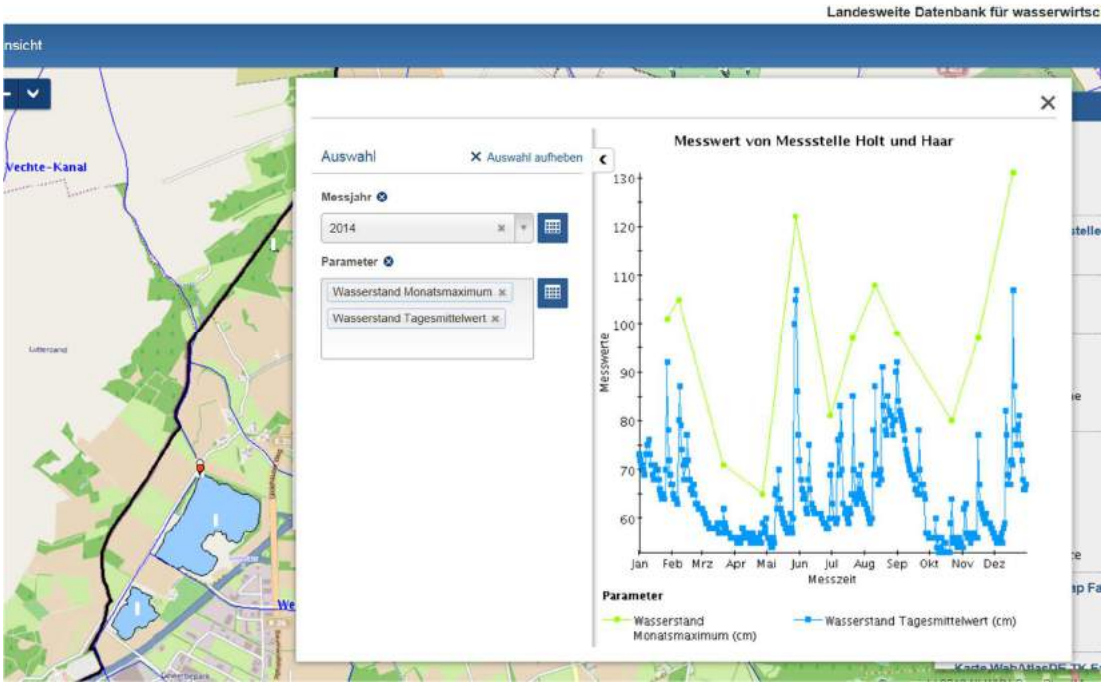
Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	Grondwaterstanden per jaar downloadbaar (gratis), locatie peilbuizen asls shapefile. Beide via viewer
WMS	http://www.umweltkarten-niedersachsen.de/arcgis/services/Hydro_wms/MapServer/WMSServer?
Viewer	http://www.wasserdaten.niedersachsen.de/cadenza/
Analoog (bijv PDF)	Ja vanuit viewer



5.3 Peil waterlopen

Type data	Beschikbaar
Shapefile/raster downloadbaar	waterstanden per jaar downloadbaar (gratis), locatie meting als shapefile. Beide via viewer
WMS	nee
Viewer	http://www.wasserdaten.niedersachsen.de/cadenza/

Analoog (bijv PDF)	Ja vanuit viewer

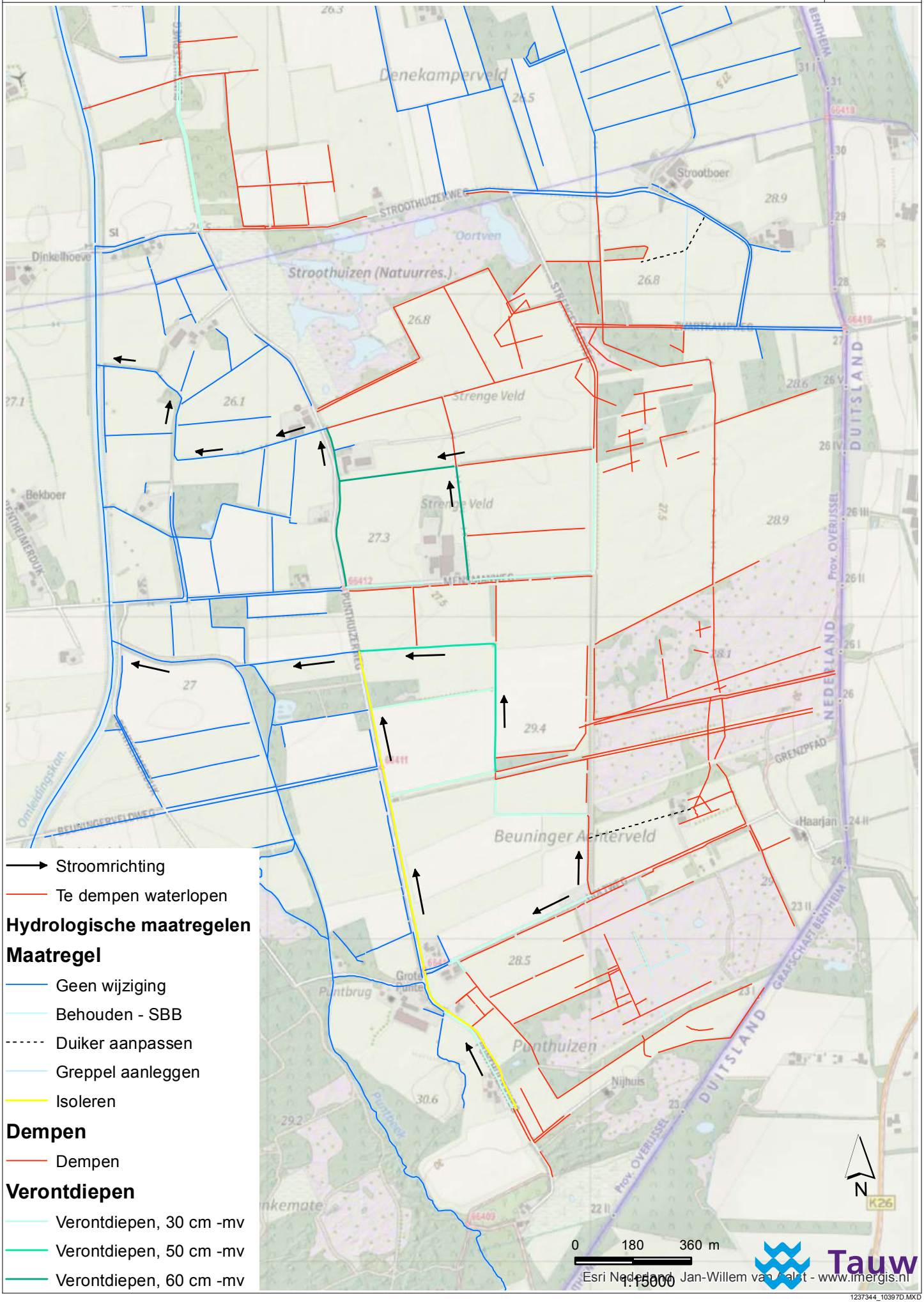


Bijlage

5

Inrichtingsmaatregelen korte termijn

Maatregelen waterlopen korte termijn



- Stroomrichting
- Te dempen waterlopen

Hydrologische maatregelen

Maatregel

- Geen wijziging
- Behouden - SBB
- Duiker aanpassen
- Greppel aanleggen
- Isoleren

Dempen

- Dempen

Verontdiepen

- Verontdiepen, 30 cm -mv
- Verontdiepen, 50 cm -mv
- Verontdiepen, 60 cm -mv

Tauw

1237344_10397D.MXD

Bijlage

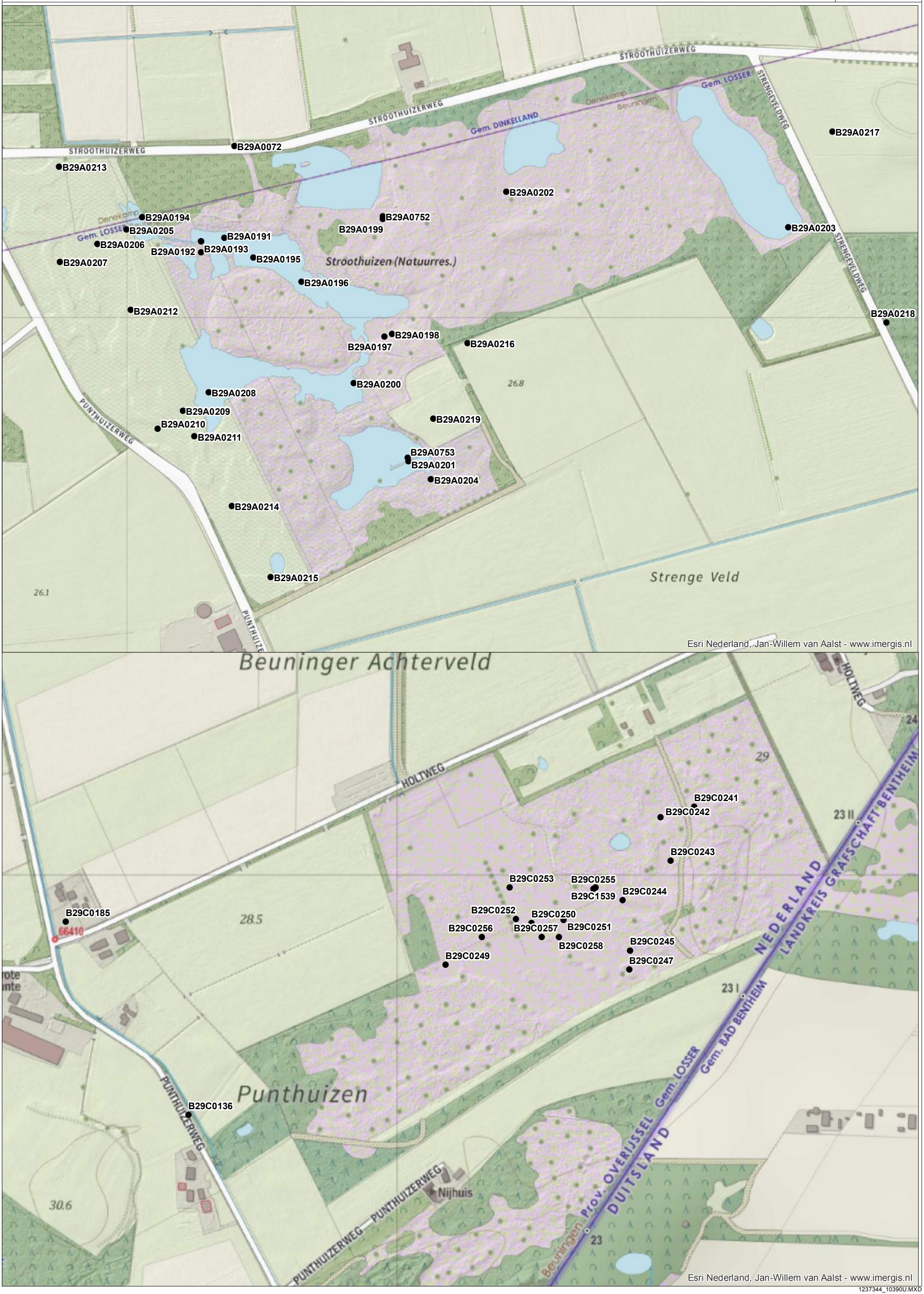
6

Tijdstijghoogtelijnen

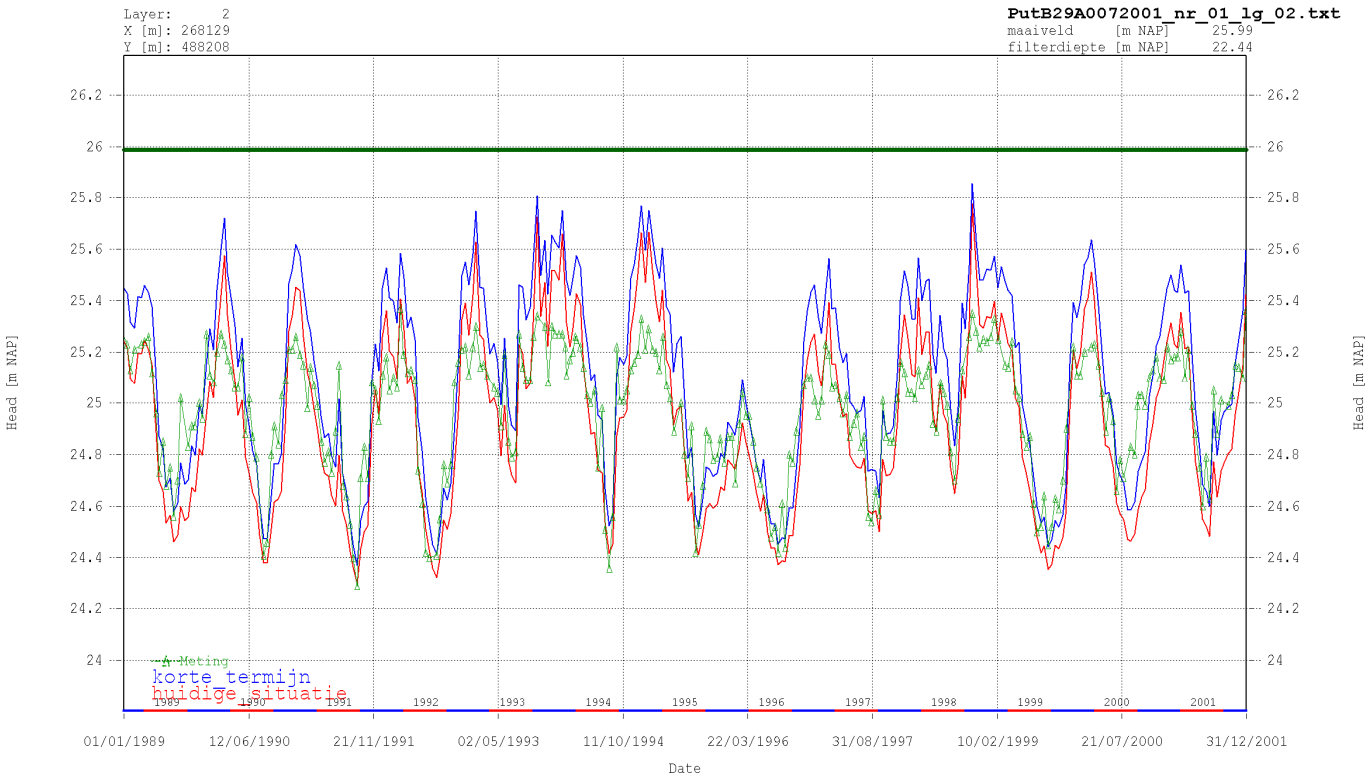
Peilbuizen validatieset

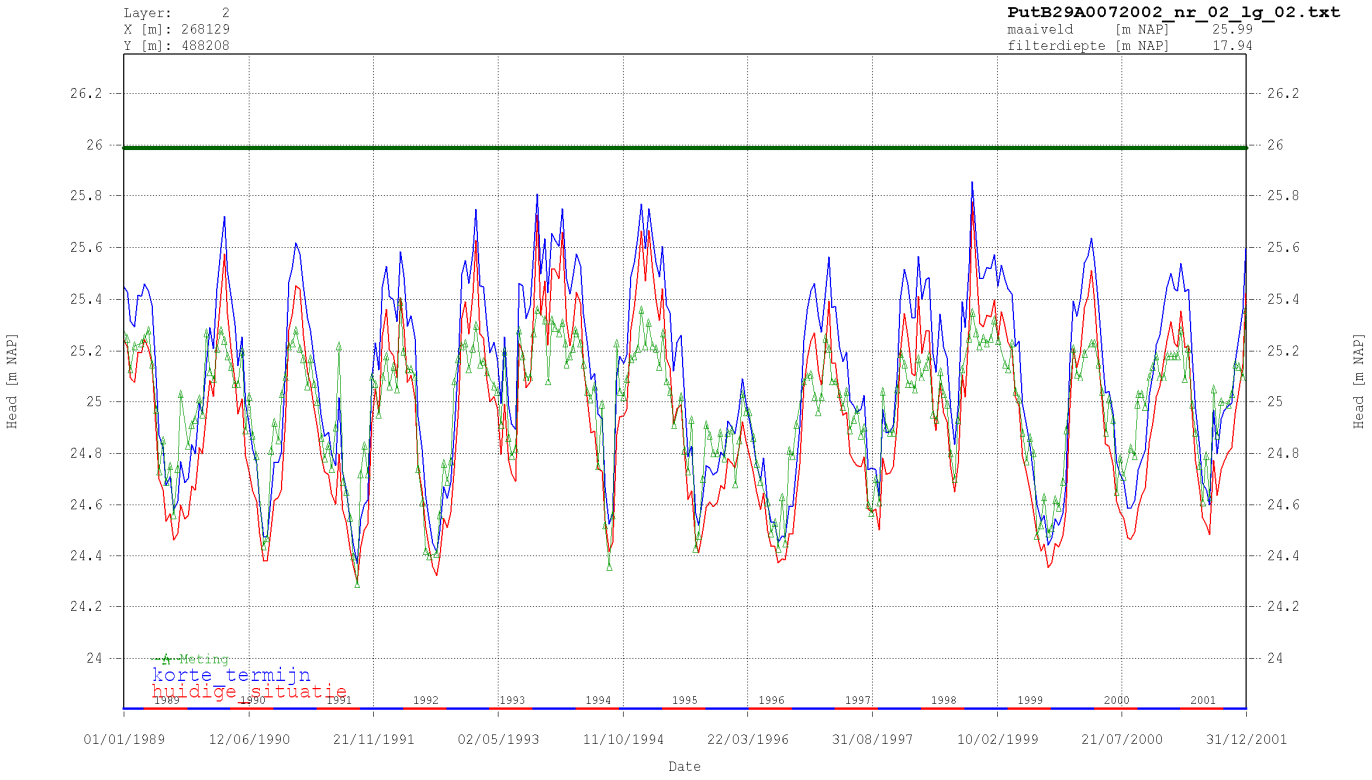
1237344_10390U.MXD

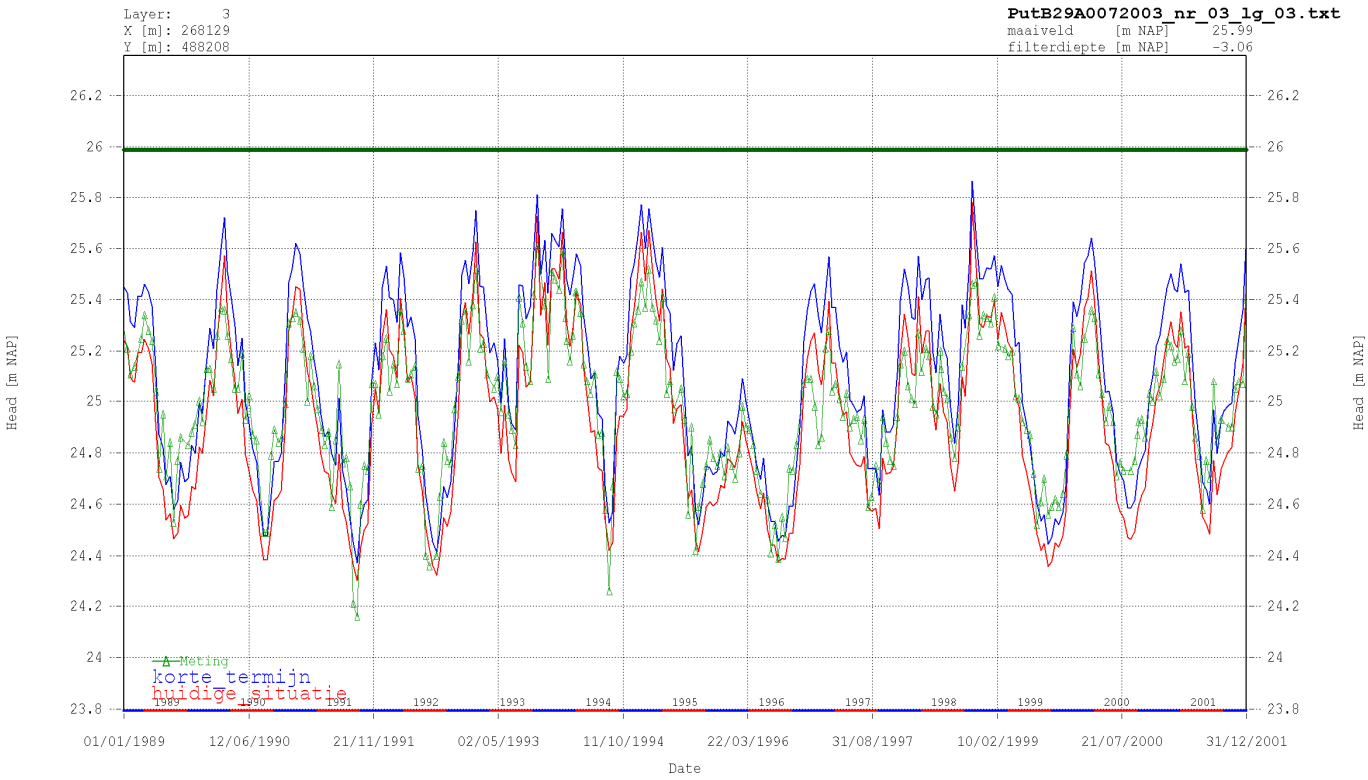
Peilbuizen validatieset

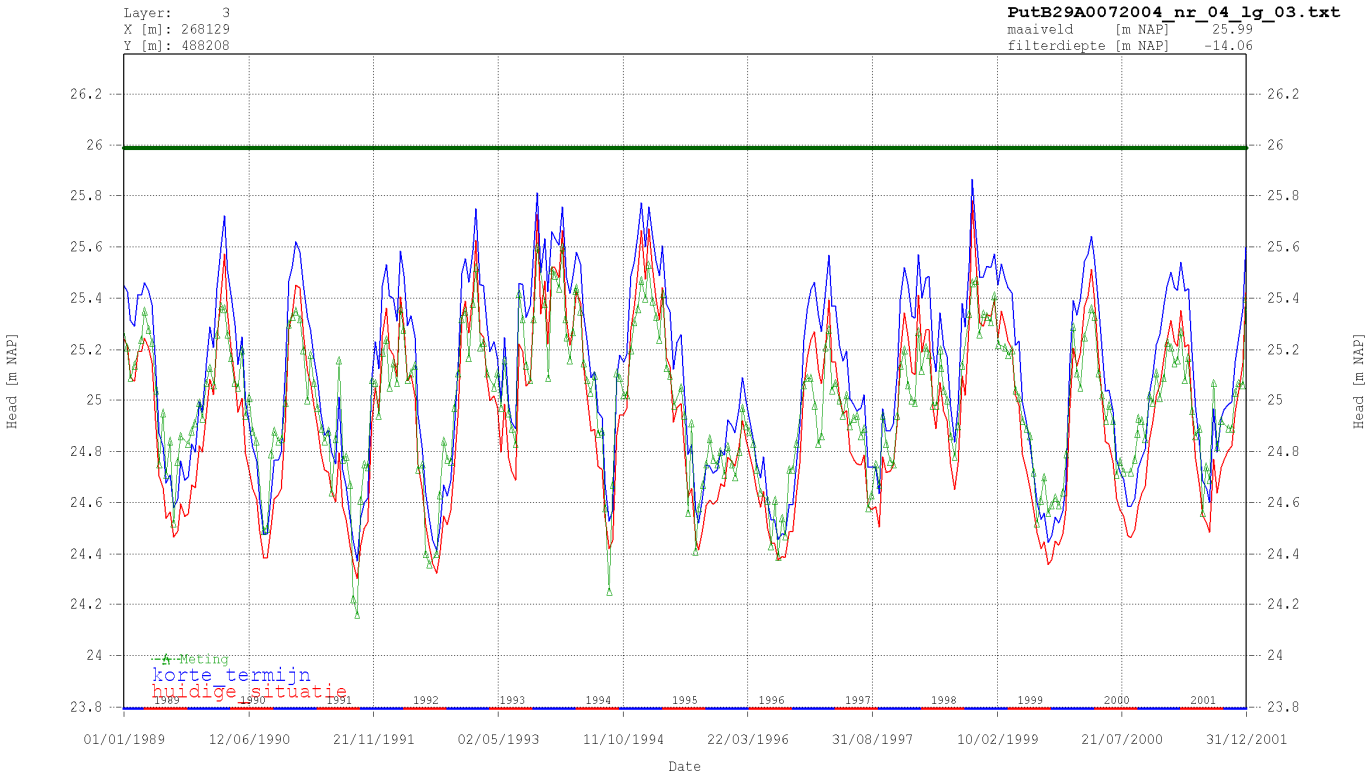


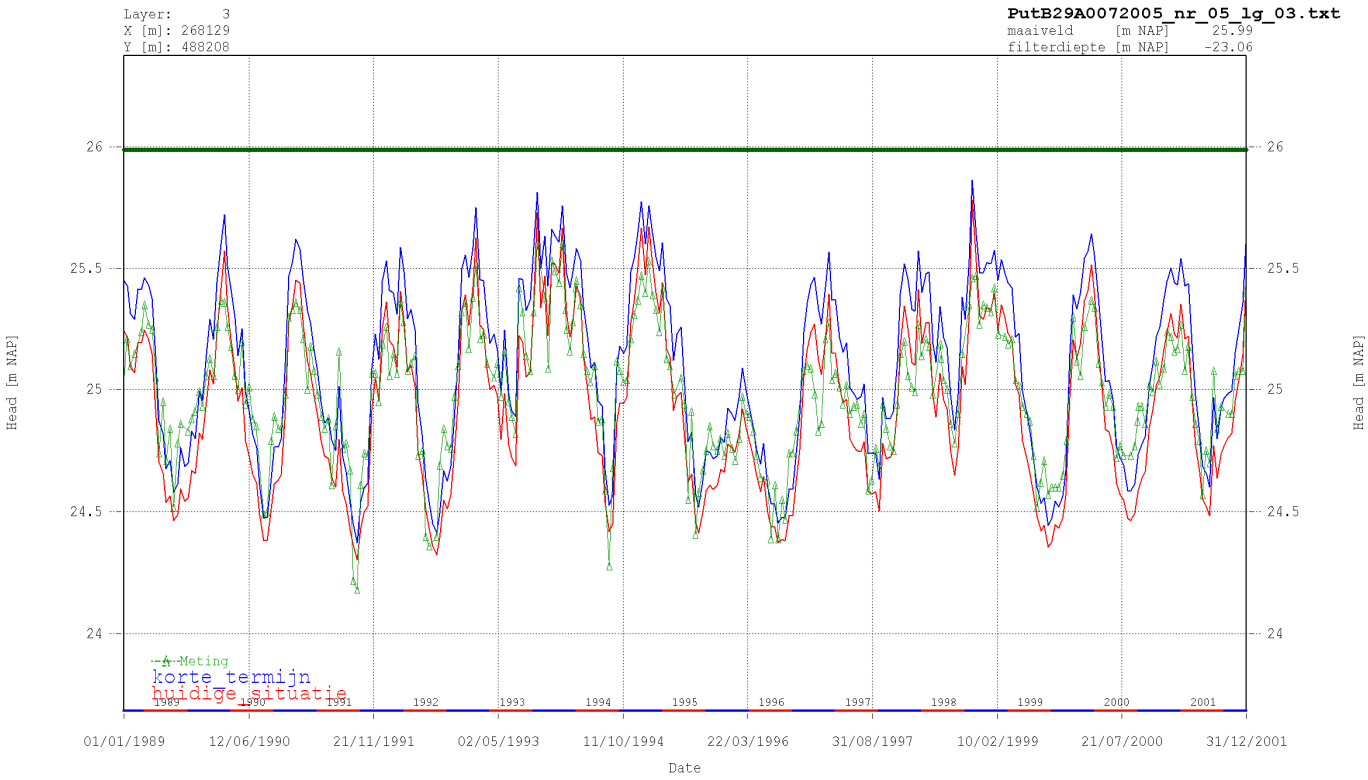
1237344_10390U.MXD

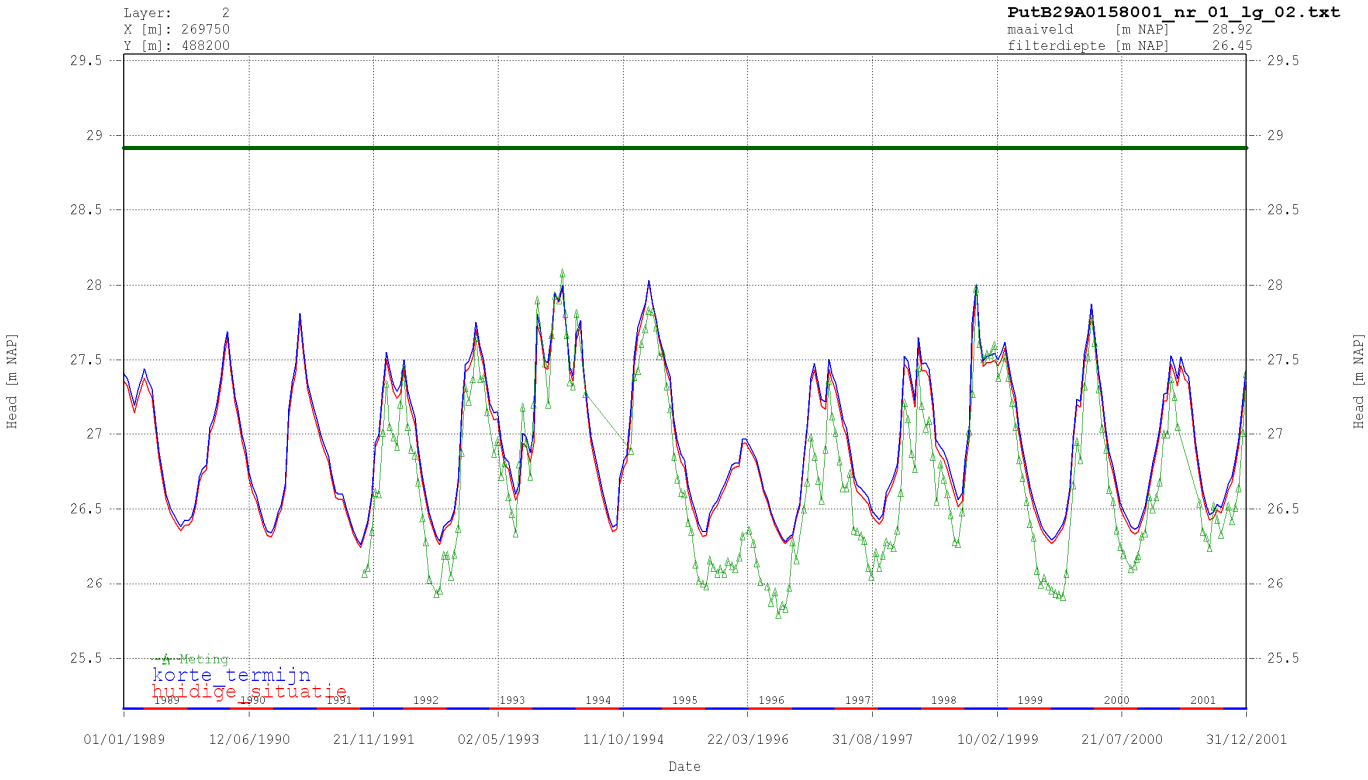

Layer: 2
X [m]: 268129
Y [m]: 488208
PutB29A0072001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.99
filterdiepte [m NAP] 22.44
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

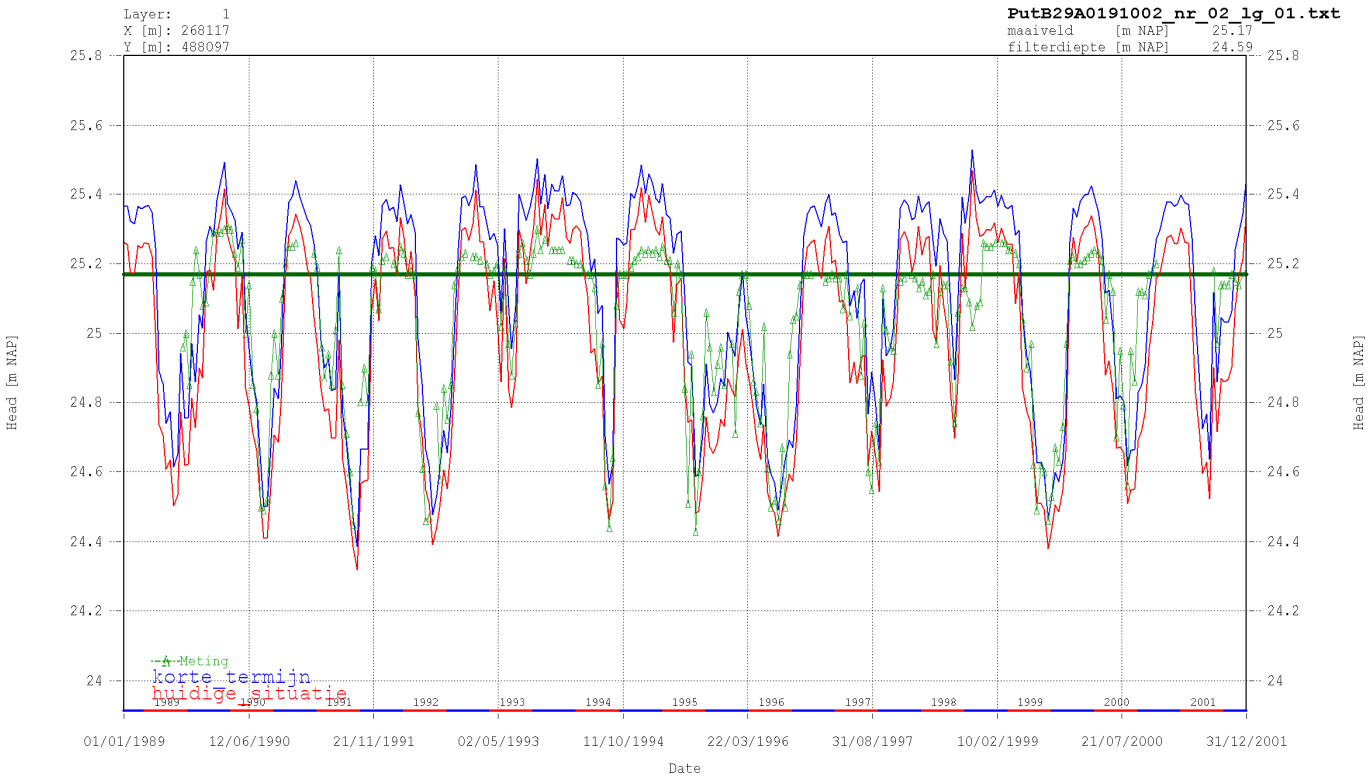

Layer: 2
X [m]: 268129
Y [m]: 488208
PutB29A0072002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.99
filterdiepte [m NAP] 17.94
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

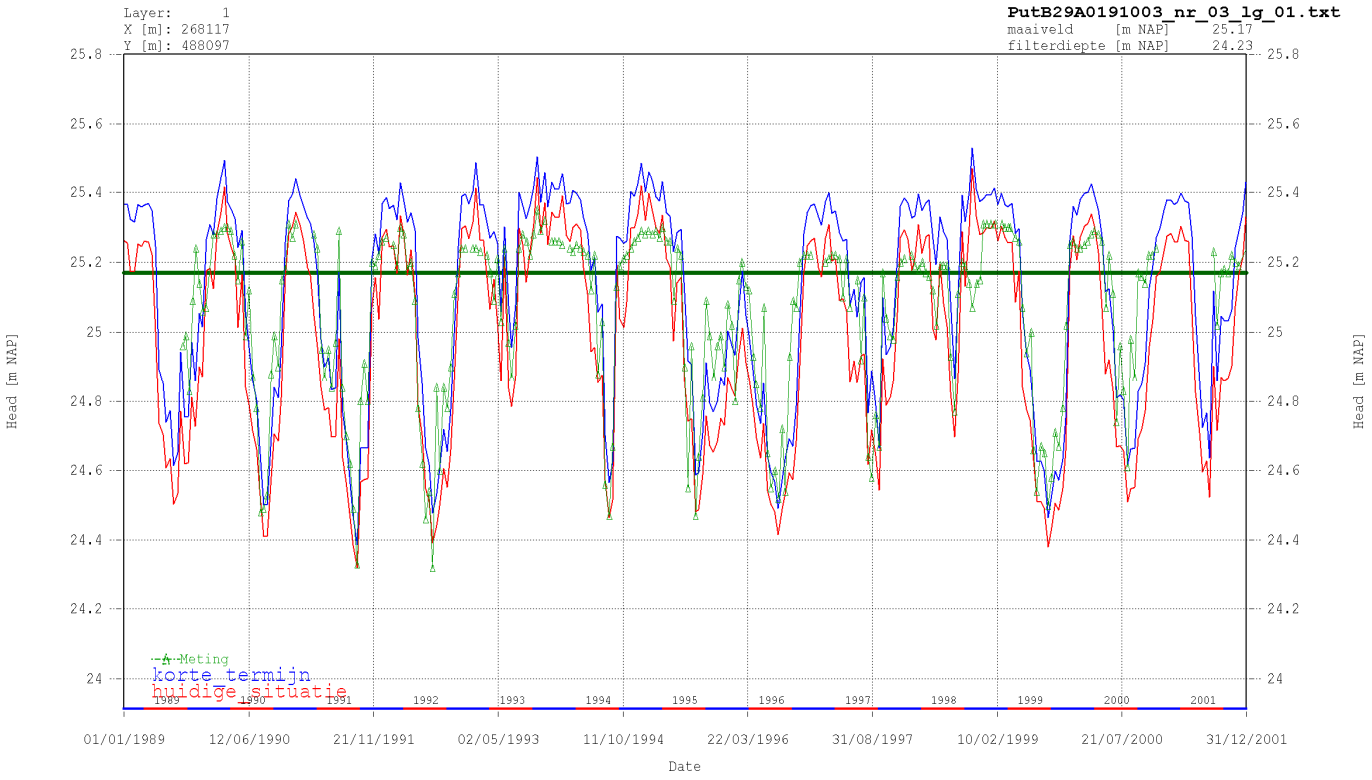

Layer: 3
X [m]: 268129
Y [m]: 488208
PutB29A0072003_nr_03_lg_03.txt
maaiveld [m NAP] 25.99
filterdiepte [m NAP] -3.06
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

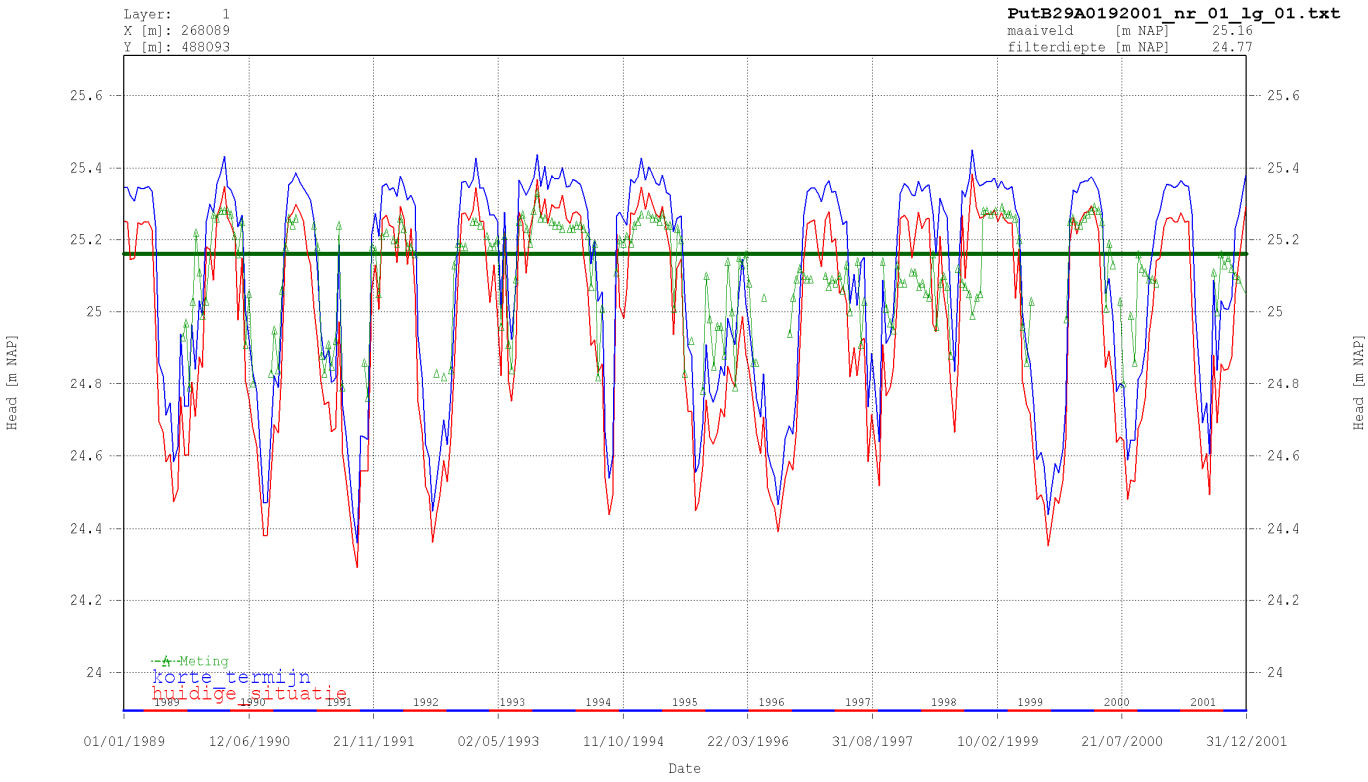

Layer: 3
X [m]: 268129
Y [m]: 488208
PutB29A0072004_nr_04_lg_03.txt
maaiveld [m NAP] 25.99
filterdiepte [m NAP] -14.06
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

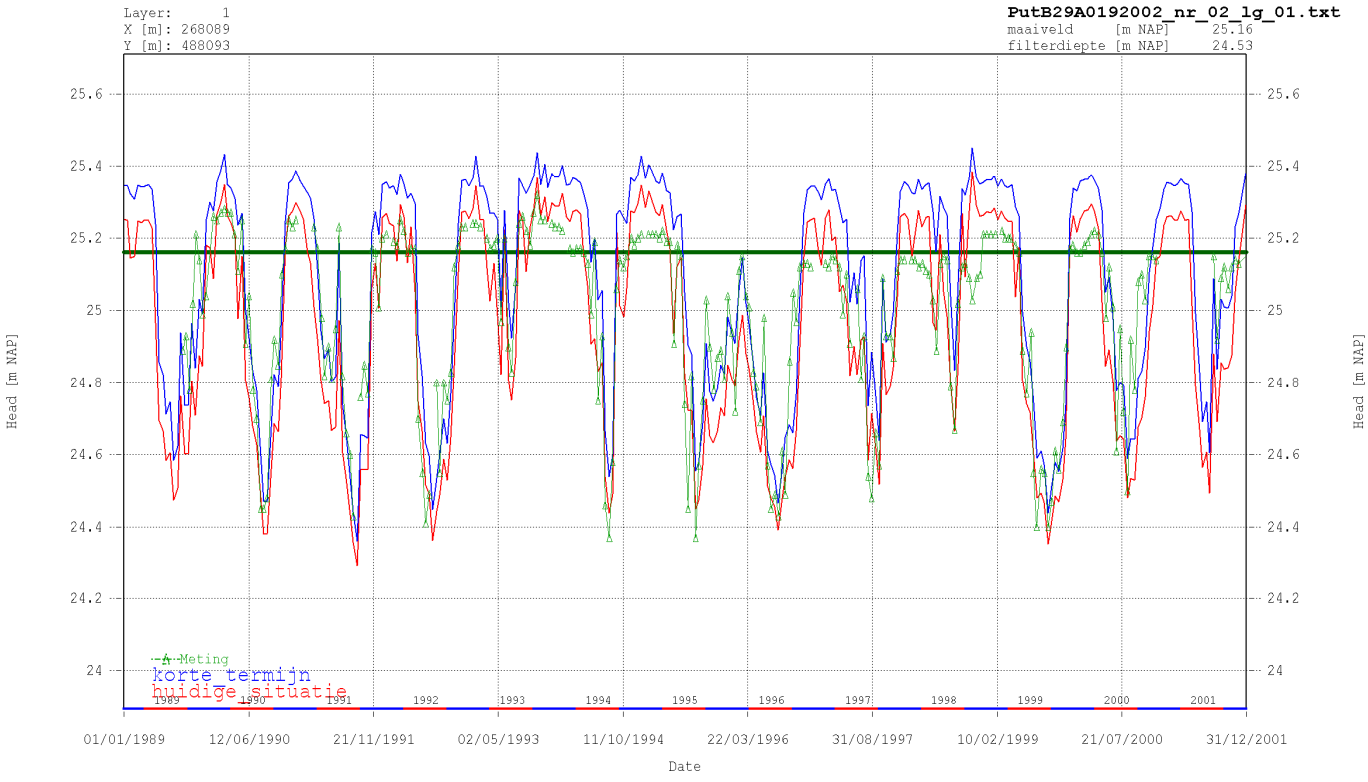

Layer: 3
X [m]: 268129
Y [m]: 488208
PutB29A0072005_nr_05_lg_03.txt
maaiveld [m NAP] 25.99
filterdiepte [m NAP] -23.06
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

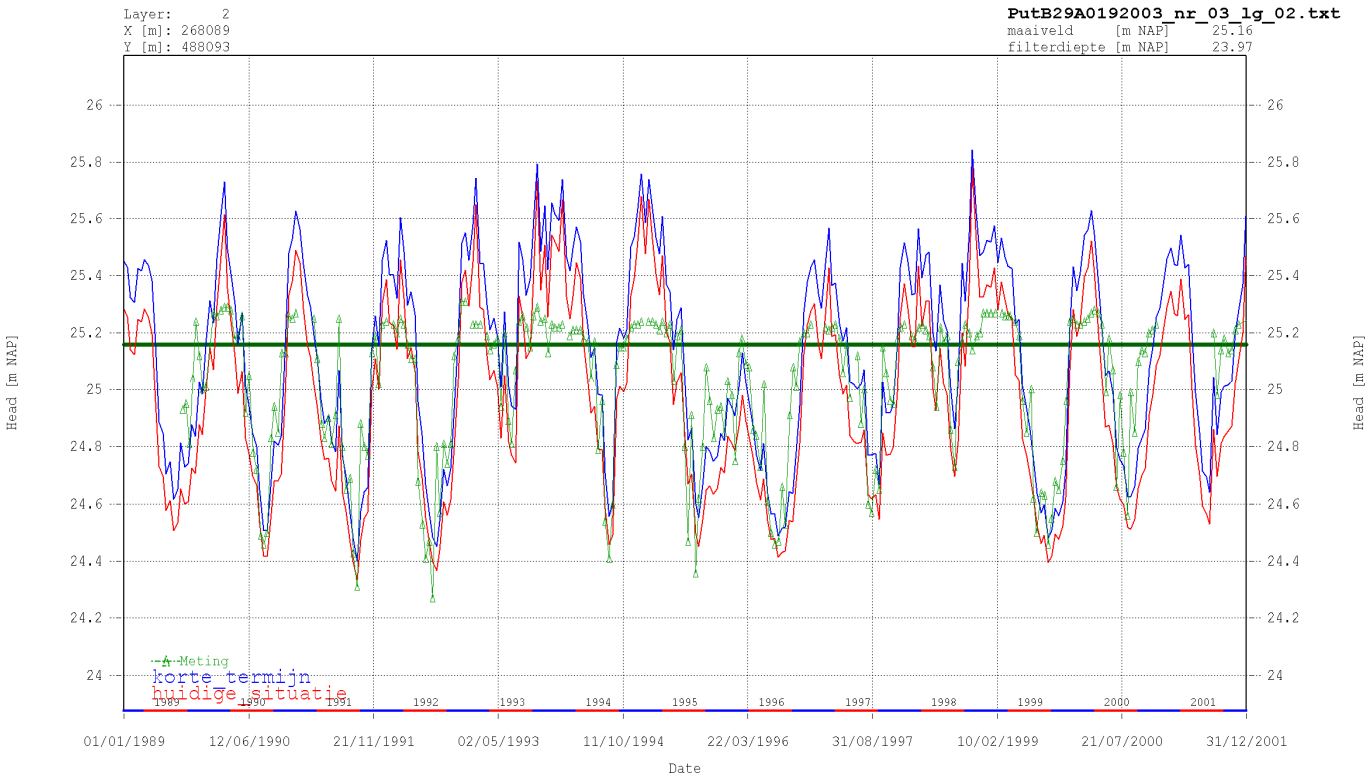

Layer: 2
X [m]: 269750
Y [m]: 488200
PutB29A0158001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.92
filterdiepte [m NAP] 26.45
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

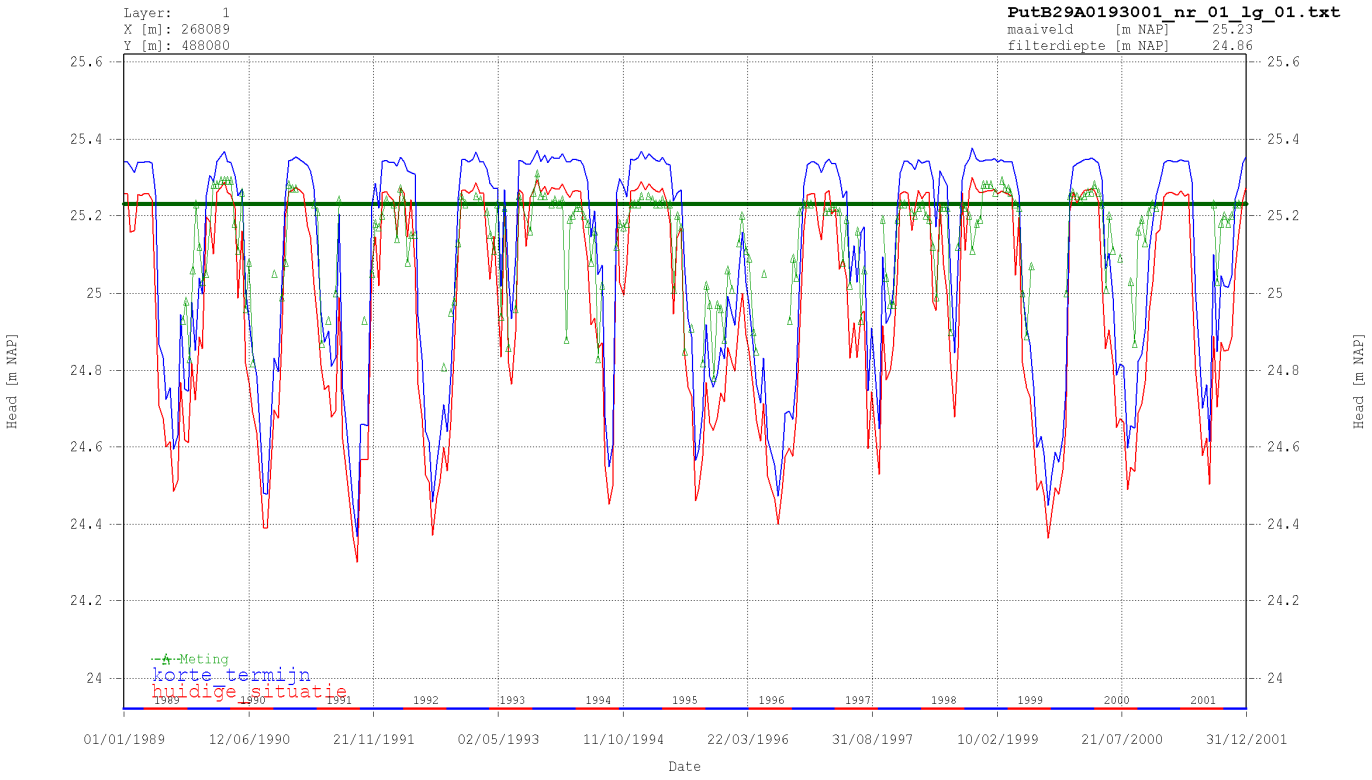

Layer: 1
X [m]: 268117
Y [m]: 488097
PutB29A0191002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.17
filterdiepte [m NAP] 24.59
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

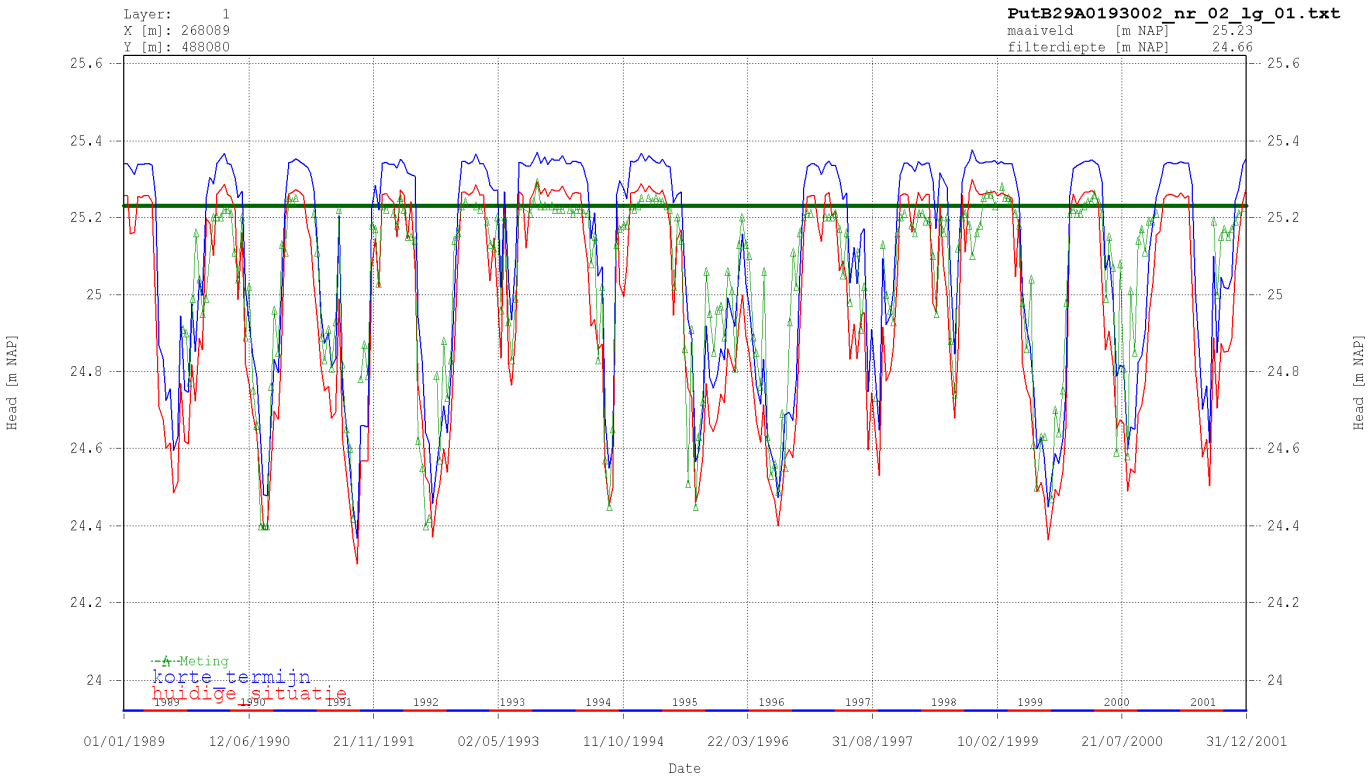

Layer: 1
X [m]: 268117
Y [m]: 488097
PutB29A0191003_nr_03_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.17
filterdiepte [m NAP] 24.23
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

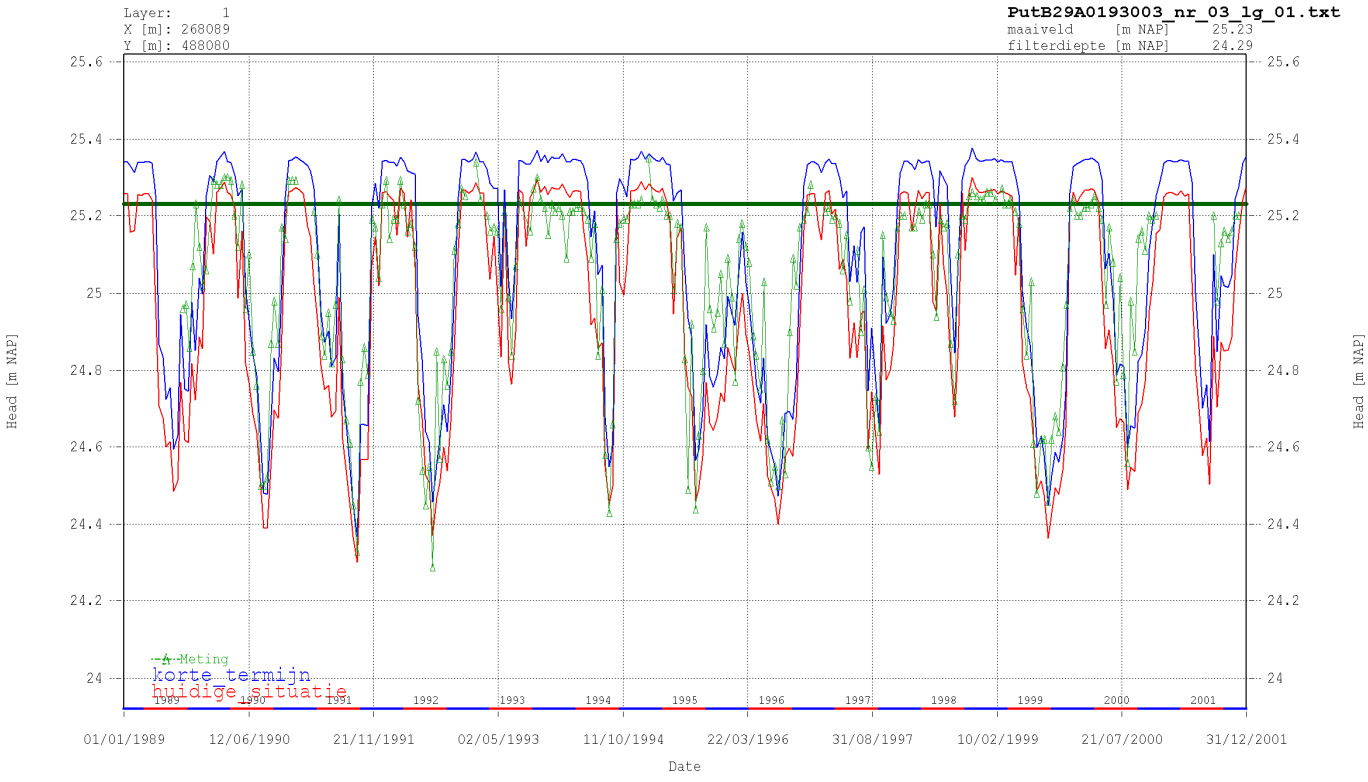

Layer: 1
X [m]: 268089
Y [m]: 488093
PutB29A0192001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.16
filterdiepte [m NAP] 24.77
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

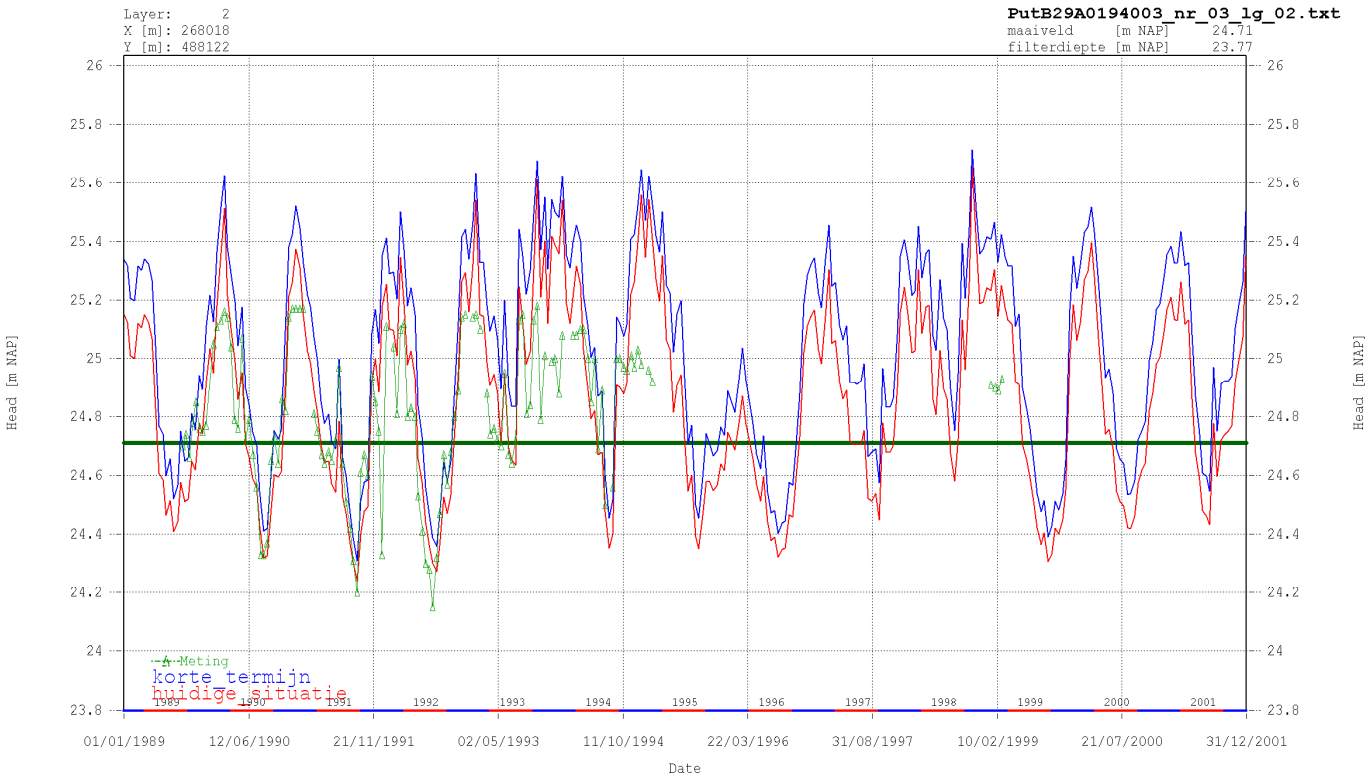

Layer: 1
X [m]: 268089
Y [m]: 488093
PutB29A0192002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.16
filterdiepte [m NAP] 24.53
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

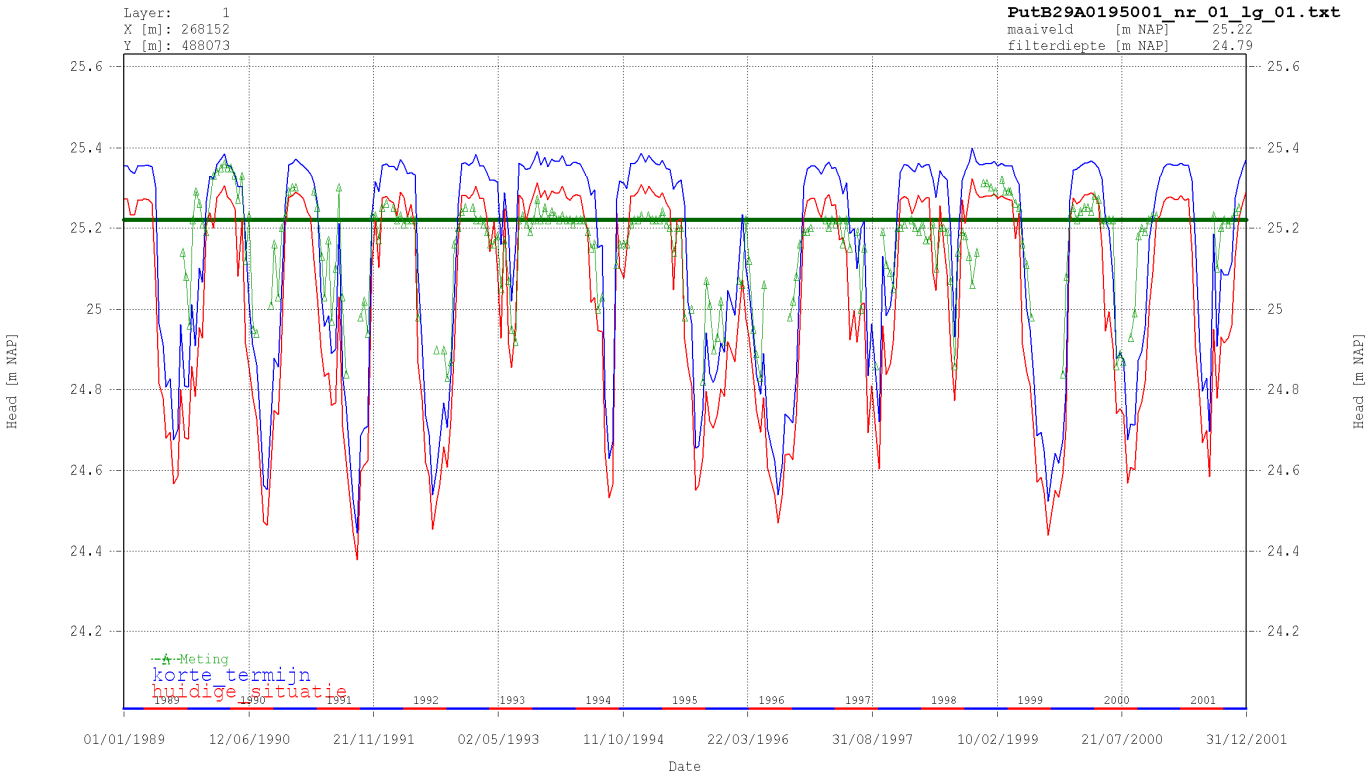

Layer: 2
X [m]: 268089
Y [m]: 488093
PutB29A0192003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.16
filterdiepte [m NAP] 23.97
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

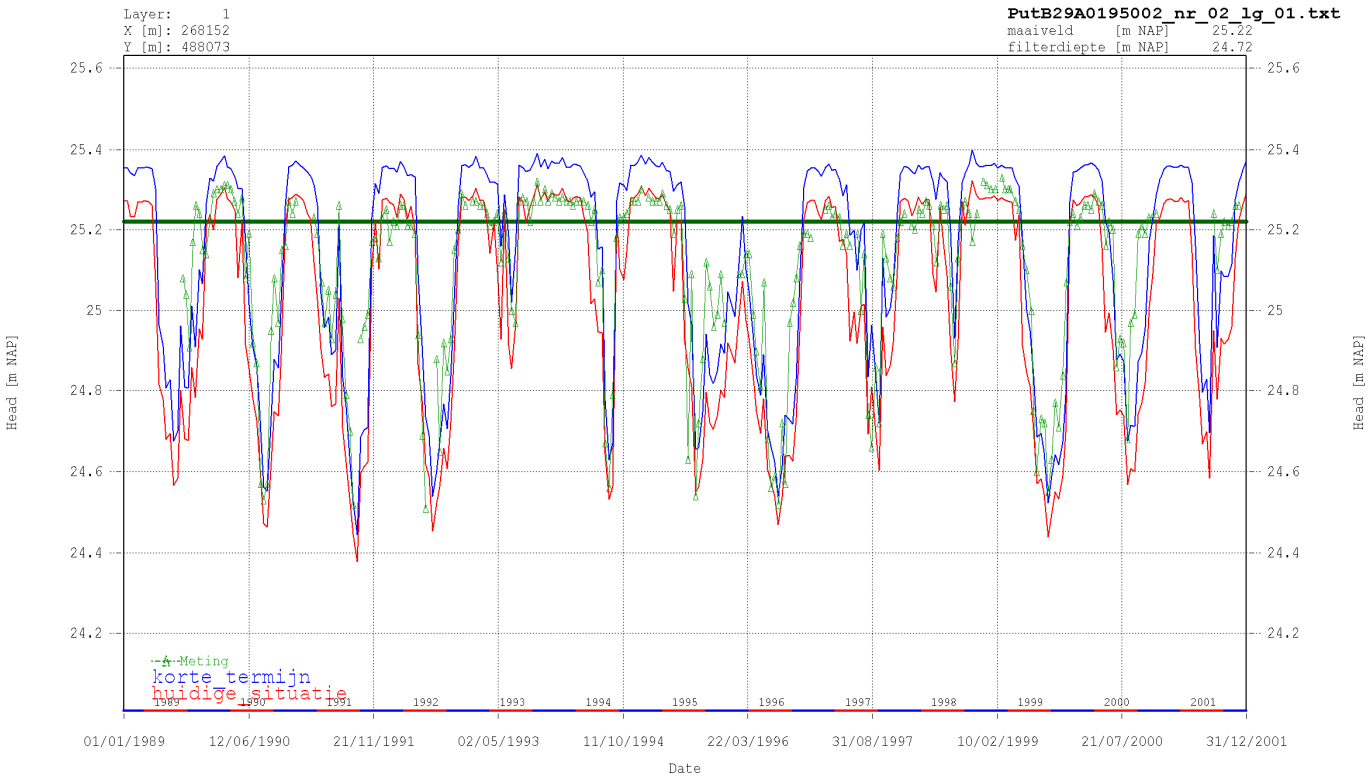

Layer: 1
X [m]: 268089
Y [m]: 488080
PutB29A0193001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.23
filterdiepte [m NAP] 24.86
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

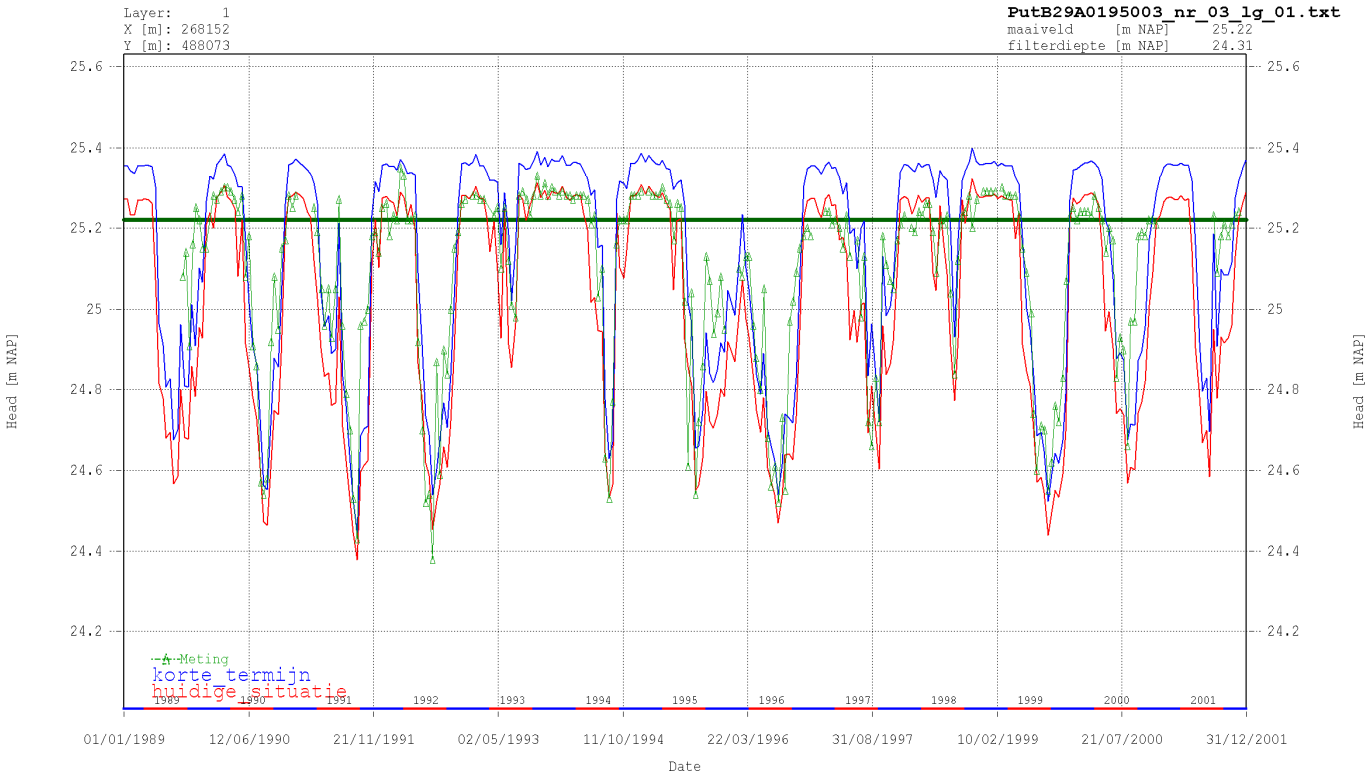

Layer: 1
X [m]: 268089
Y [m]: 488080
PutB29A0193002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.23
filterdiepte [m NAP] 24.66
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

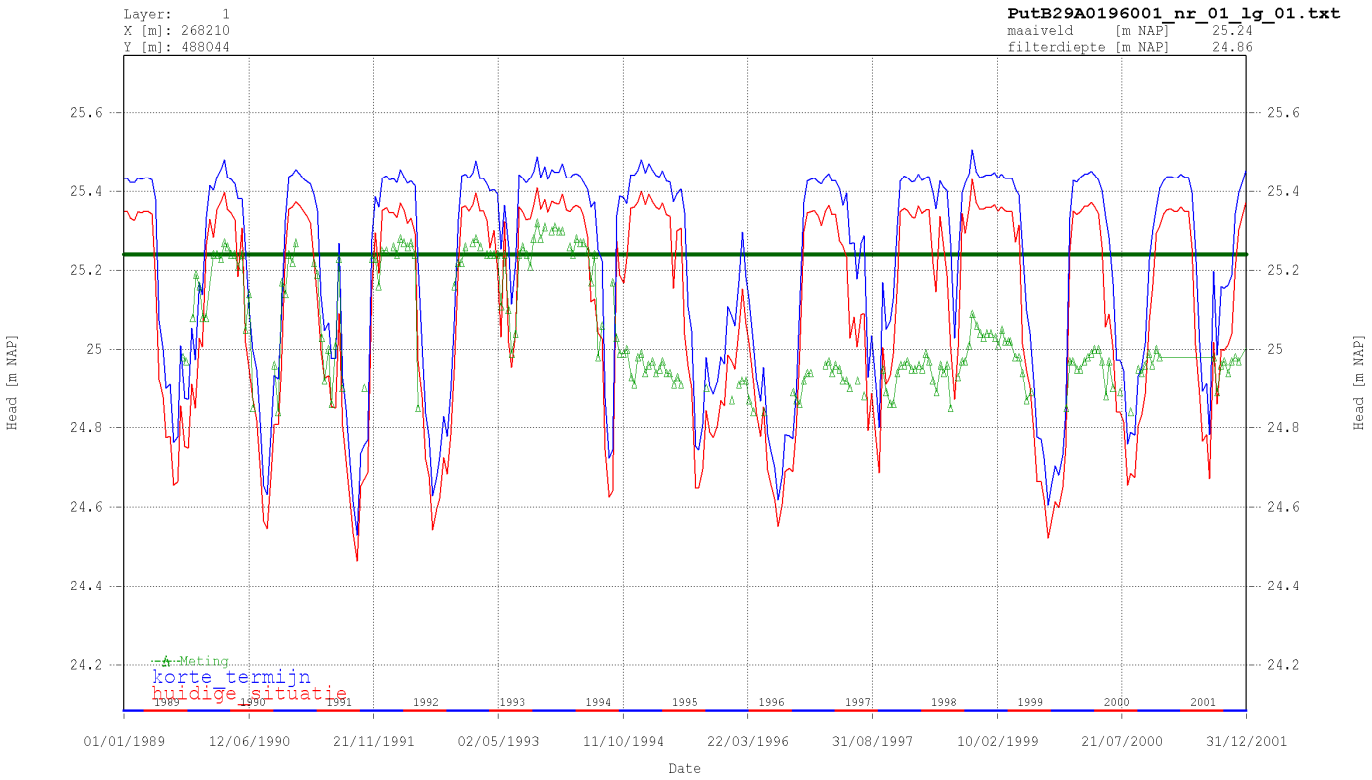

Layer: 1
X [m]: 268089
Y [m]: 488080
PutB29A0193003_nr_03_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.23
filterdiepte [m NAP] 24.29
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

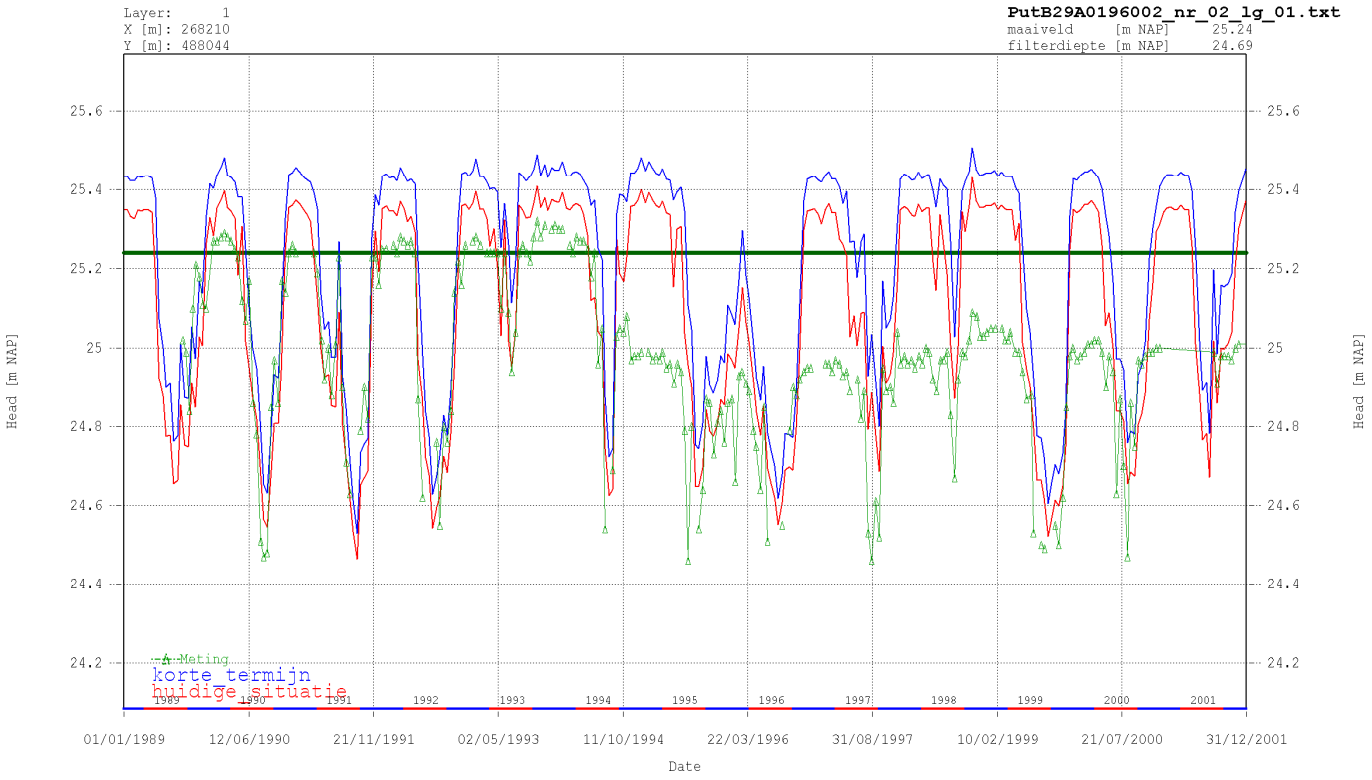

Layer: 2
X [m]: 268018
Y [m]: 488122
PutB29A0194003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 24.71
filterdiepte [m NAP] 23.77
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

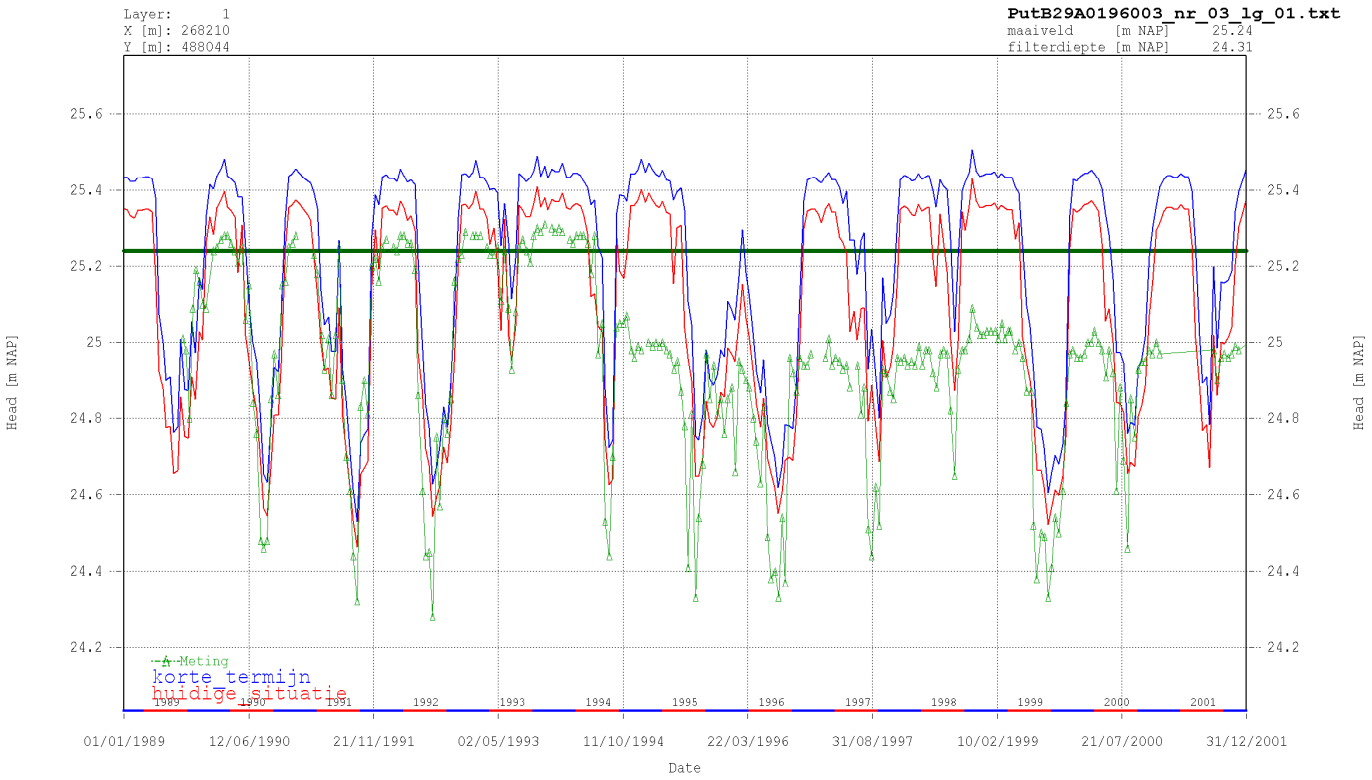

Layer: 1
X [m]: 268152
Y [m]: 488073
PutB29A0195001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.22
filterdiepte [m NAP] 24.79
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

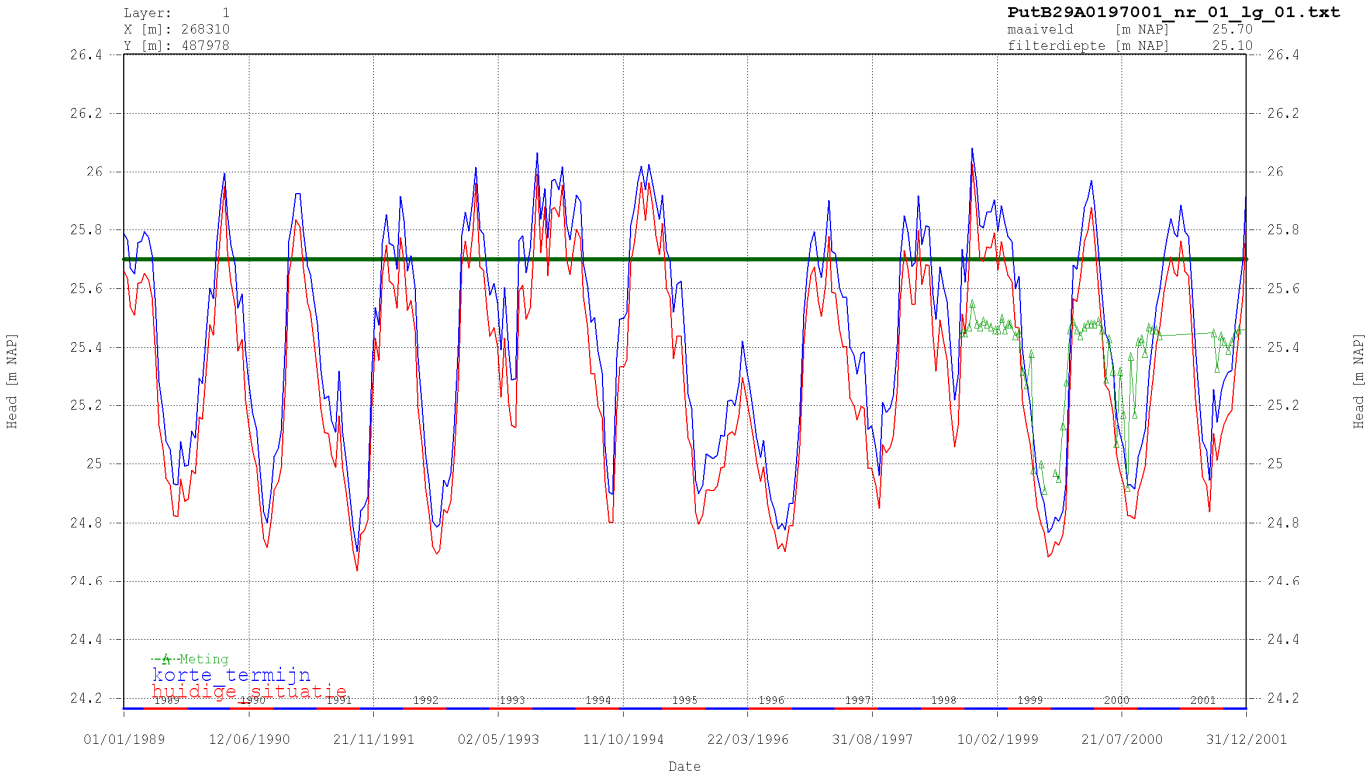

Layer: 1
X [m]: 268152
Y [m]: 488073
PutB29A0195002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.22
filterdiepte [m NAP] 24.72
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

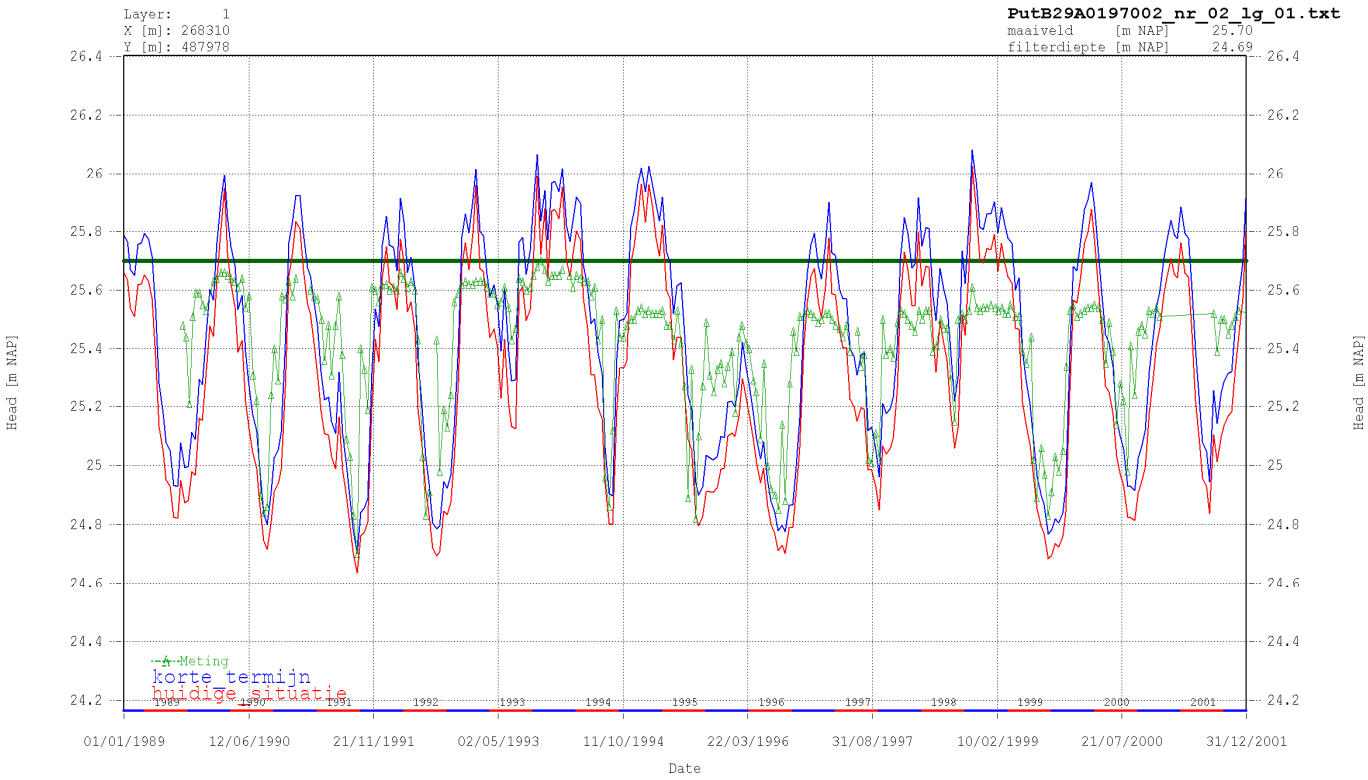

Layer: 1
X [m]: 268152
Y [m]: 488073
PutB29A0195003_nr_03_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.22
filterdiepte [m NAP] 24.31
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

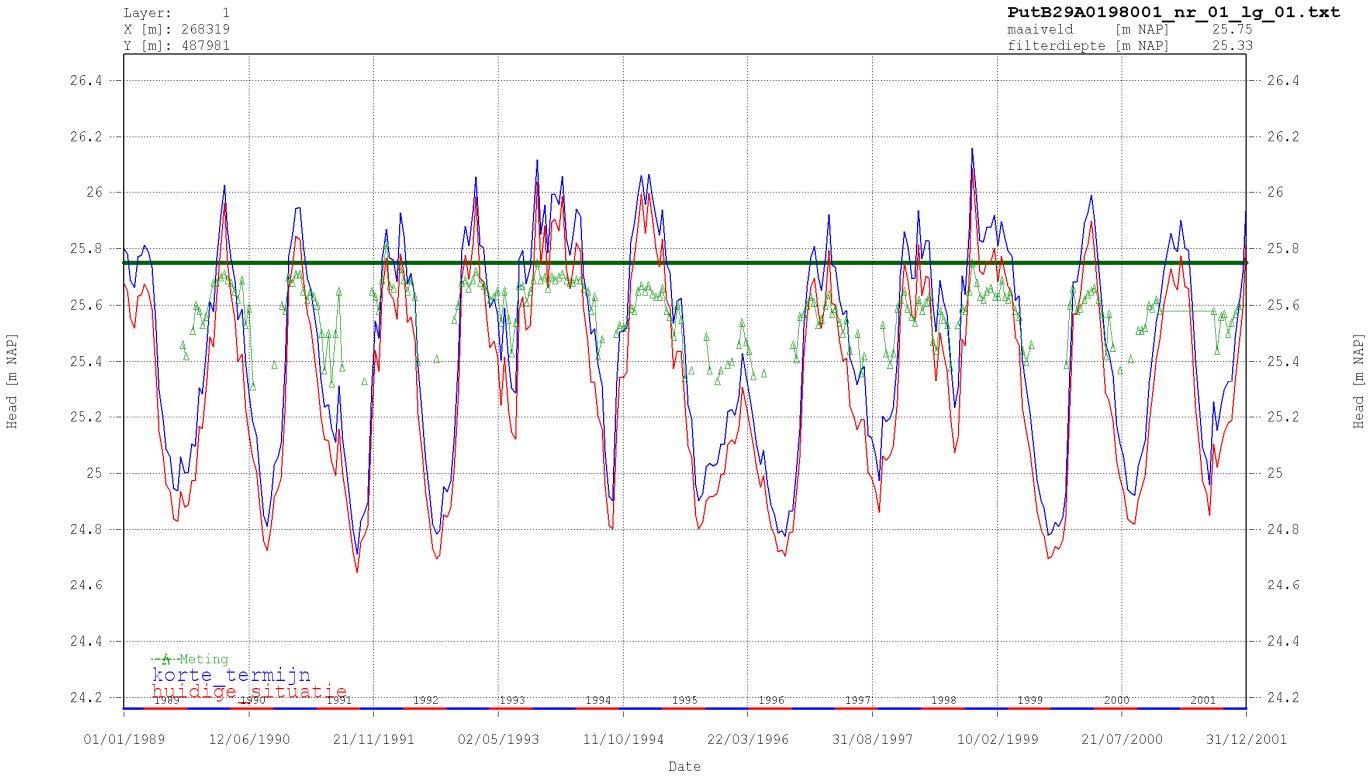

Layer: 1
X [m]: 268210
Y [m]: 488044
PutB29A0196001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.24
filterdiepte [m NAP] 24.86
Head [m NAP]
25.6
25.4
25.2
25
24.8
24.6
24.4
24.2
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

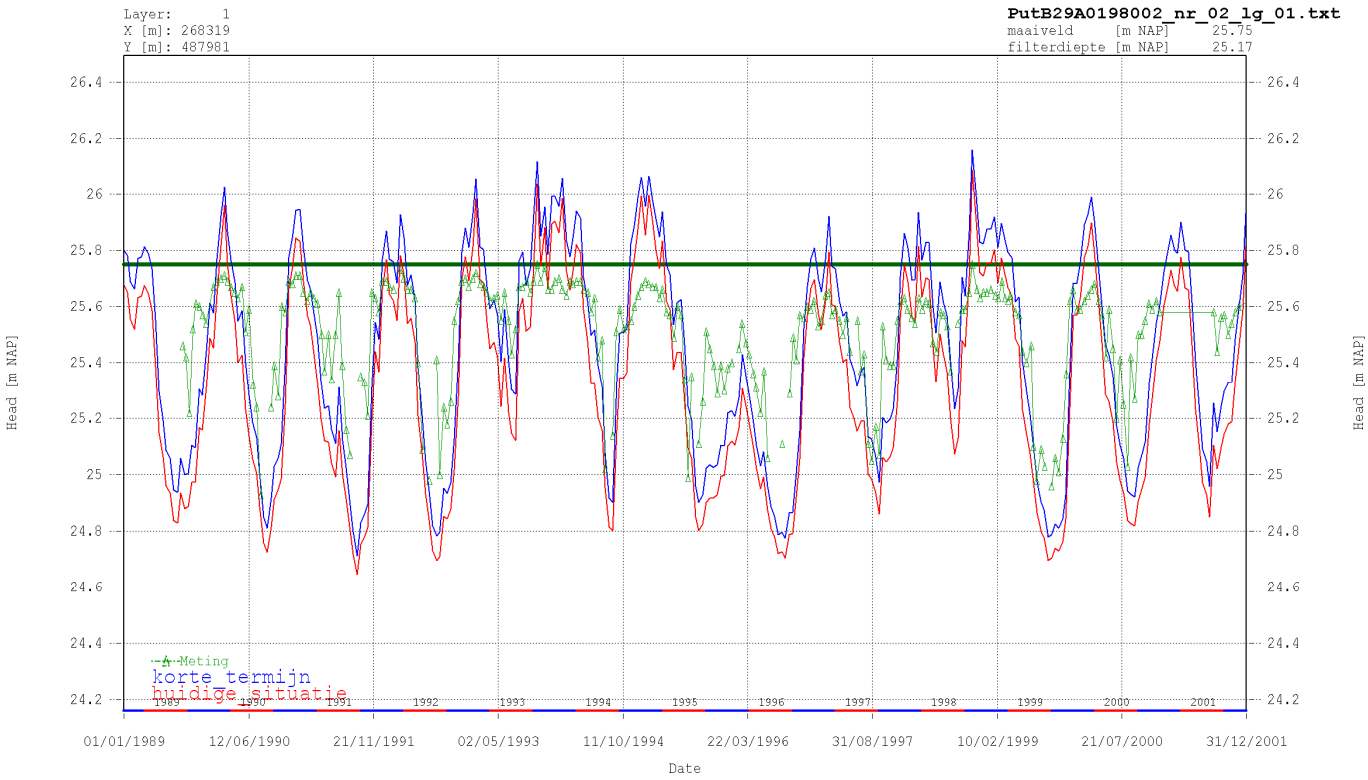

Layer: 1
X [m]: 268210
Y [m]: 488044
PutB29A0196002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.24
filterdiepte [m NAP] 24.69
Head [m NAP]
25.6
25.4
25.2
25
24.8
24.6
24.4
24.2
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

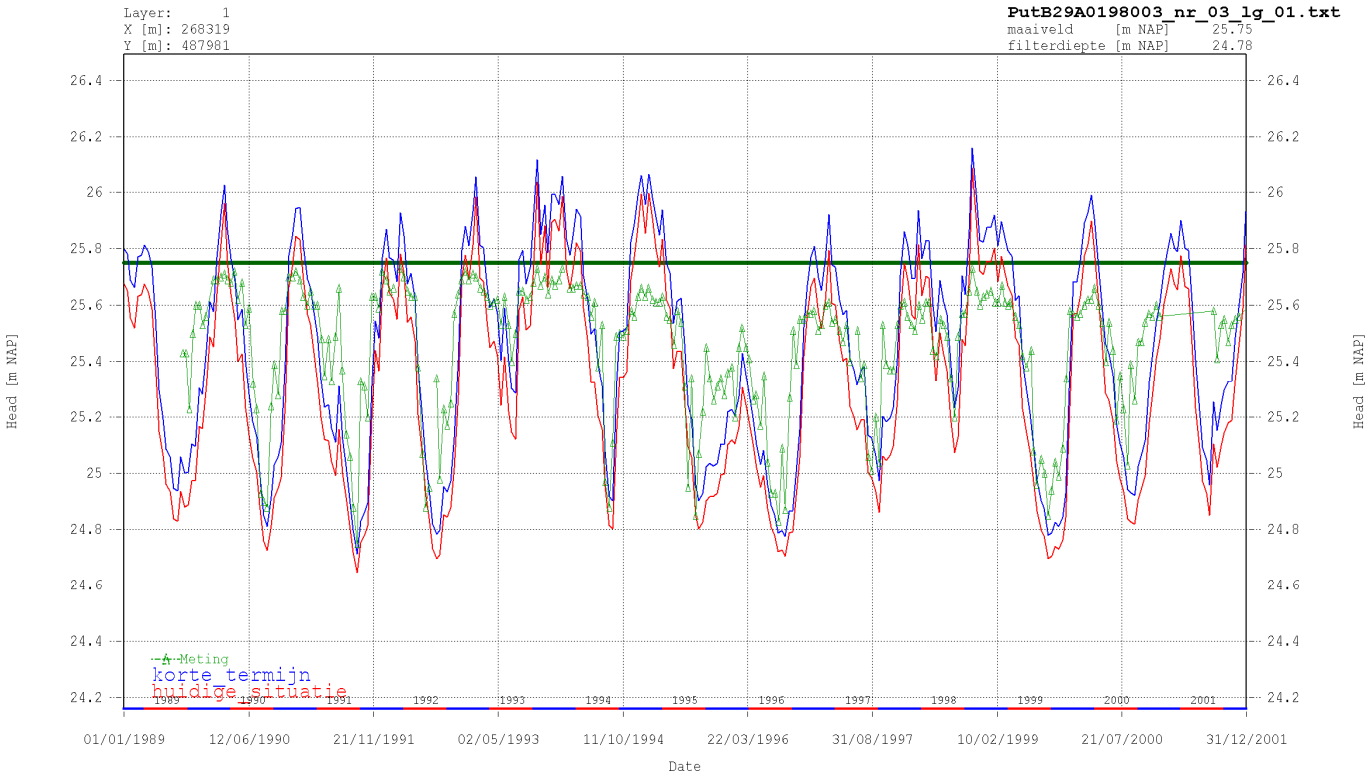

Layer: 1
X [m]: 268210
Y [m]: 488044
PutB29A0196003_nr_03_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.24
filterdiepte [m NAP] 24.31
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

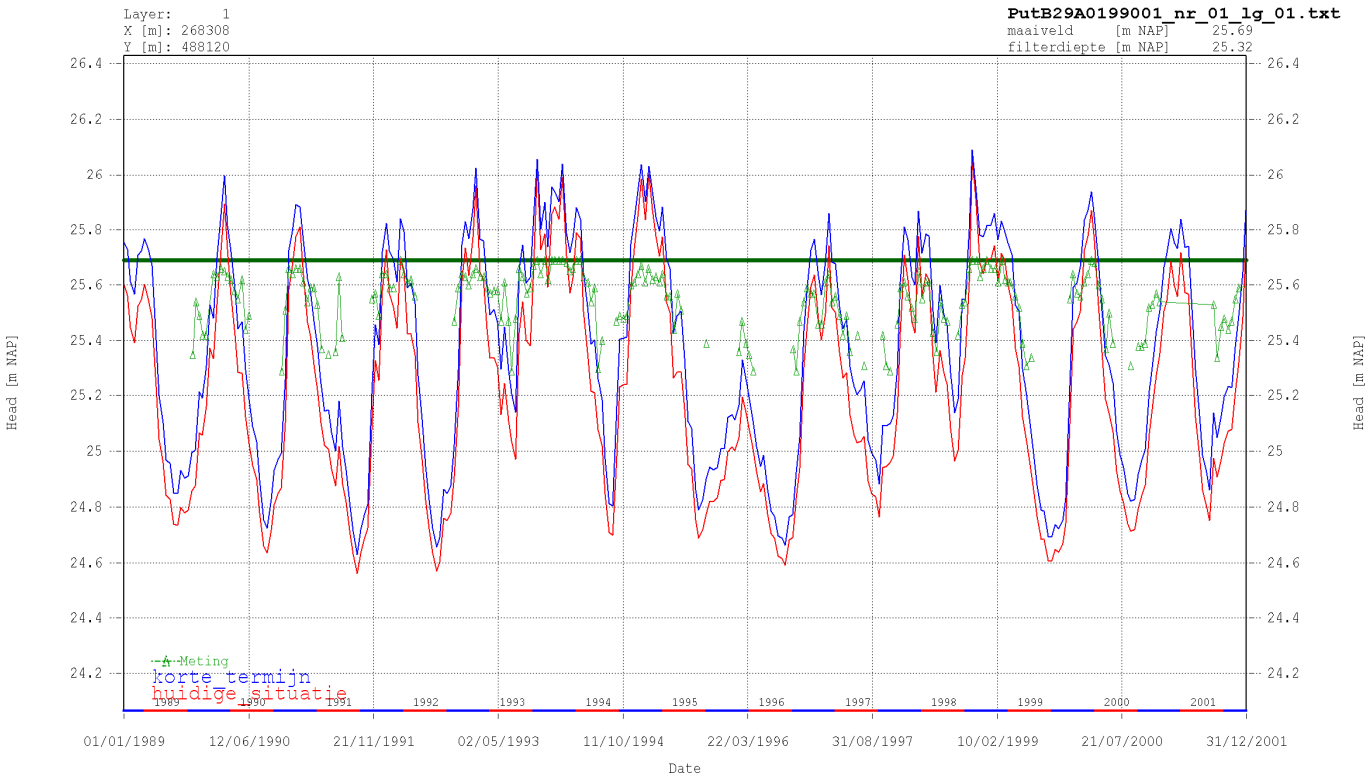

Layer: 1
X [m]: 268310
Y [m]: 487978
PutB29A0197001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.70
filterdiepte [m NAP] 25.10
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

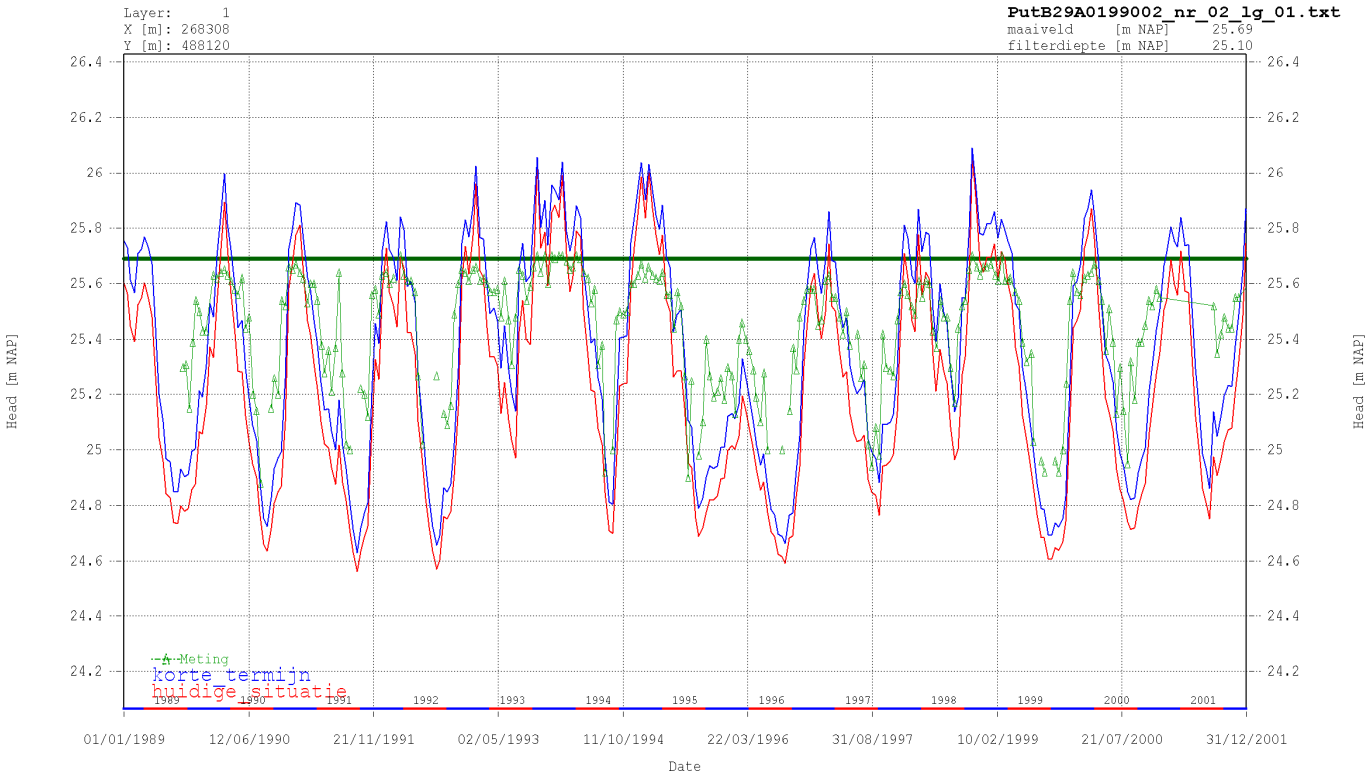

Layer: 1
X [m]: 268310
Y [m]: 487978
PutB29A0197002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.70
filterdiepte [m NAP] 24.69
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

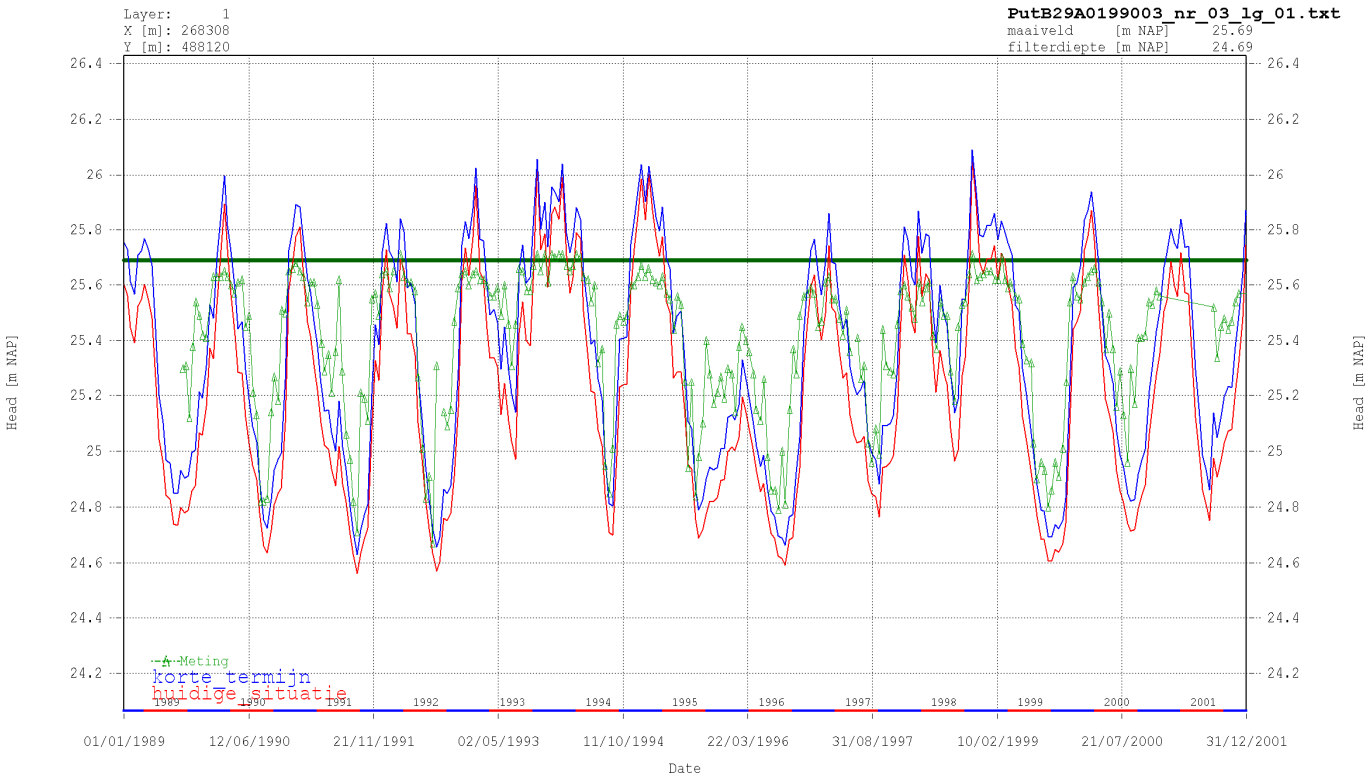

Layer: 1
X [m]: 268319
Y [m]: 487981
PutB29A0198001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.75
filterdiepte [m NAP] 25.33
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

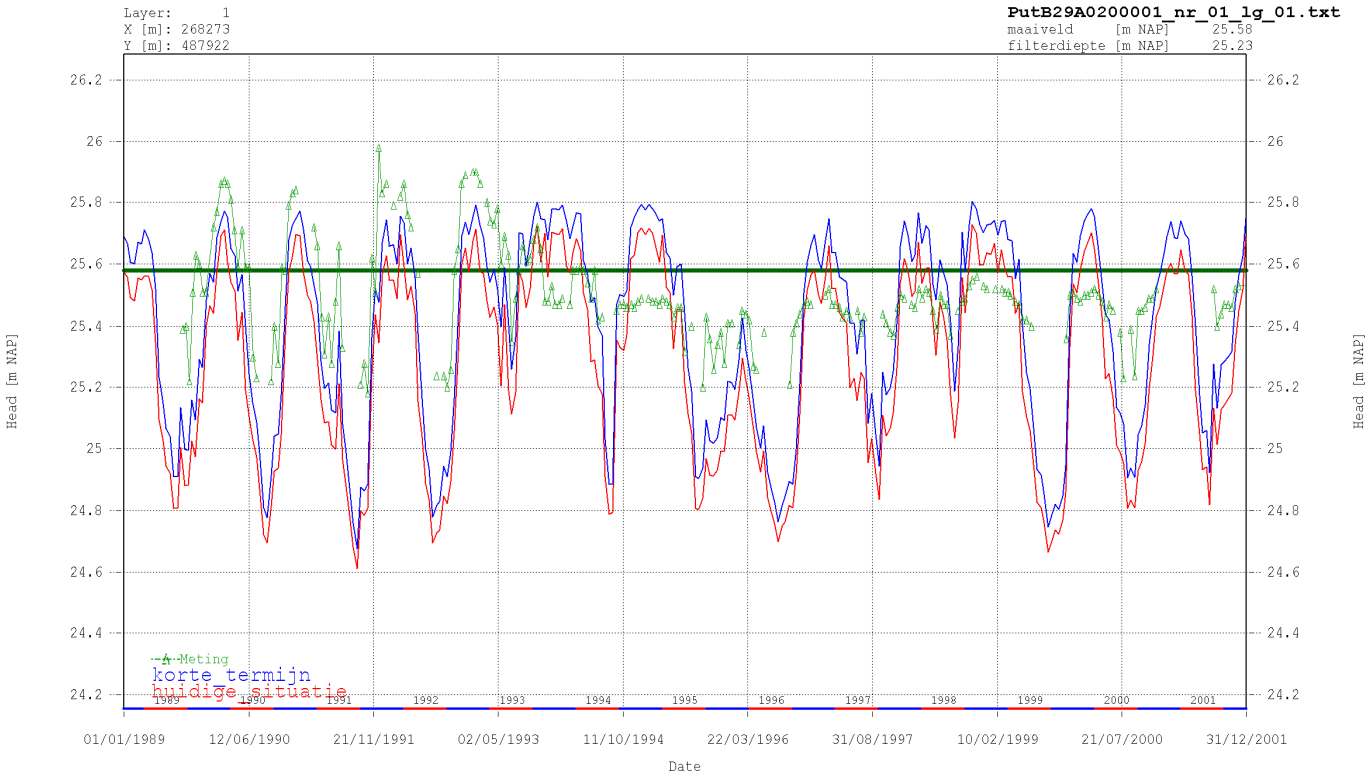

Layer: 1
X [m]: 268319
Y [m]: 487981
PutB29A0198002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.75
filterdiepte [m NAP] 25.17
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

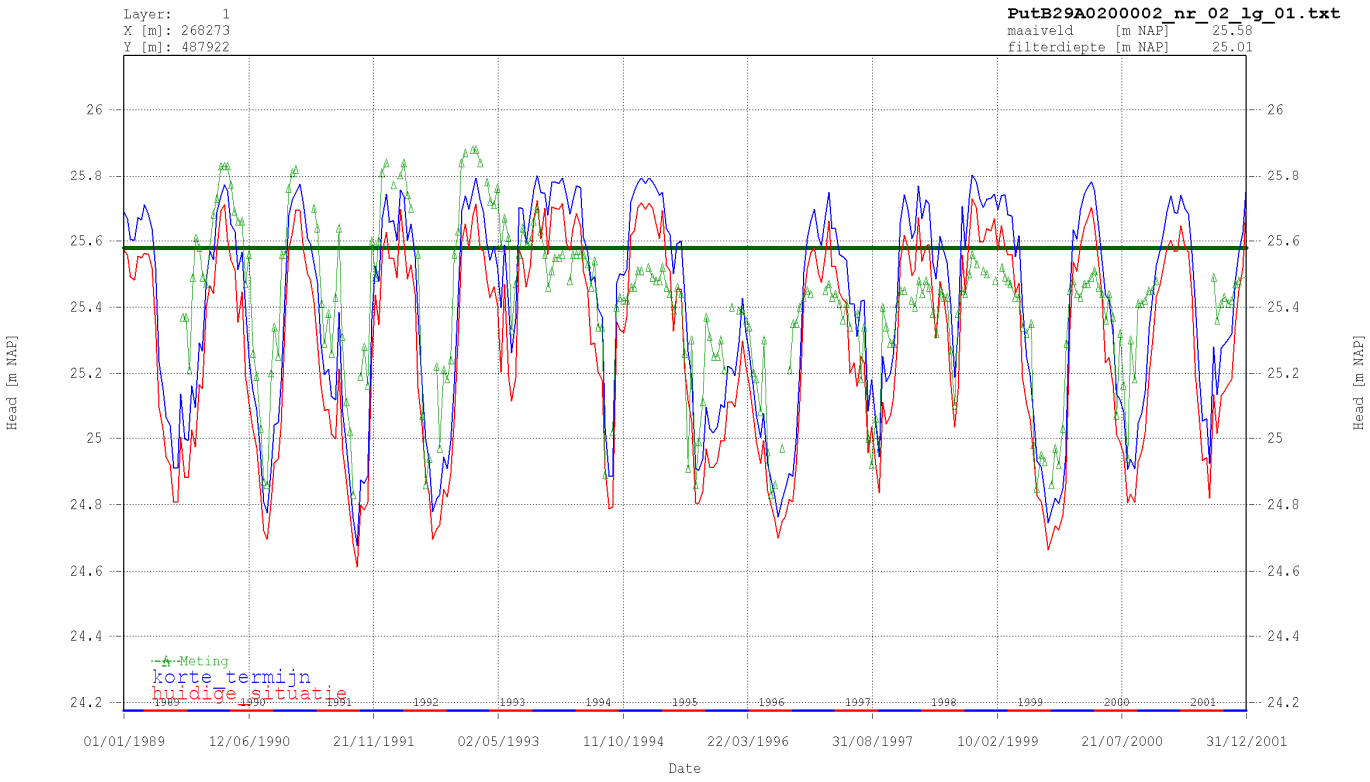

Layer: 1
X [m]: 268319
Y [m]: 487981
PutB29A0198003_nr_03_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.75
filterdiepte [m NAP] 24.78
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

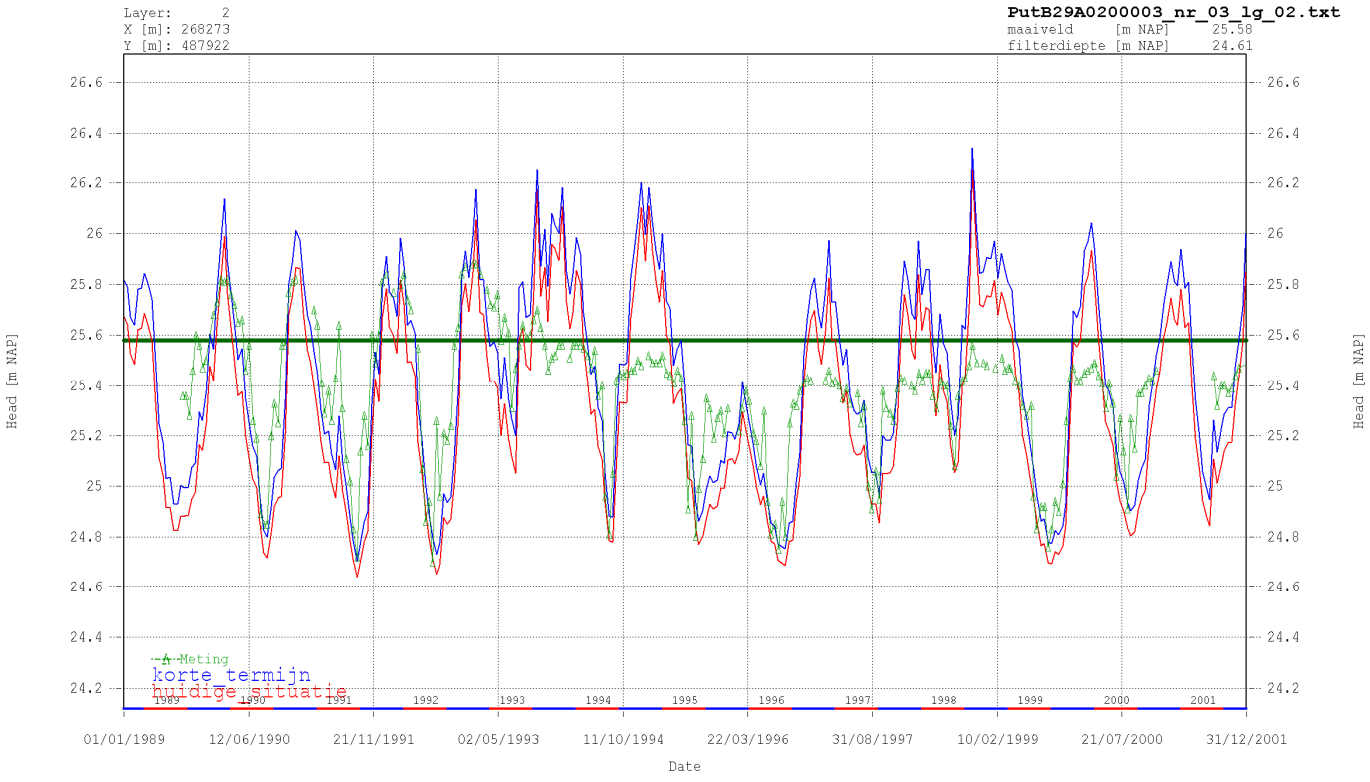

Layer: 1
X [m]: 268308
Y [m]: 488120
PutB29A0199001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.69
filterdiepte [m NAP] 25.32
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

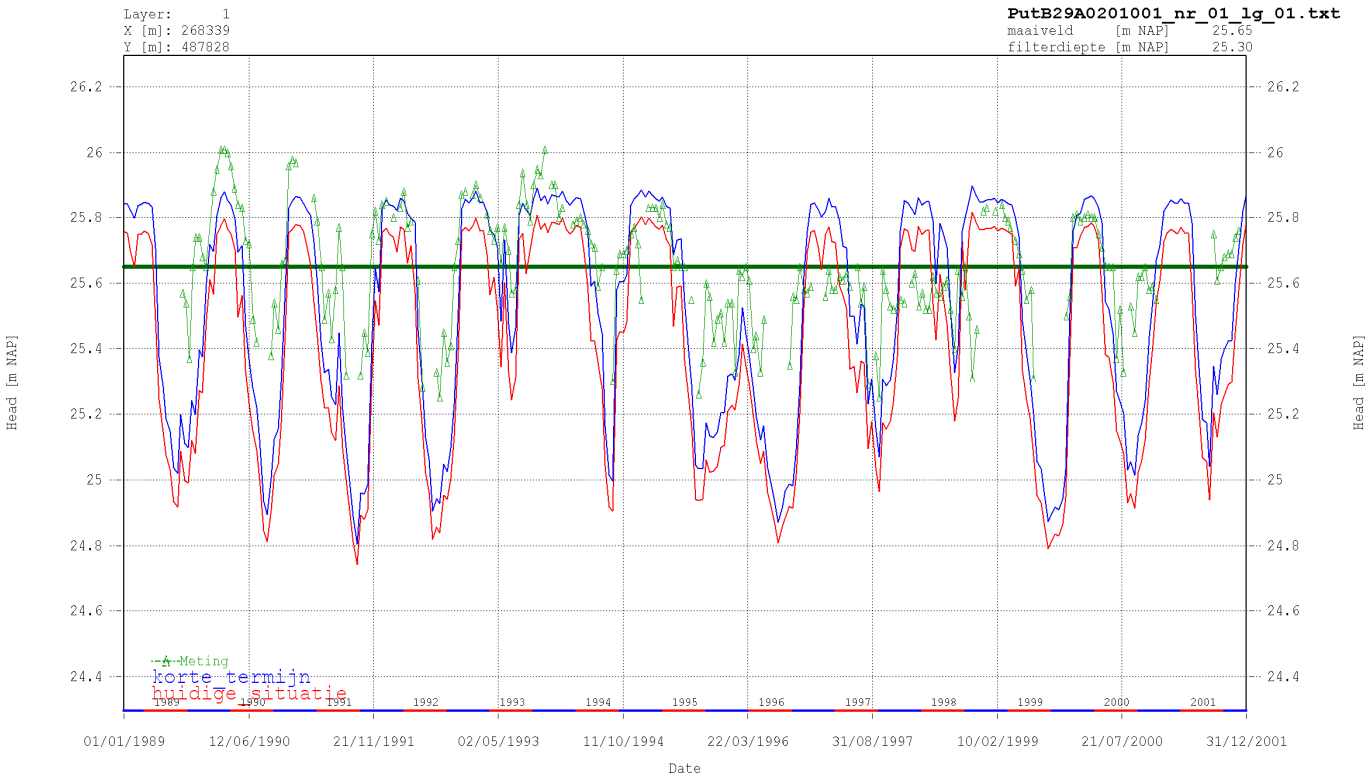

Layer: 1
X [m]: 268308
Y [m]: 488120
PutB29A0199002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.69
filterdiepte [m NAP] 25.10
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

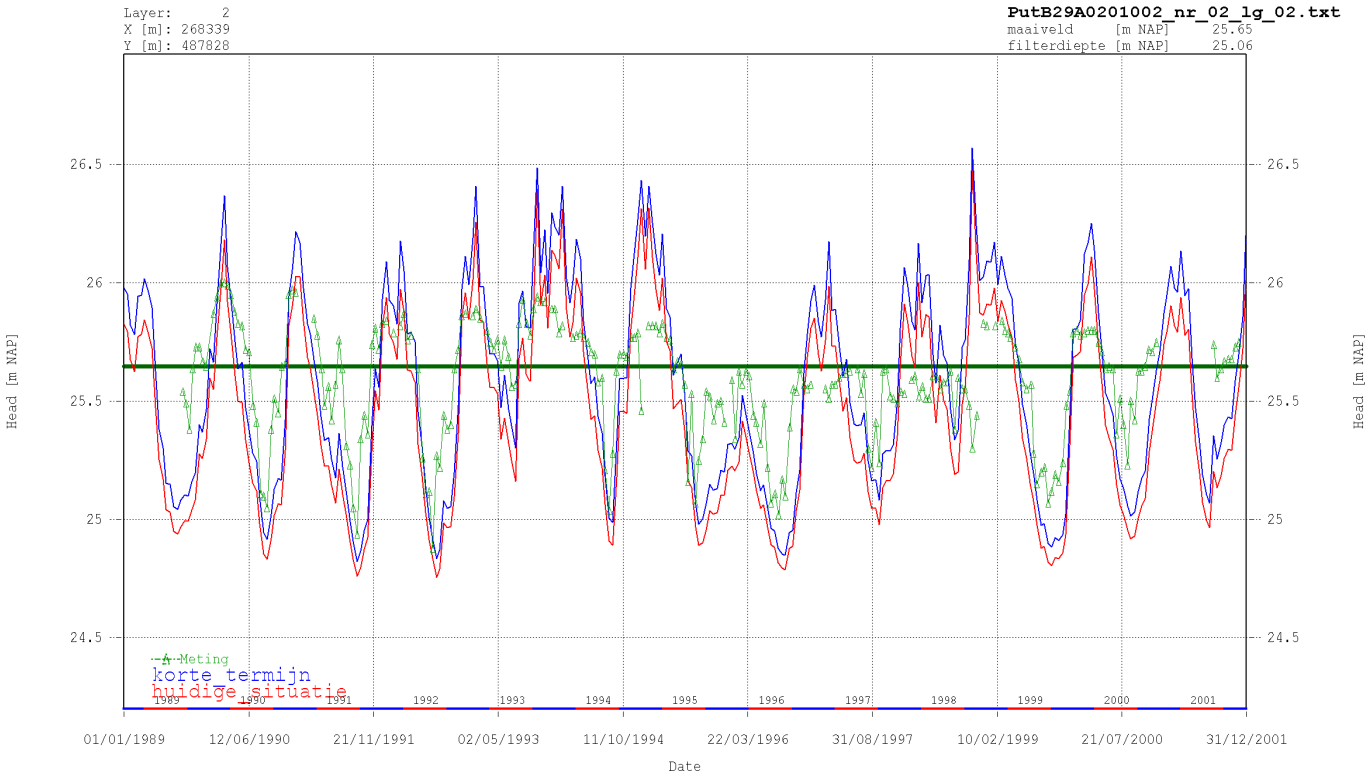

Layer: 1
X [m]: 268308
Y [m]: 488120
PutB29A0199003_nr_03_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.69
filterdiepte [m NAP] 24.69
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

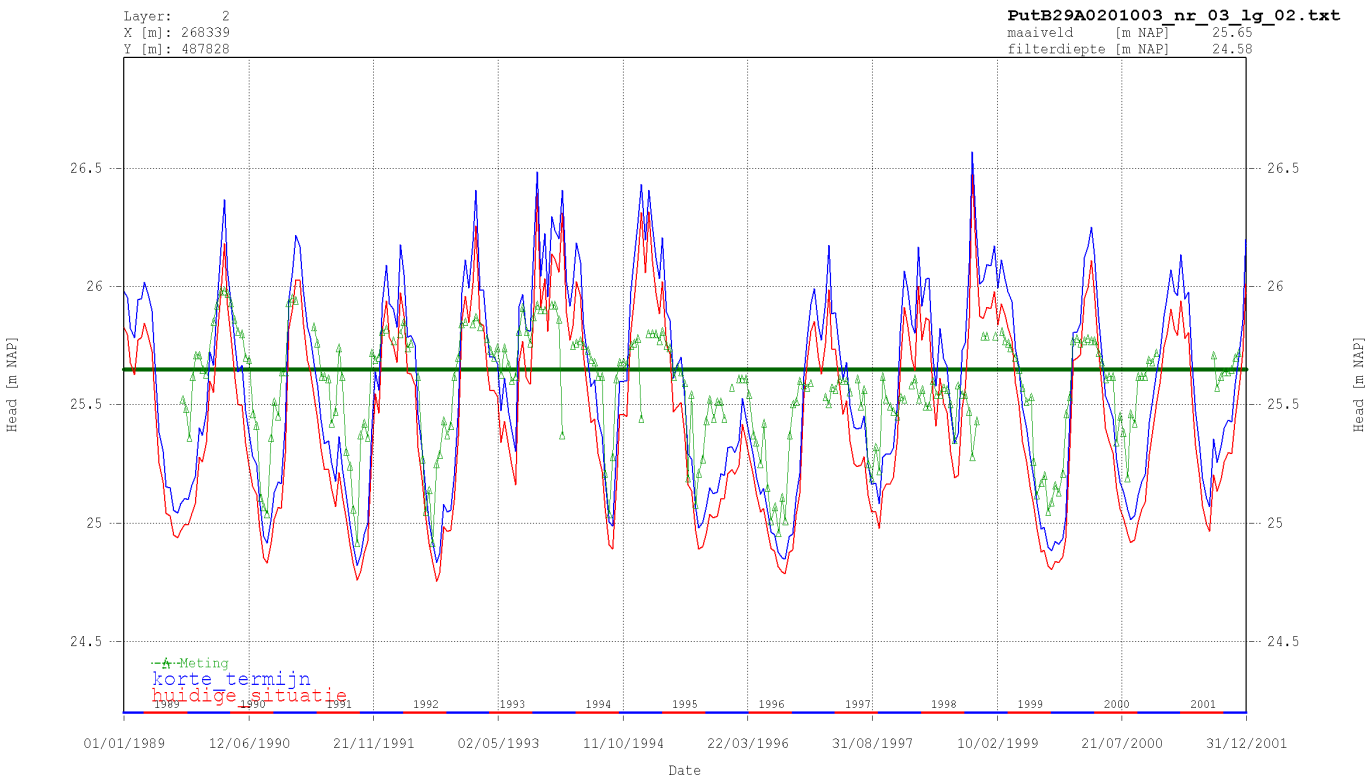

Layer: 1
X [m]: 268273
Y [m]: 487922
PutB29A0200001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.58
filterdiepte [m NAP] 25.23
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

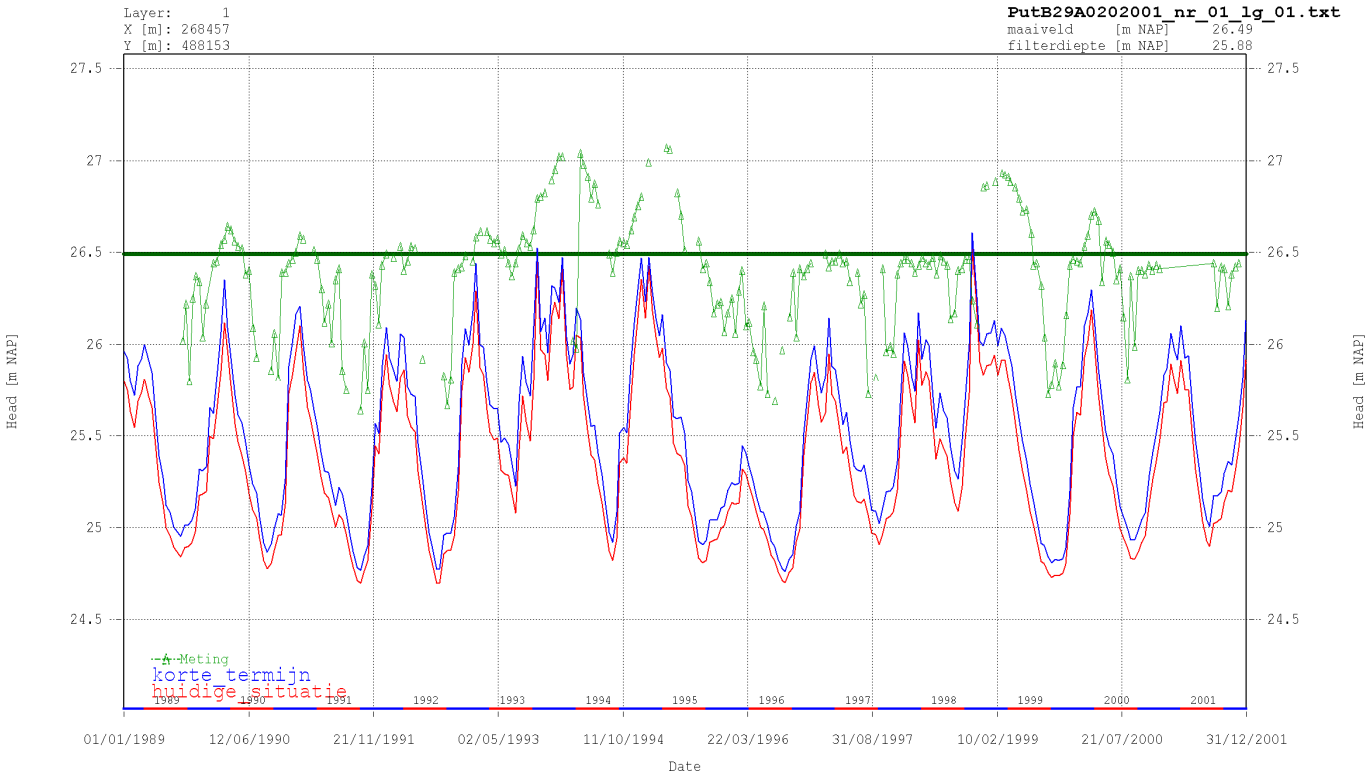

Layer: 1
X [m]: 268273
Y [m]: 487922
PutB29A0200002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.58
filterdiepte [m NAP] 25.01
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

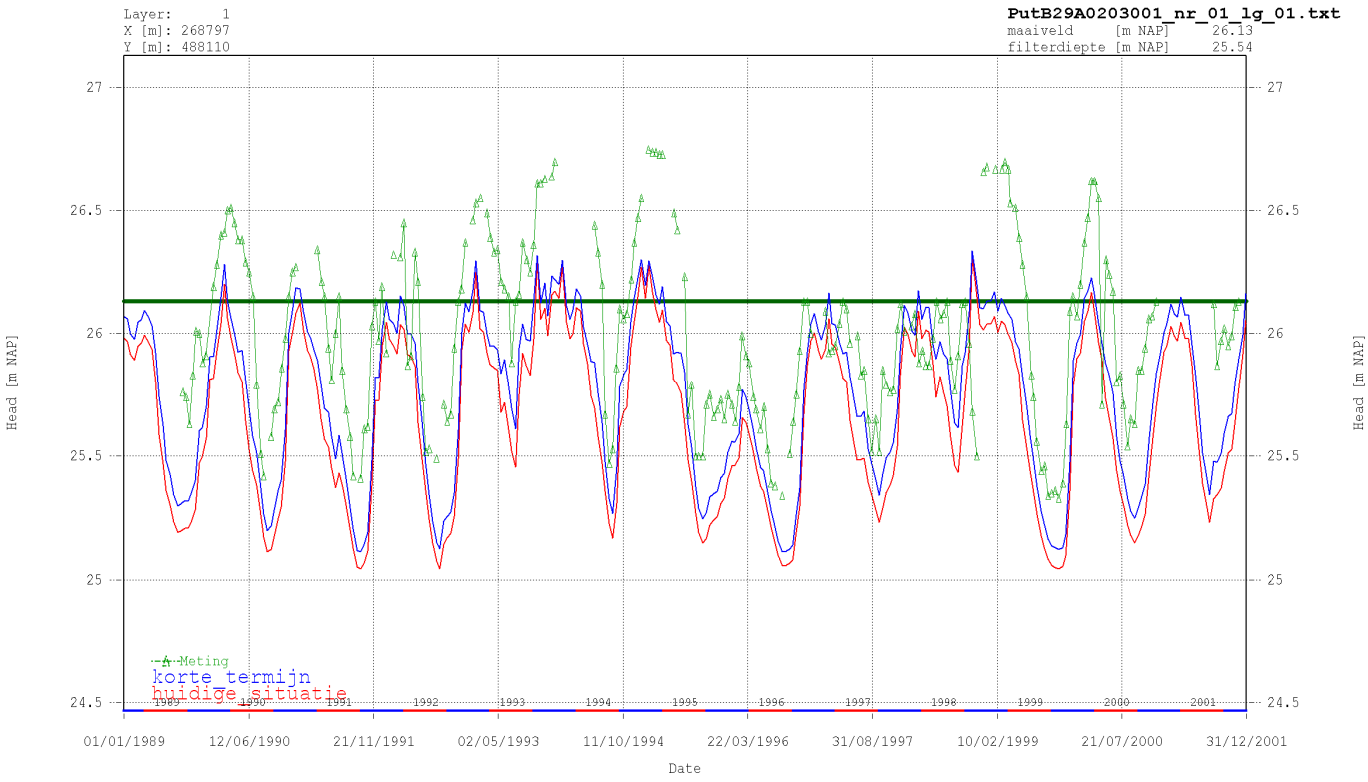

Layer: 2
X [m]: 268273
Y [m]: 487922
PutB29A0200003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.58
filterdiepte [m NAP] 24.61
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

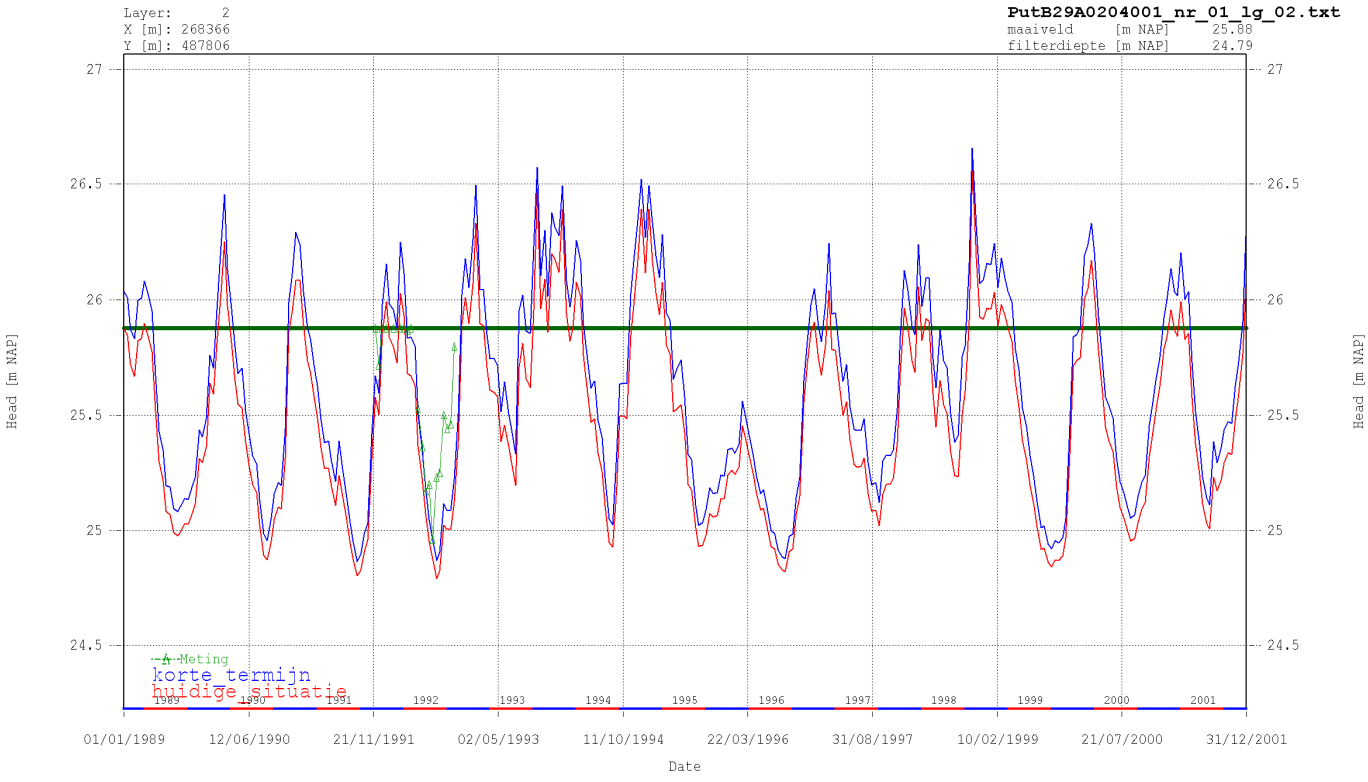

Layer: 1
X [m]: 268339
Y [m]: 487828
PutB29A0201001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.65
filterdiepte [m NAP] 25.30
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

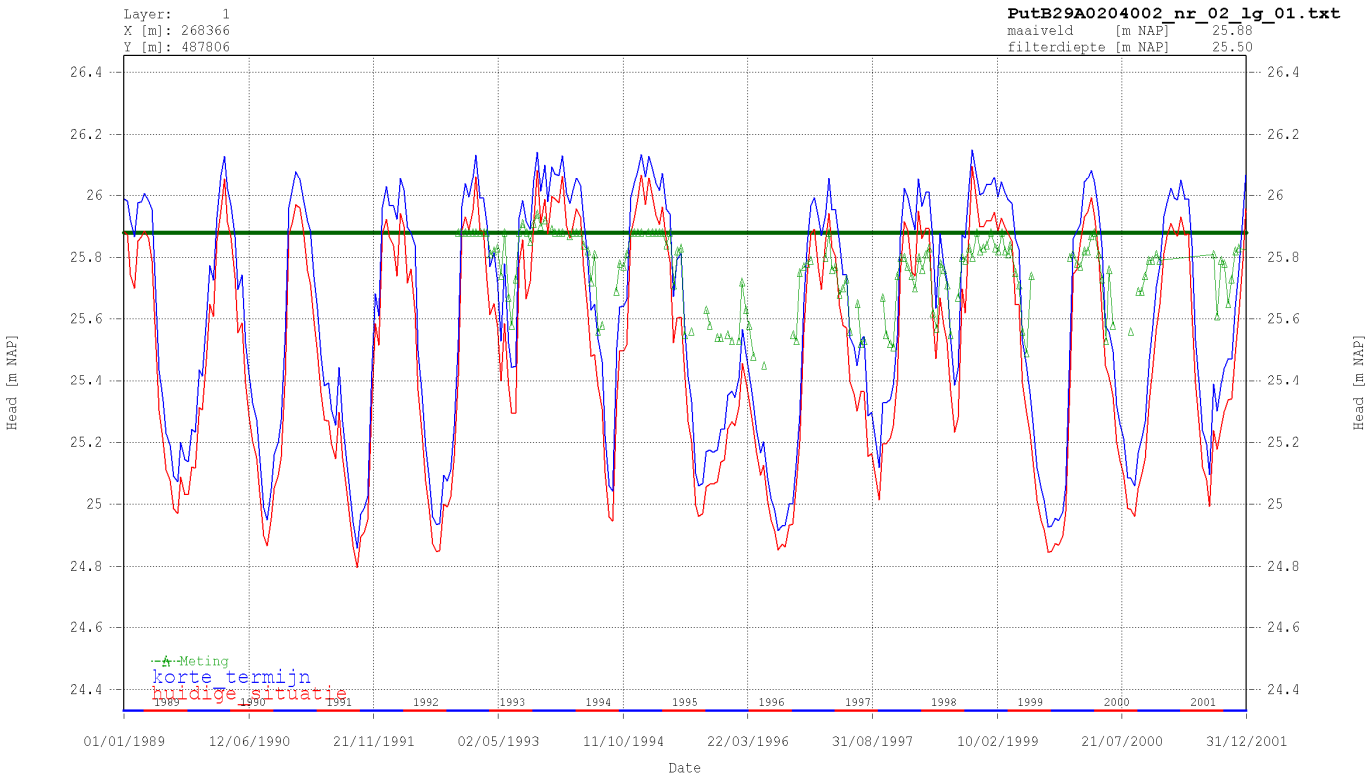

Layer: 2
X [m]: 268339
Y [m]: 487828
PutB29A0201002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.65
filterdiepte [m NAP] 25.06
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

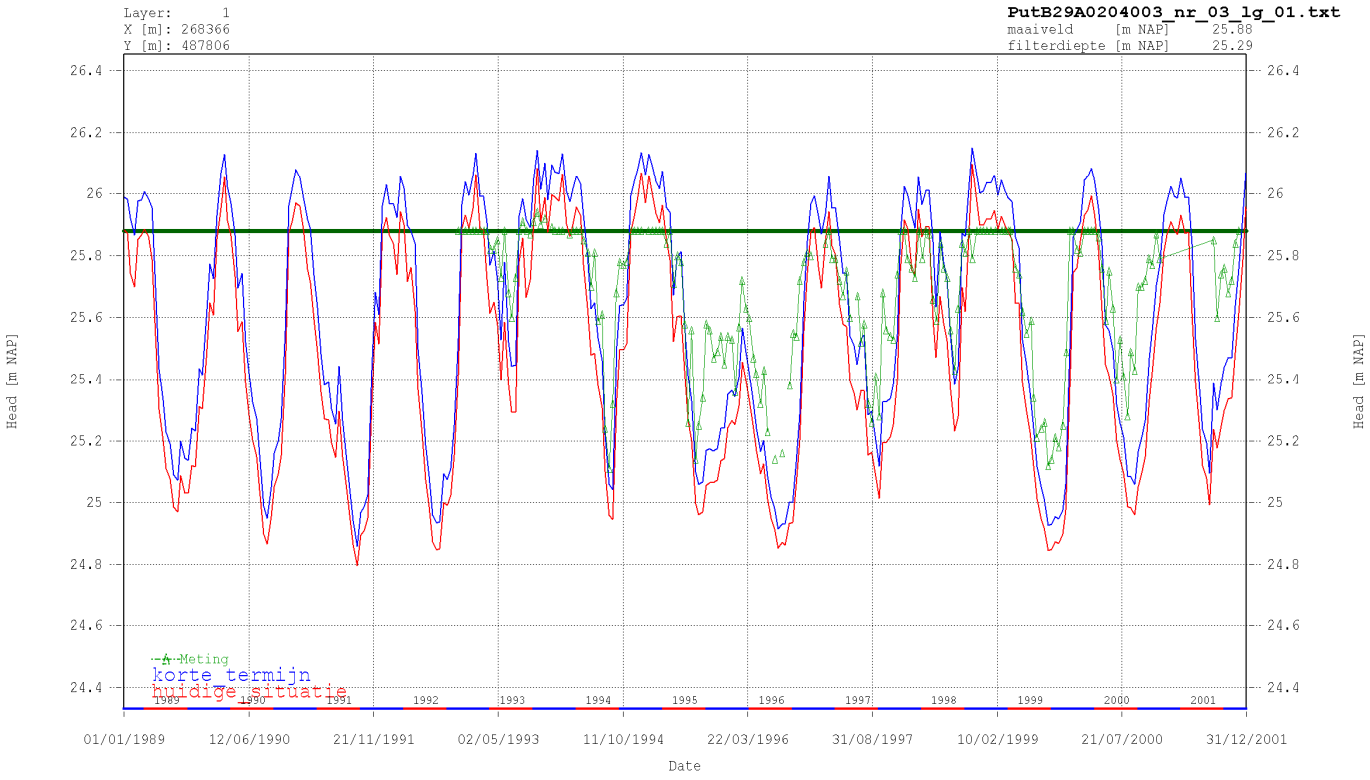

Layer: 2
X [m]: 268339
Y [m]: 487828
PutB29A0201003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.65
filterdiepte [m NAP] 24.58
Head [m NAP]
26.5
26
25.5
25
24.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

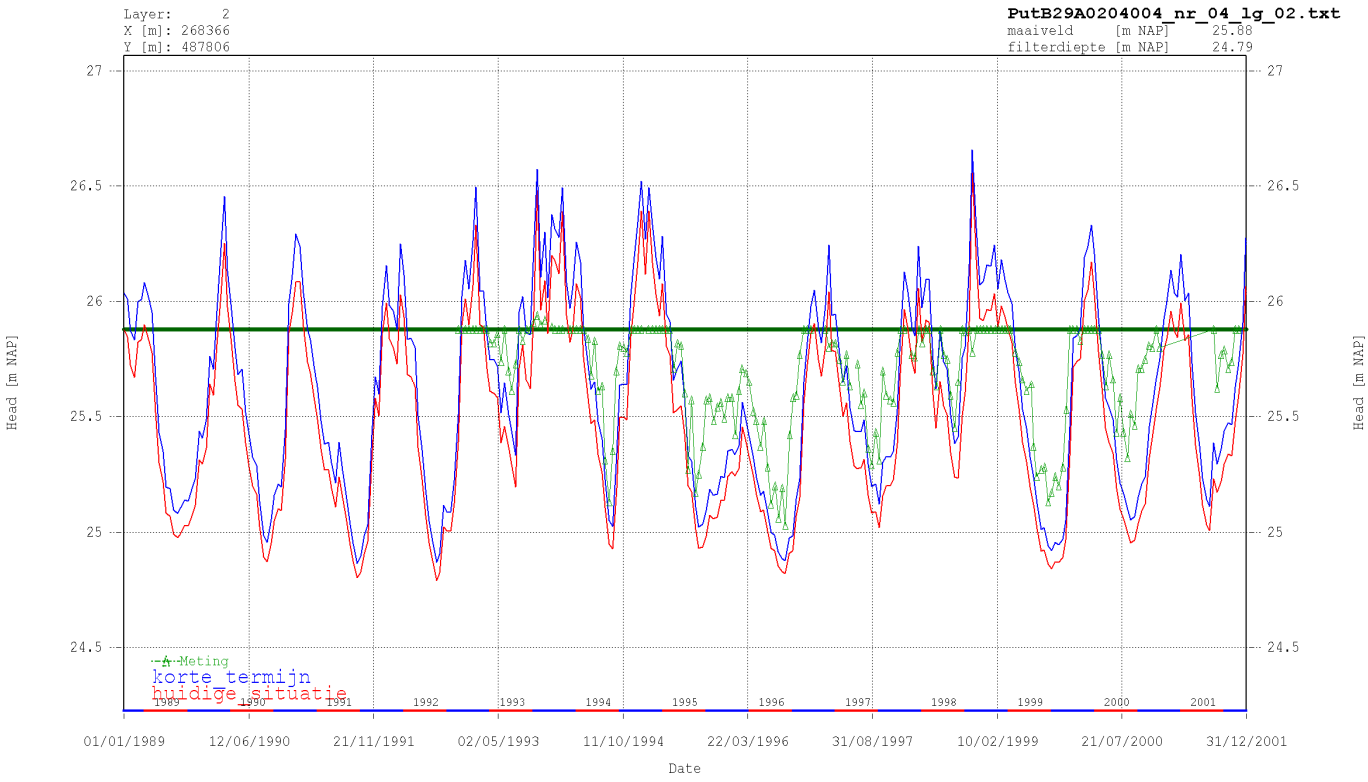

Layer: 1
X [m]: 268457
Y [m]: 488153
PutB29A0202001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 26.49
filterdiepte [m NAP] 25.88
Head [m NAP]
27.5
27
26.5
26
25.5
25
24.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

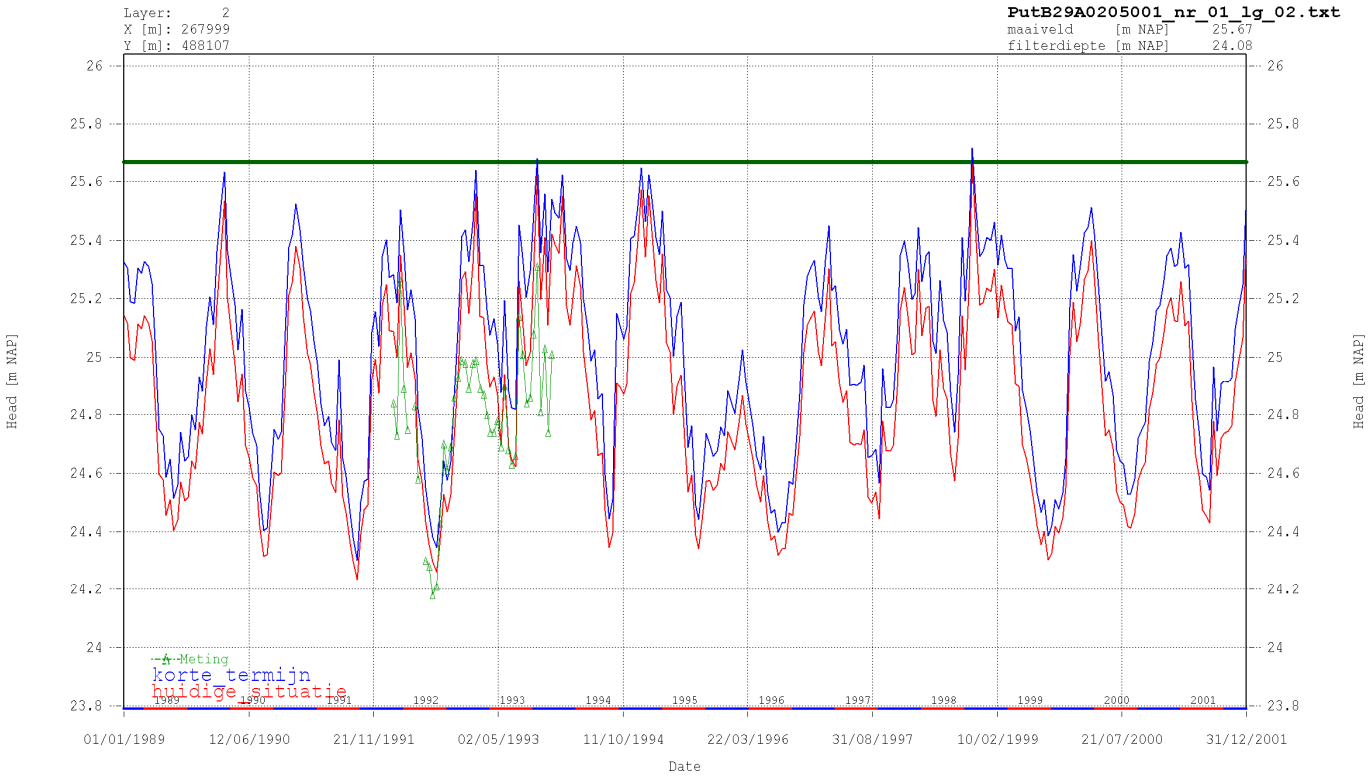

Layer: 1
X [m]: 268797
Y [m]: 488110
PutB29A0203001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 26.13
filterdiepte [m NAP] 25.54
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

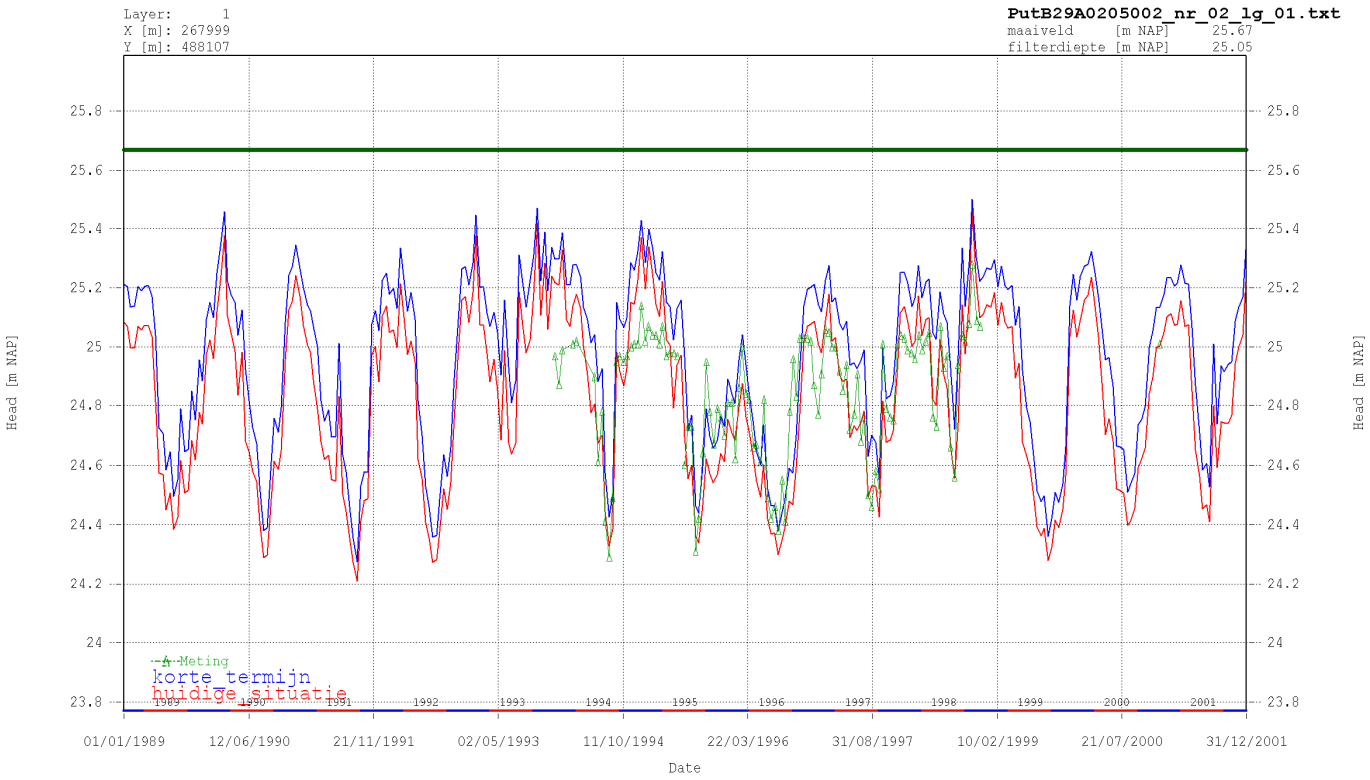

Layer: 2
X [m]: 268366
Y [m]: 487806
PutB29A0204001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.88
filterdiepte [m NAP] 24.79
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

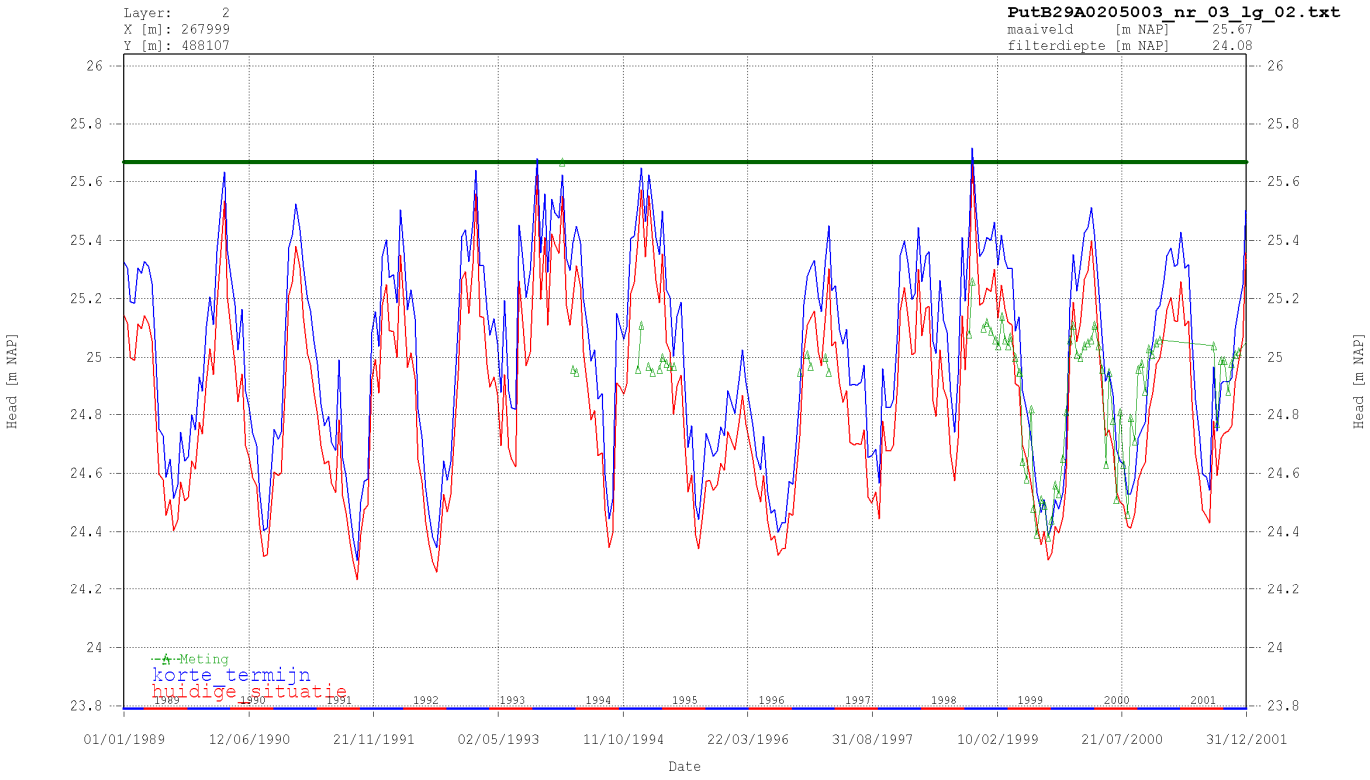

Layer: 1
X [m]: 268366
Y [m]: 487806
PutB29A0204002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.88
filterdiepte [m NAP] 25.50
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

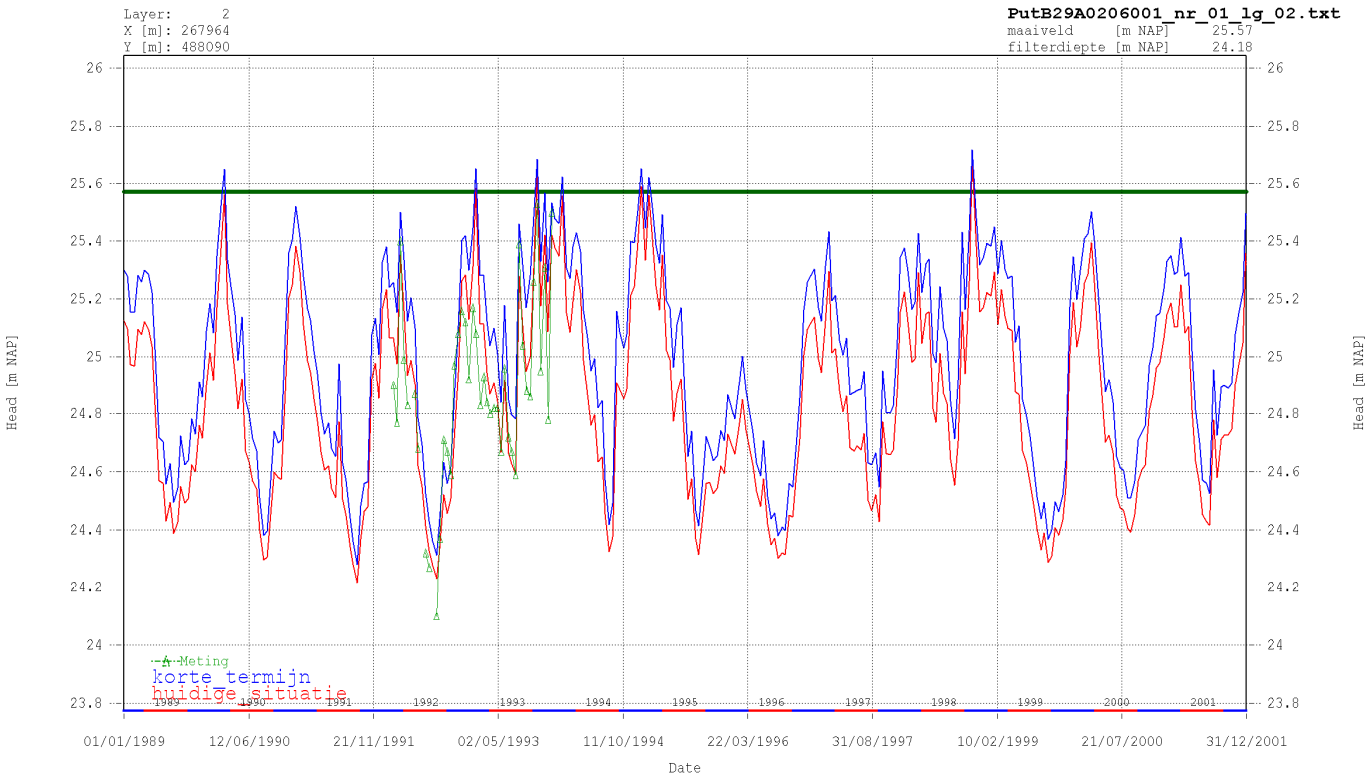

Layer: 1
X [m]: 268366
Y [m]: 487806
PutB29A0204003_nr_03_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.88
filterdiepte [m NAP] 25.29
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

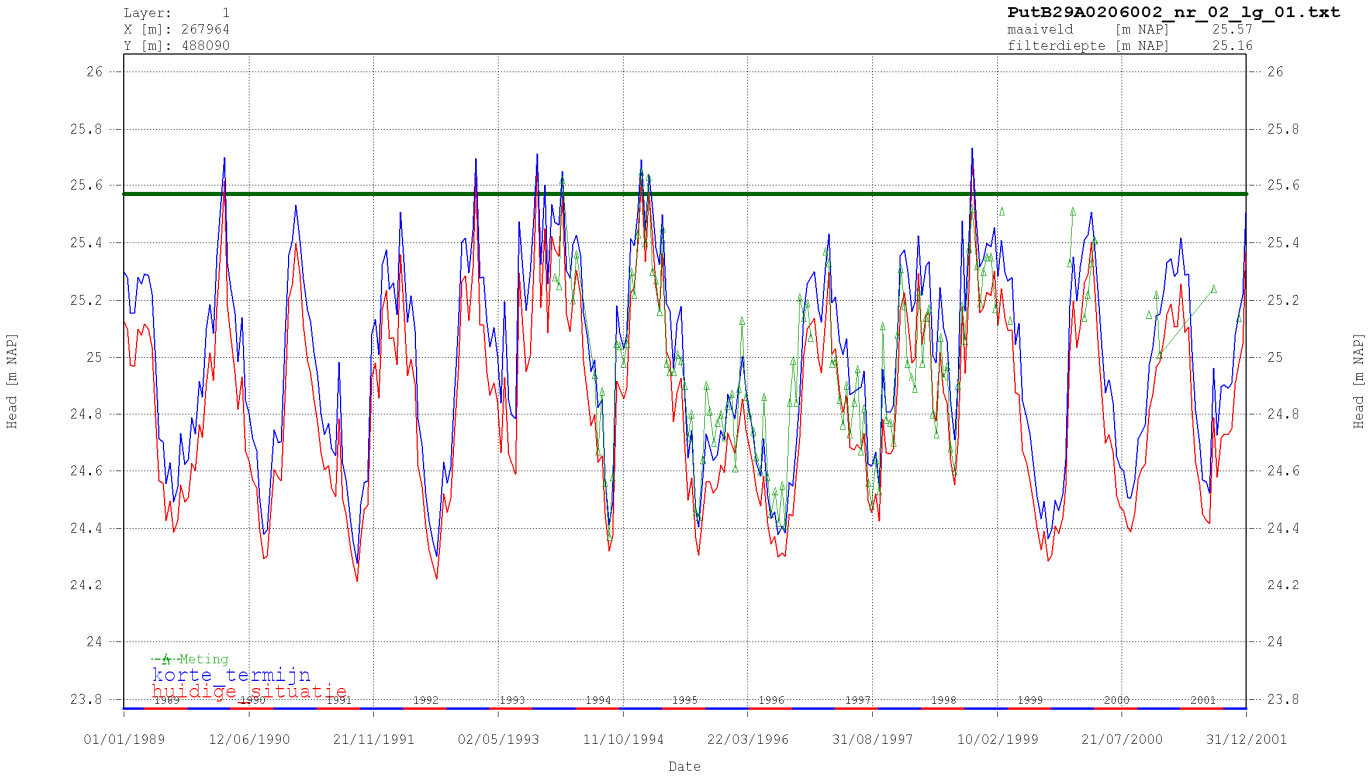

Layer: 2
X [m]: 268366
Y [m]: 487806
PutB29A0204004_nr_04_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.88
filterdiepte [m NAP] 24.79
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

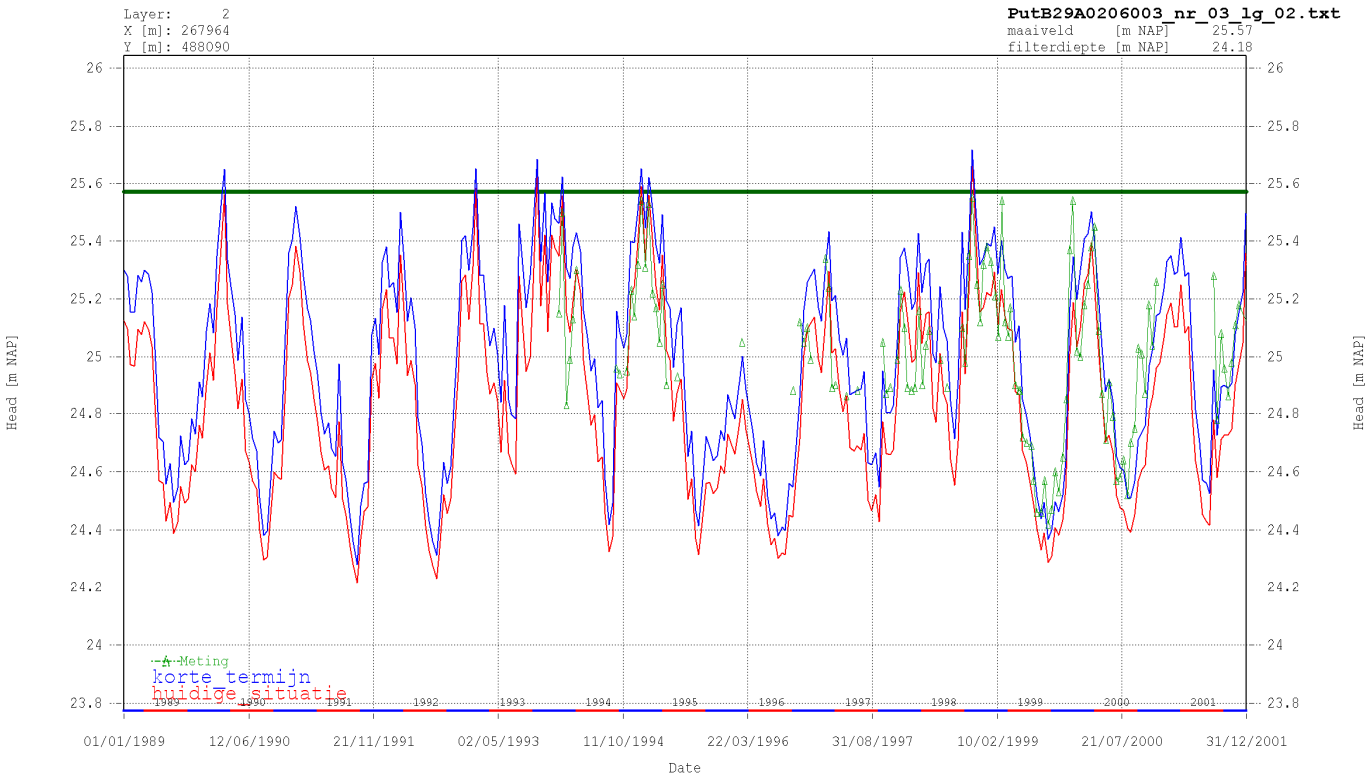

Layer: 2
X [m]: 267999
Y [m]: 488107
PutB29A0205001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.67
filterdiepte [m NAP] 24.08
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

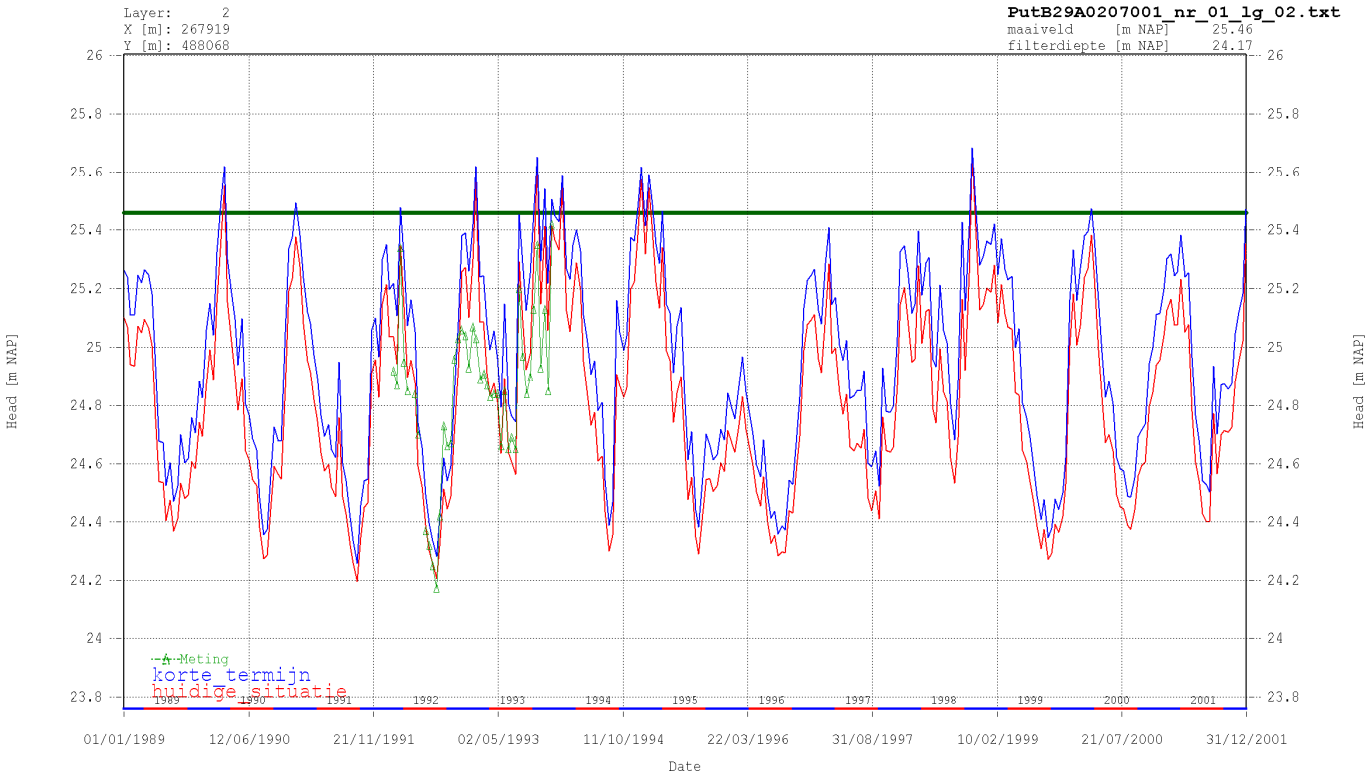

Layer: 1
X [m]: 267999
Y [m]: 488107
PutB29A0205002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.67
filterdiepte [m NAP] 25.05
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

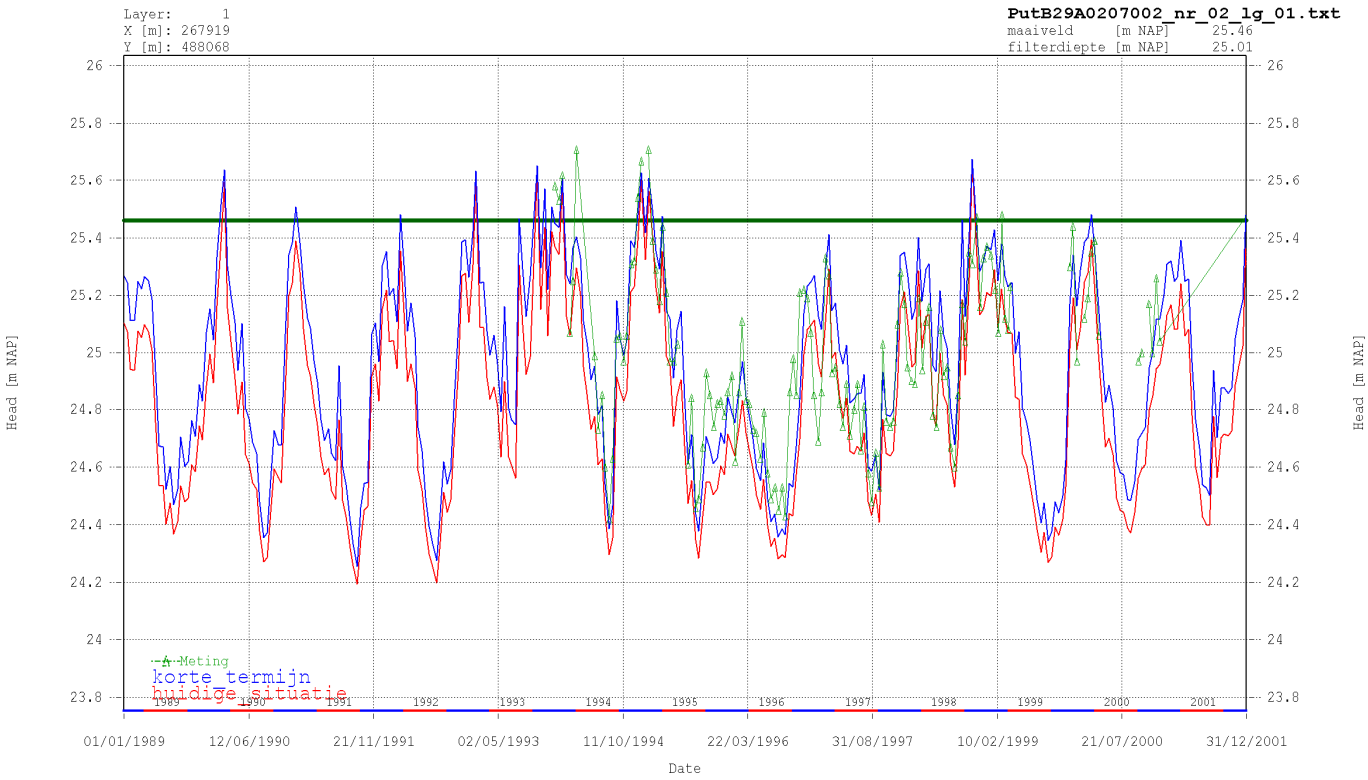

Layer: 2
X [m]: 267999
Y [m]: 488107
PutB29A0205003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.67
filterdiepte [m NAP] 24.08
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

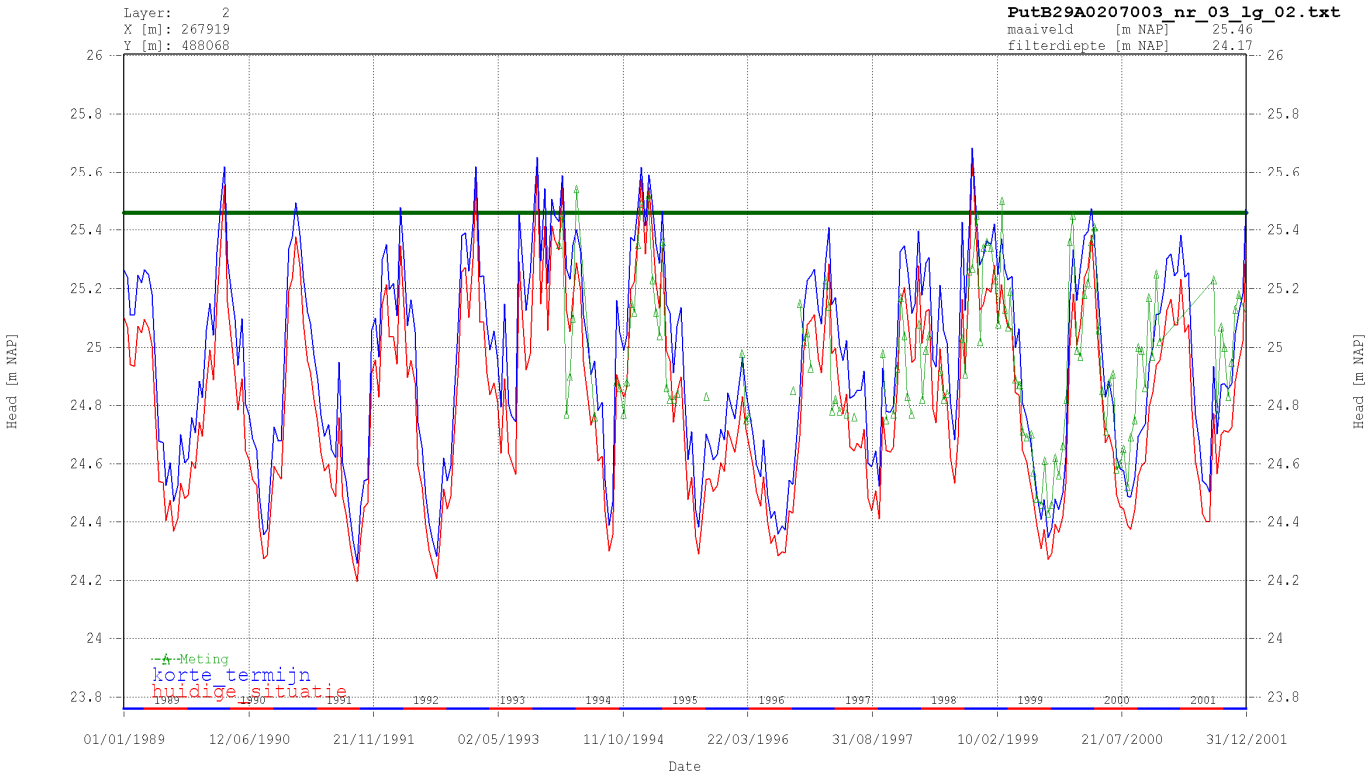

Layer: 2
X [m]: 267964
Y [m]: 488090
PutB29A0206001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.57
filterdiepte [m NAP] 24.18
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

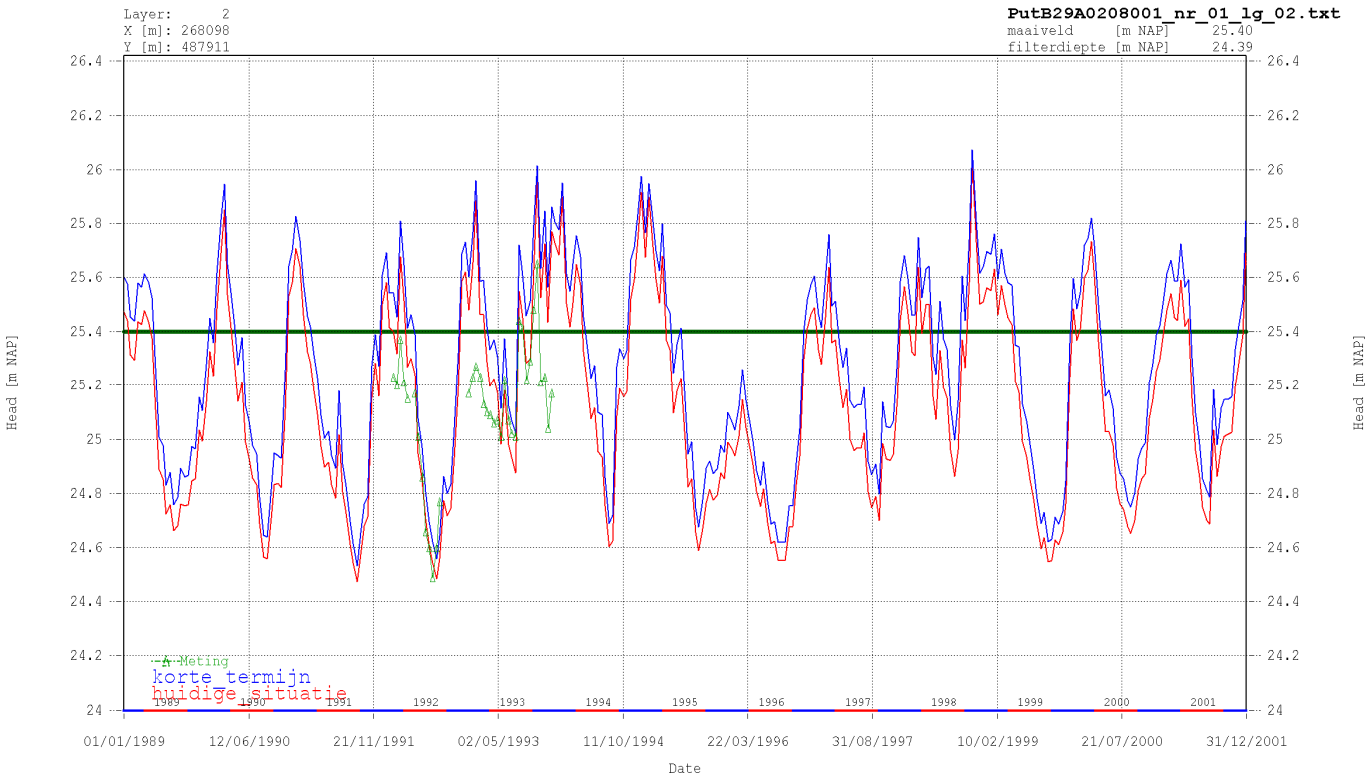

Layer: 1
X [m]: 267964
Y [m]: 488090
PutB29A0206002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.57
filterdiepte [m NAP] 25.16
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

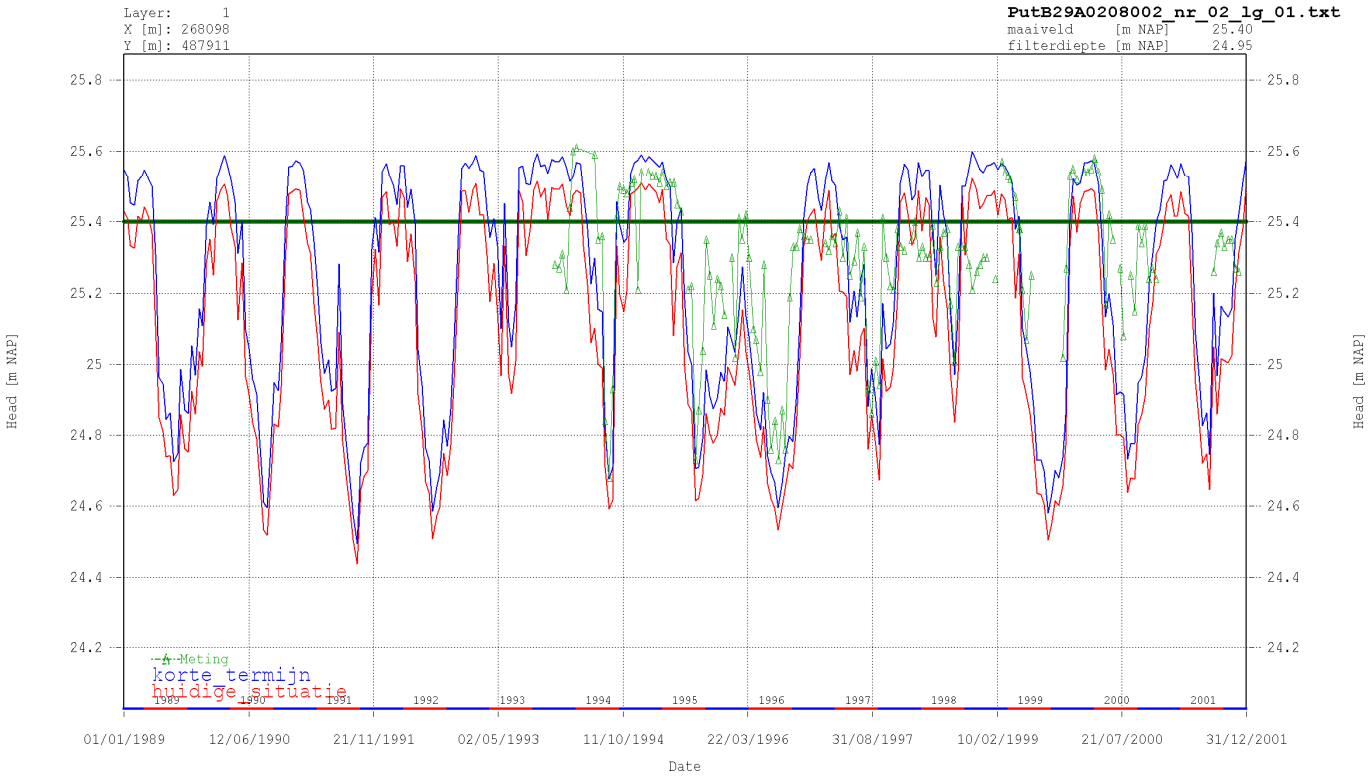

Layer: 2
X [m]: 267964
Y [m]: 488090
PutB29A0206003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.57
filterdiepte [m NAP] 24.18
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

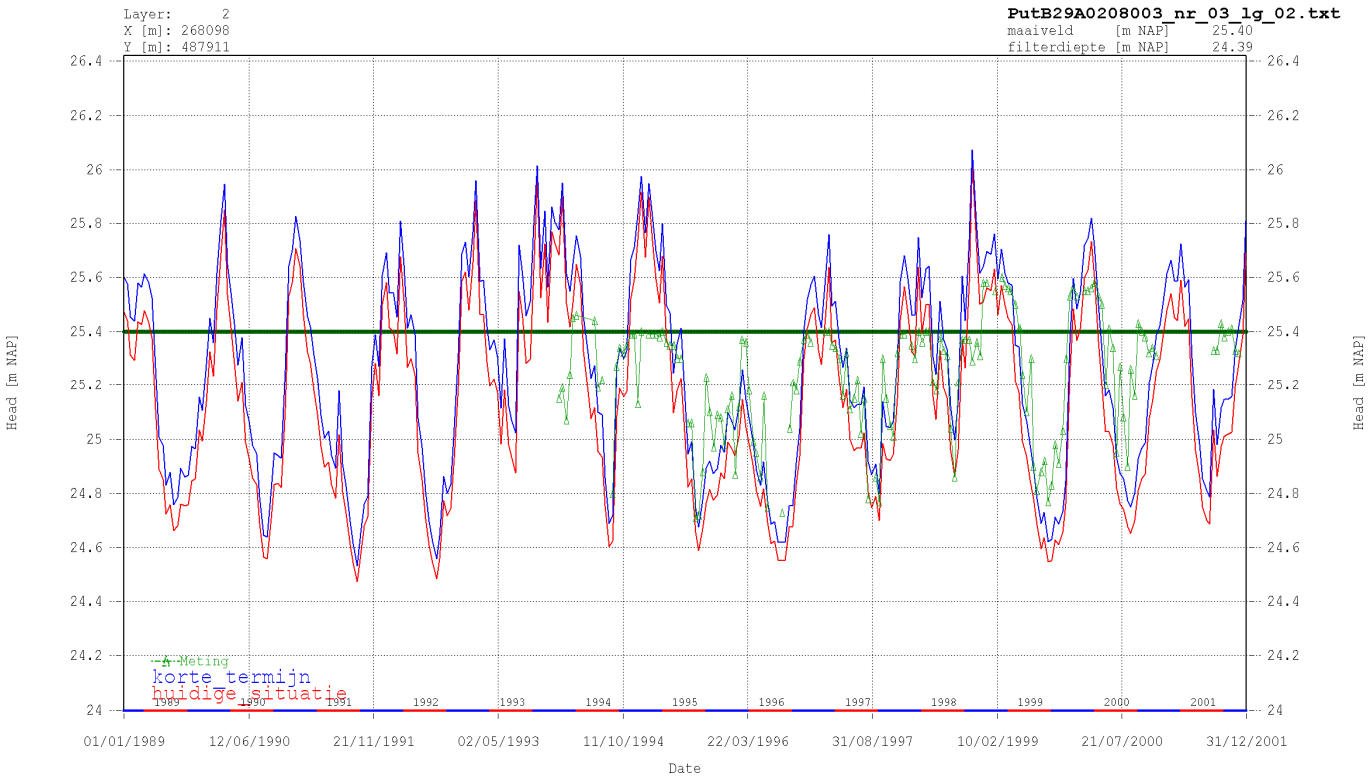

Layer: 2
X [m]: 267919
Y [m]: 488068
PutB29A0207001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.46
filterdiepte [m NAP] 24.17
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

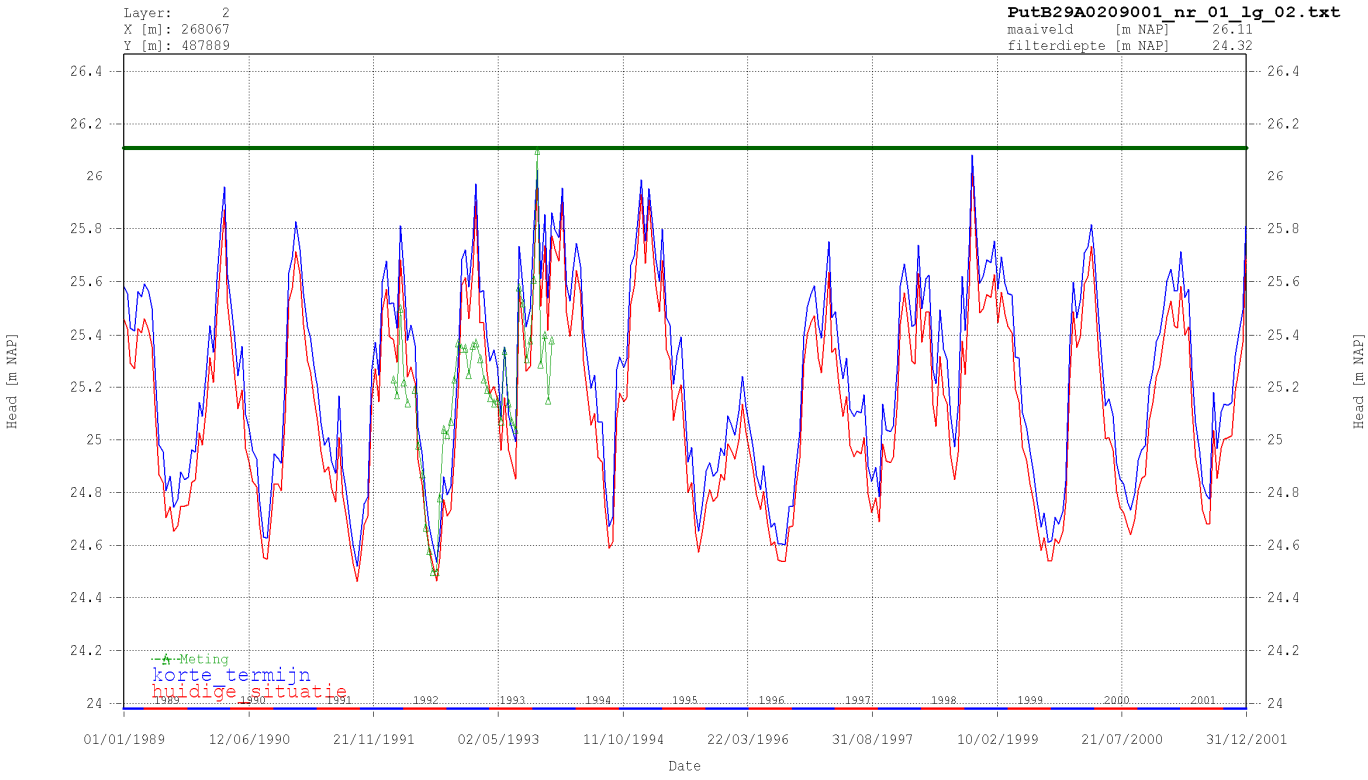

Layer: 1
X [m]: 267919
Y [m]: 488068
PutB29A0207002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.46
filterdiepte [m NAP] 25.01
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

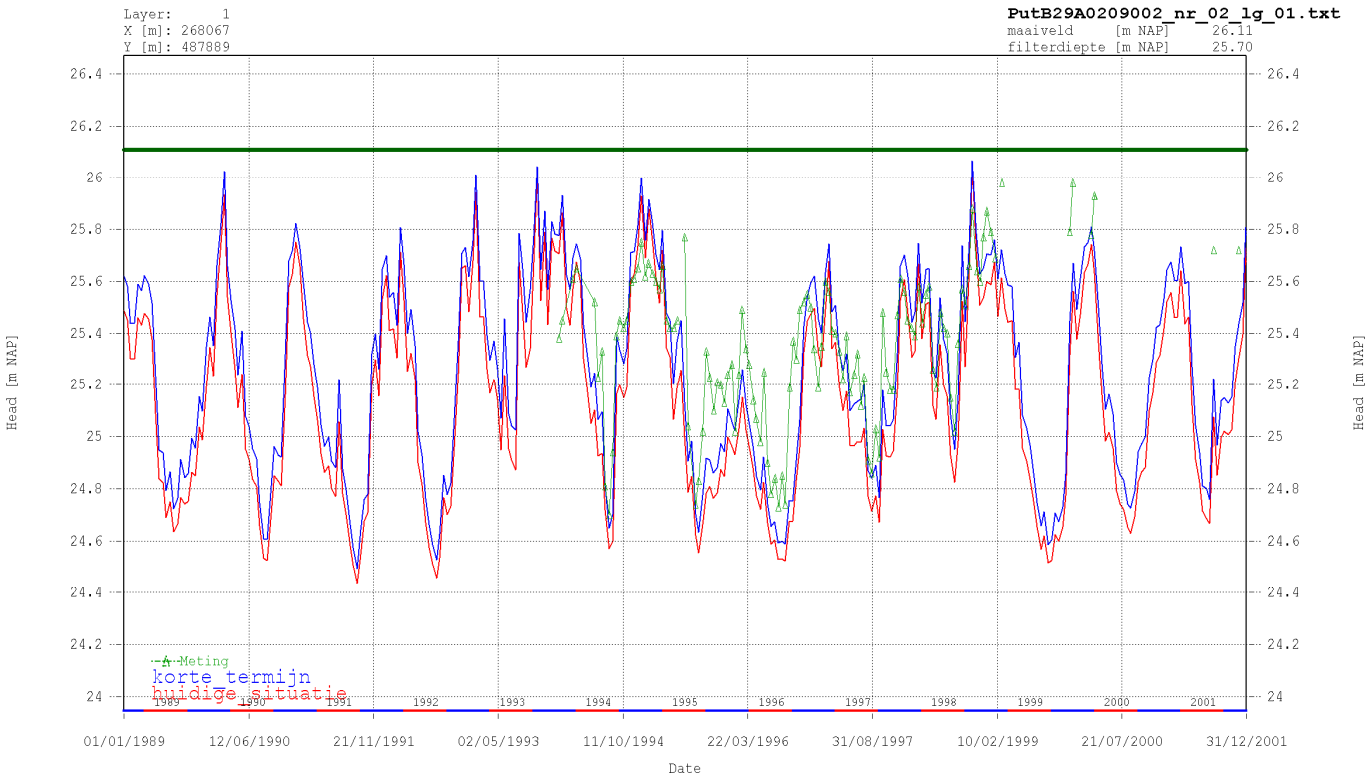

Layer: 2
X [m]: 267919
Y [m]: 488068
PutB29A0207003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.46
filterdiepte [m NAP] 24.17
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

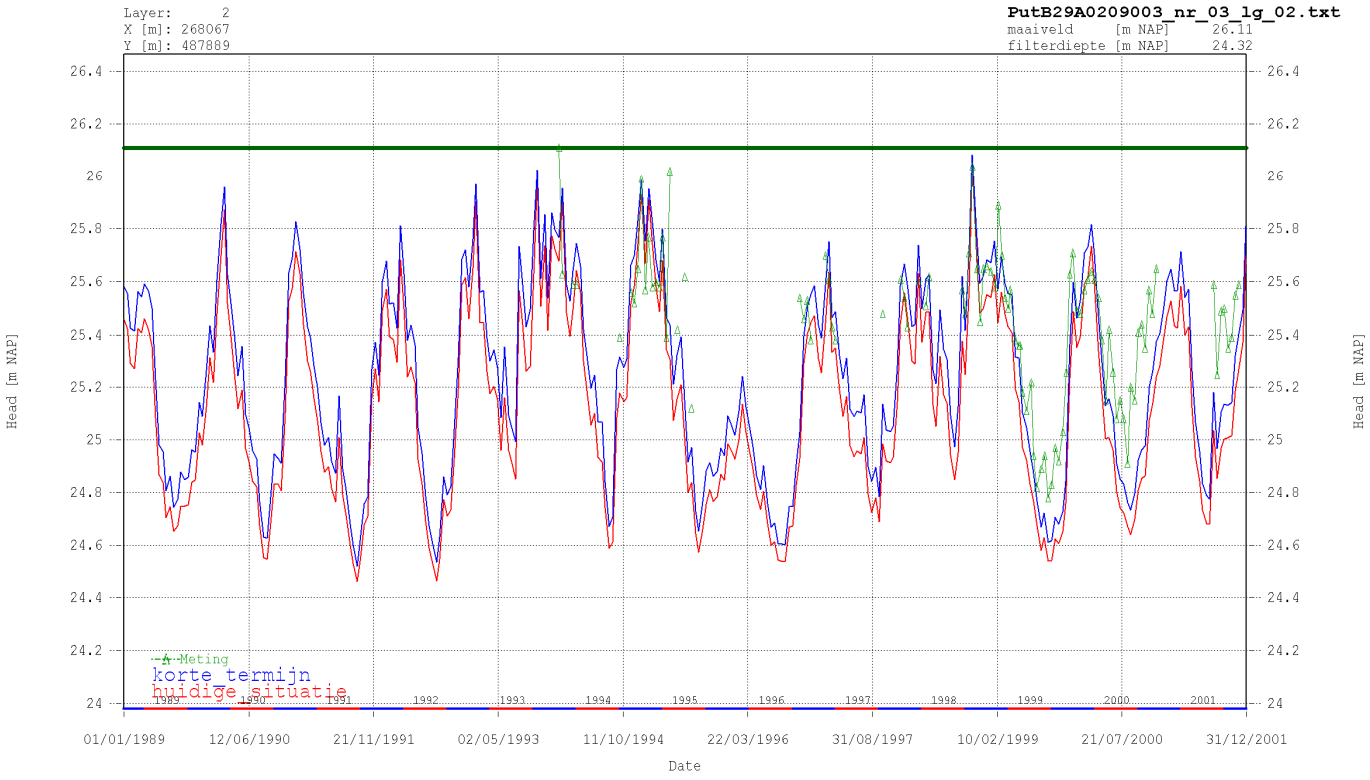

Layer: 2
X [m]: 268098
Y [m]: 487911
PutB29A0208001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.40
filterdiepte [m NAP] 24.39
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

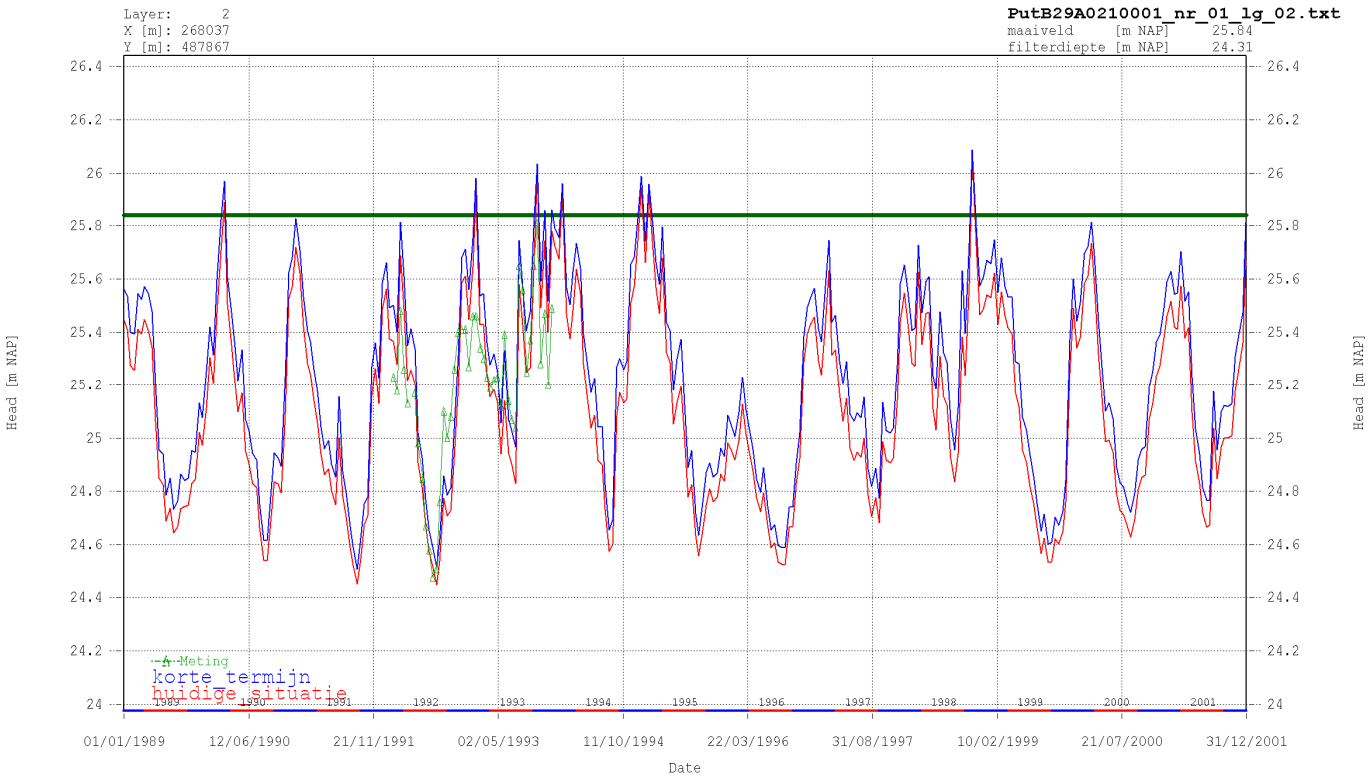

Layer: 1
X [m]: 268098
Y [m]: 487911
PutB29A0208002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.40
filterdiepte [m NAP] 24.95
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

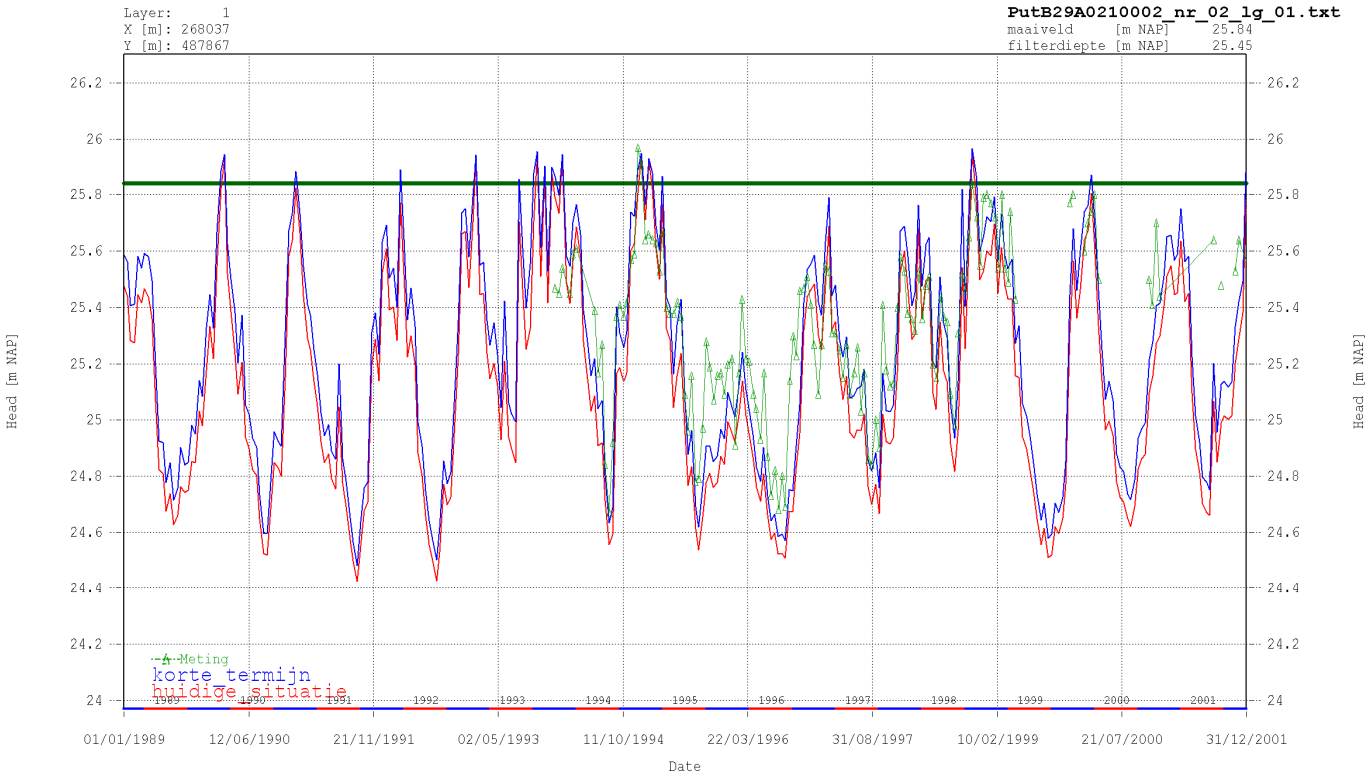

Layer: 2
X [m]: 268098
Y [m]: 487911
PutB29A0208003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.40
filterdiepte [m NAP] 24.39
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

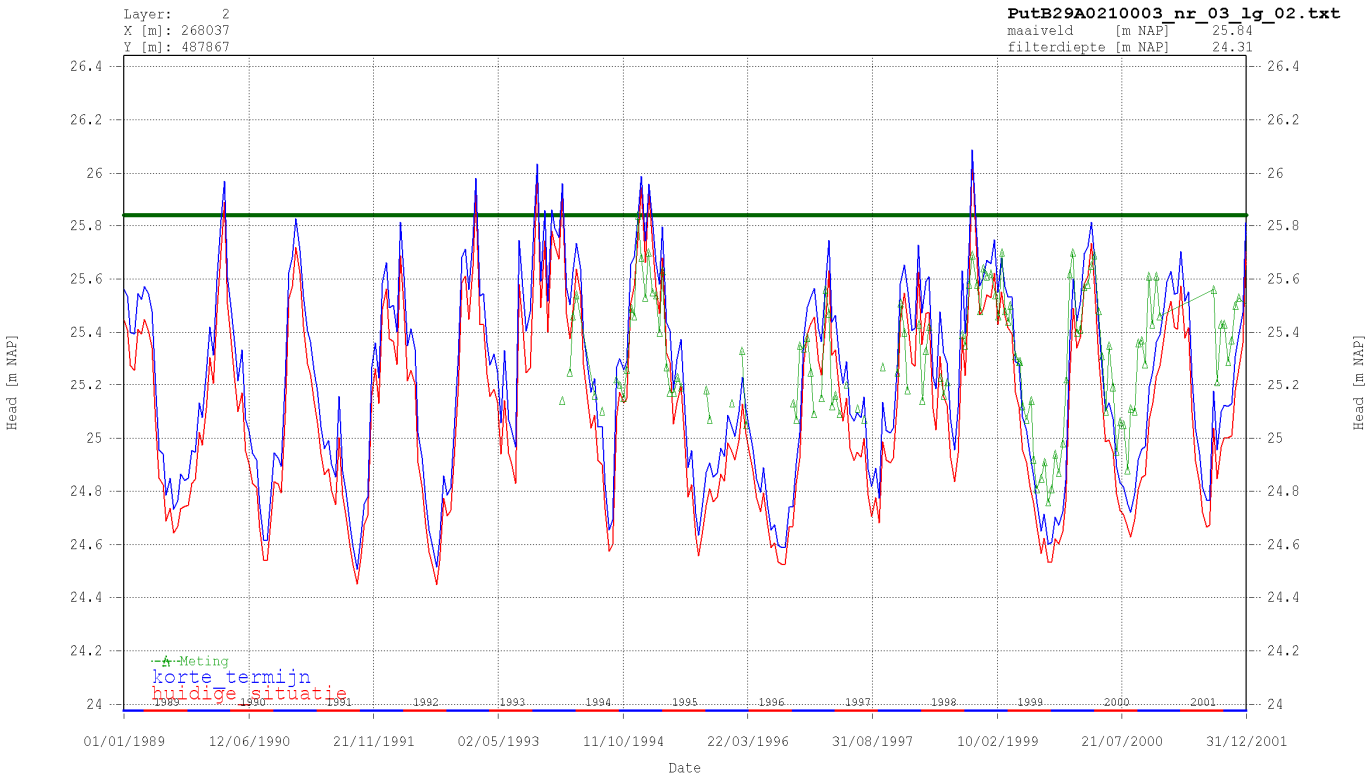

Layer: 2
X [m]: 268067
Y [m]: 487889
PutB29A0209001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 26.11
filterdiepte [m NAP] 24.32
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

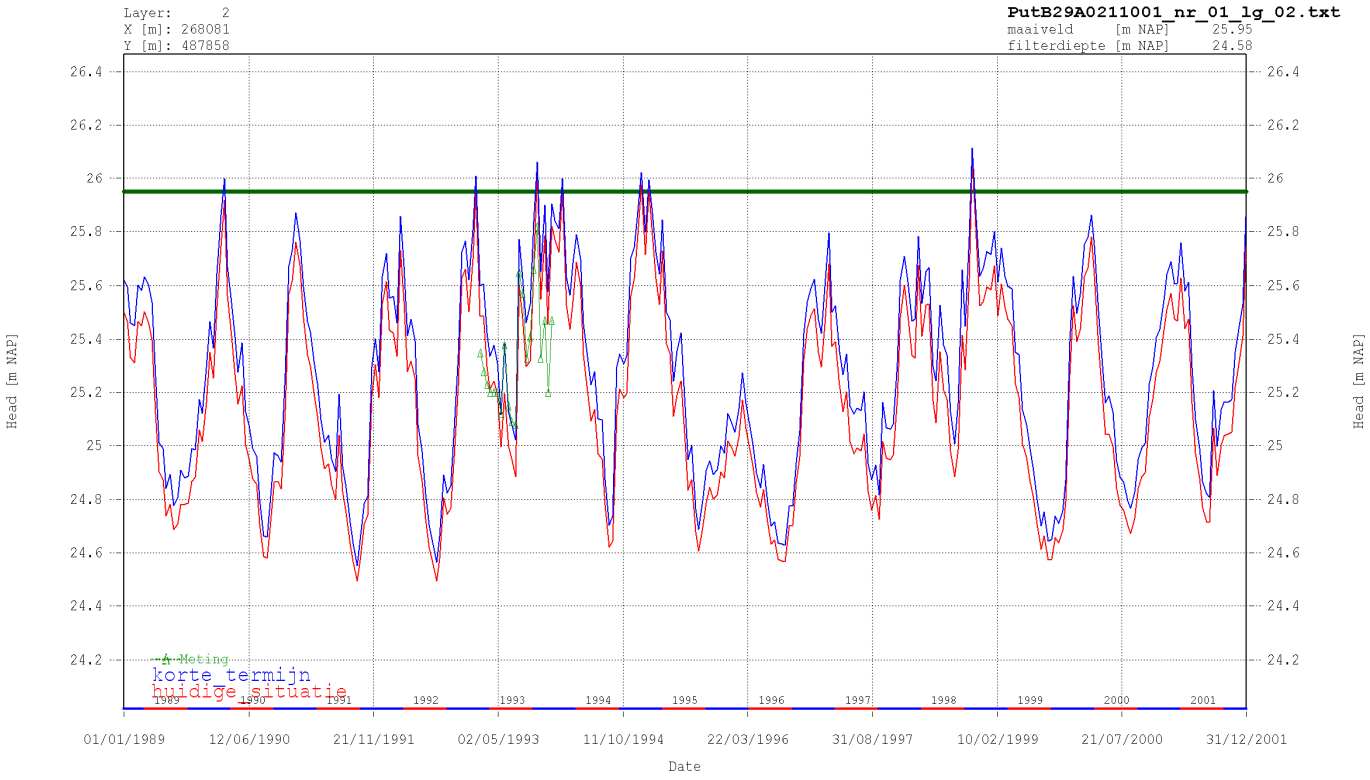

Layer: 1
X [m]: 268067
Y [m]: 487889
PutB29A0209002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 26.11
filterdiepte [m NAP] 25.70
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

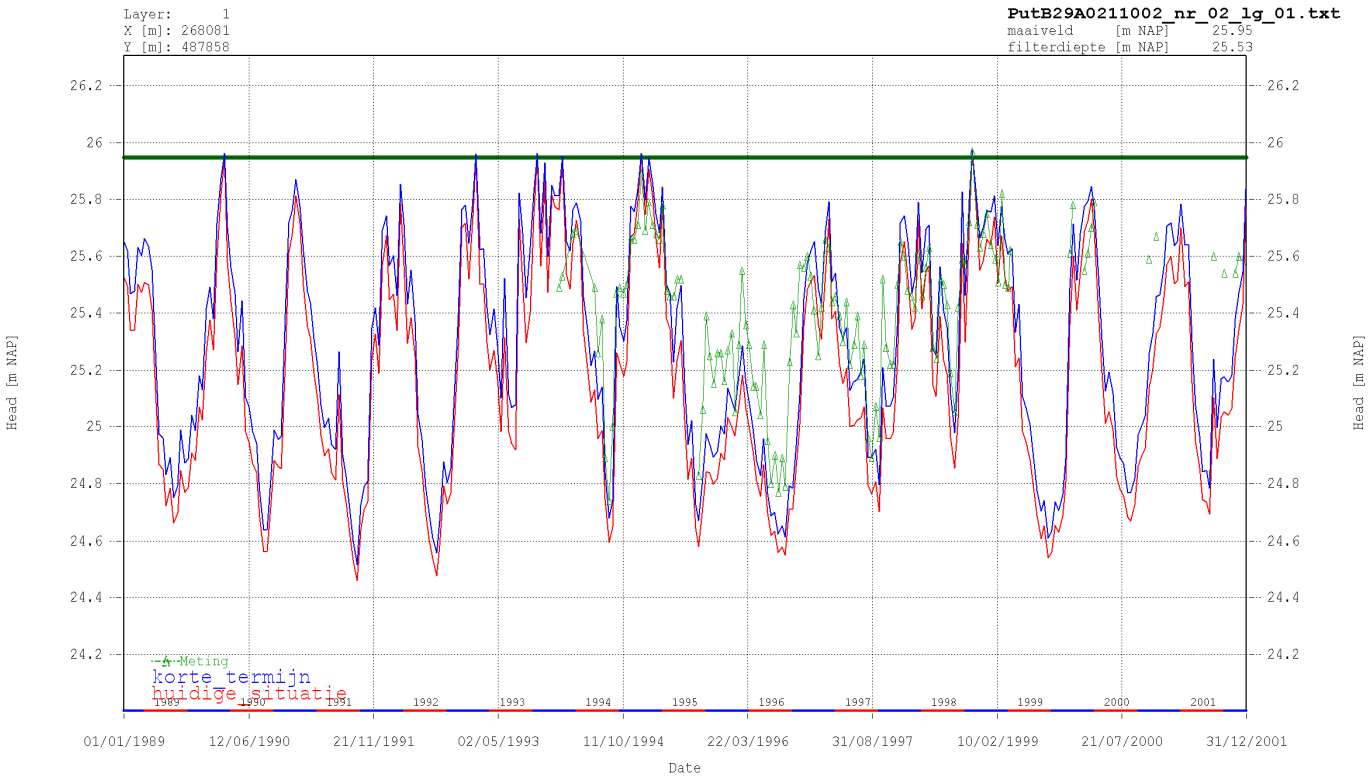

Layer: 2
X [m]: 268067
Y [m]: 487889
PutB29A0209003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 26.11
filterdiepte [m NAP] 24.32
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

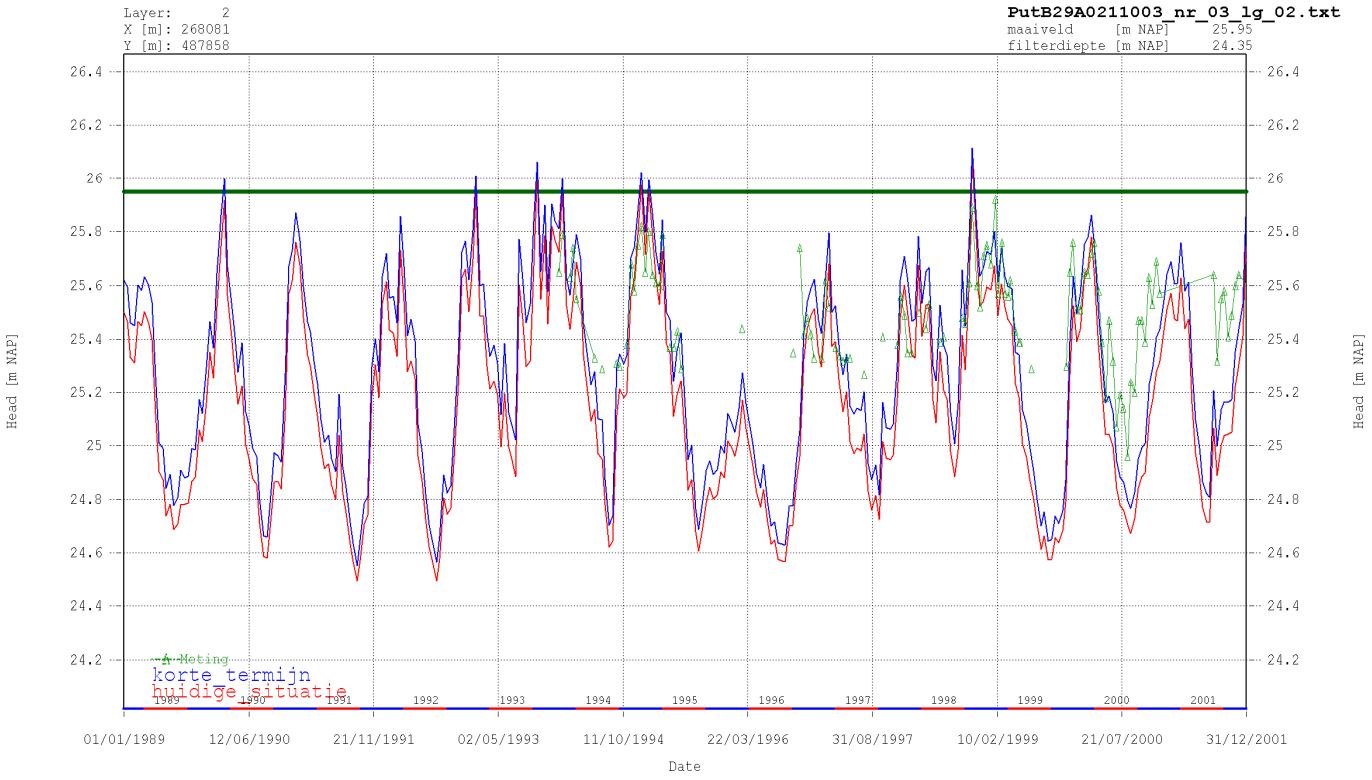

Layer: 2
X [m]: 268037
Y [m]: 487867
PutB29A0210001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.84
filterdiepte [m NAP] 24.31
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

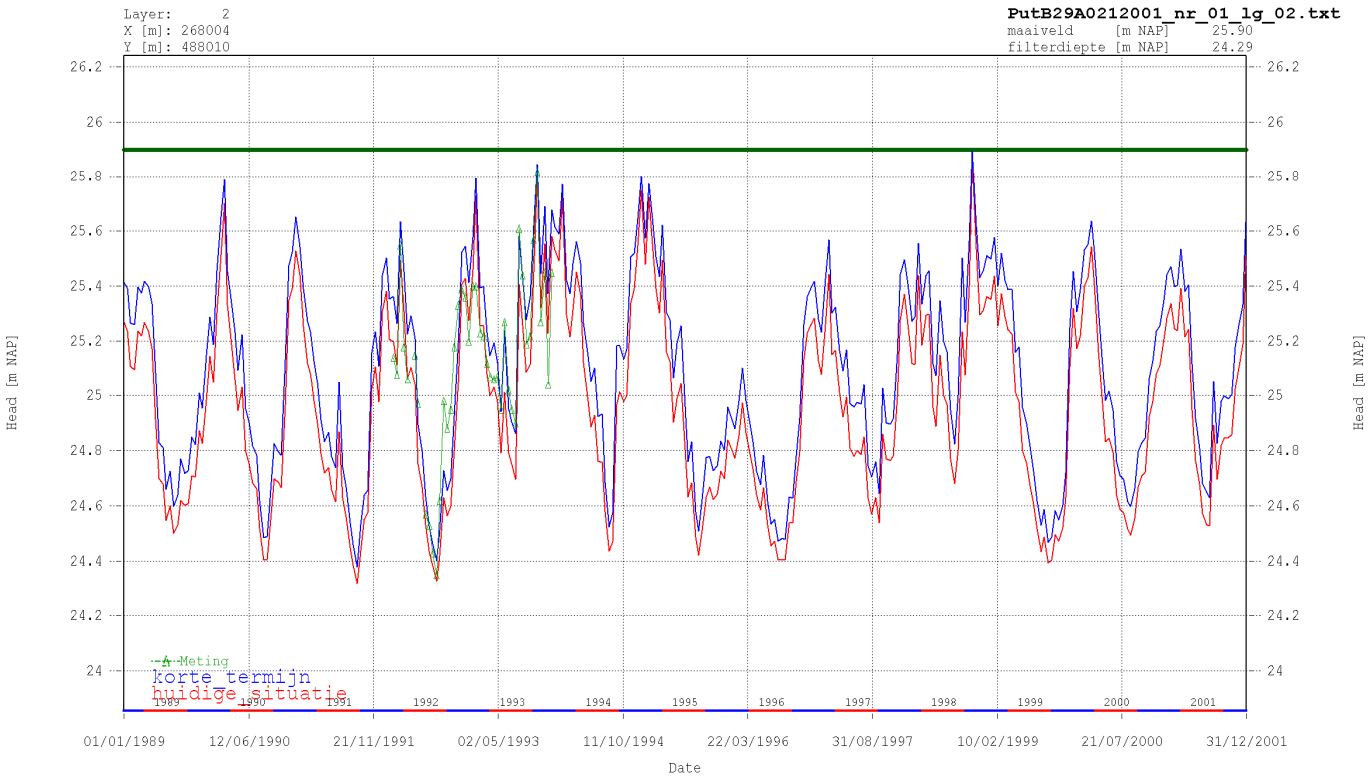

Layer: 1
X [m]: 268037
Y [m]: 487867
PutB29A0210002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.84
filterdiepte [m NAP] 25.45
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

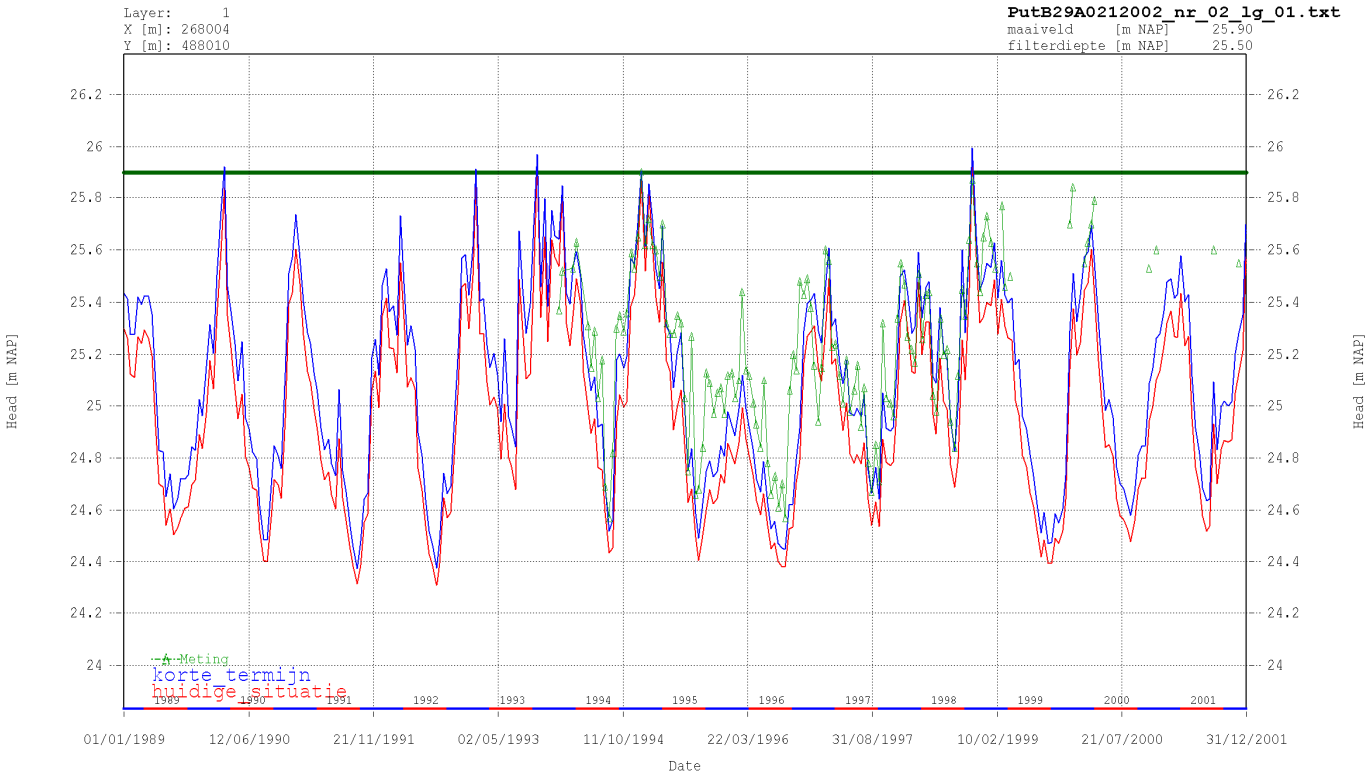

Layer: 2
X [m]: 268037
Y [m]: 487867
PutB29A0210003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.84
filterdiepte [m NAP] 24.31
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

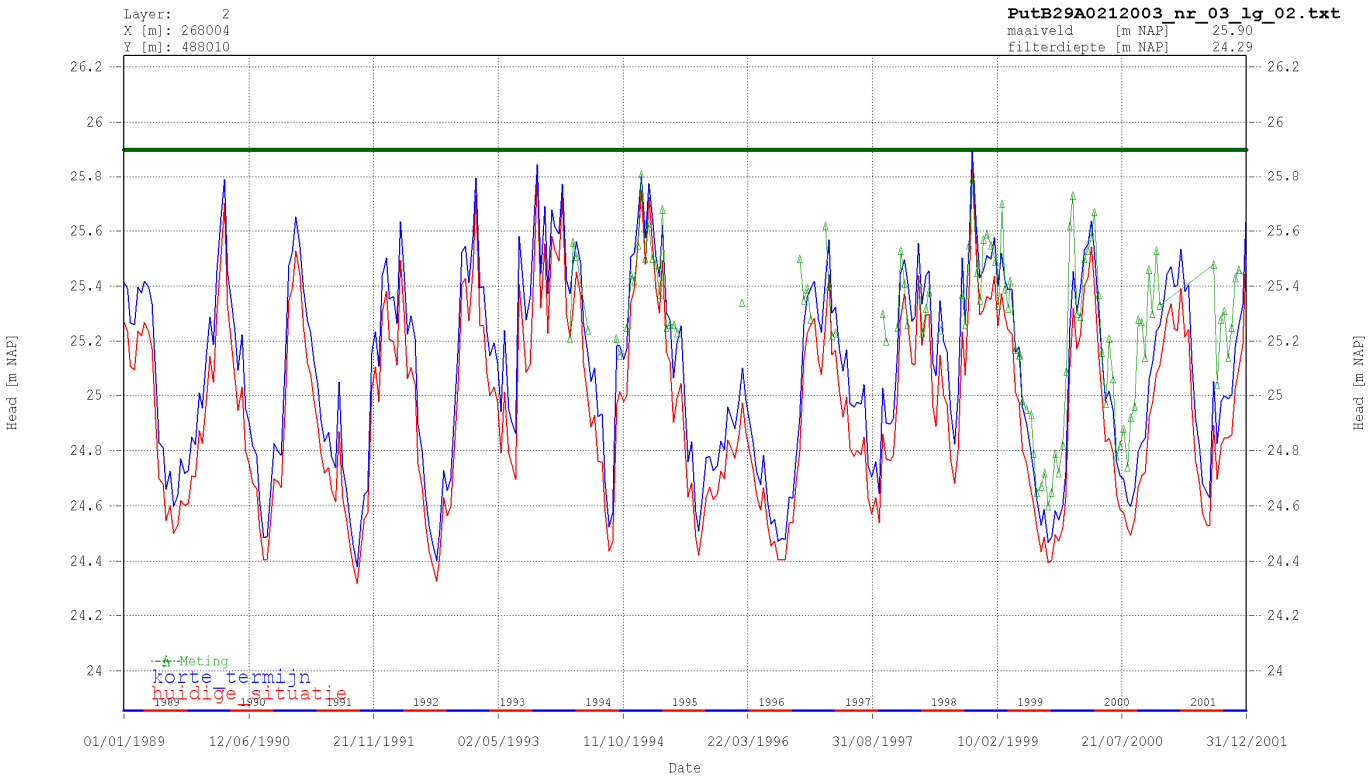

Layer: 2
X [m]: 268081
Y [m]: 487858
PutB29A0211001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.95
filterdiepte [m NAP] 24.58
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

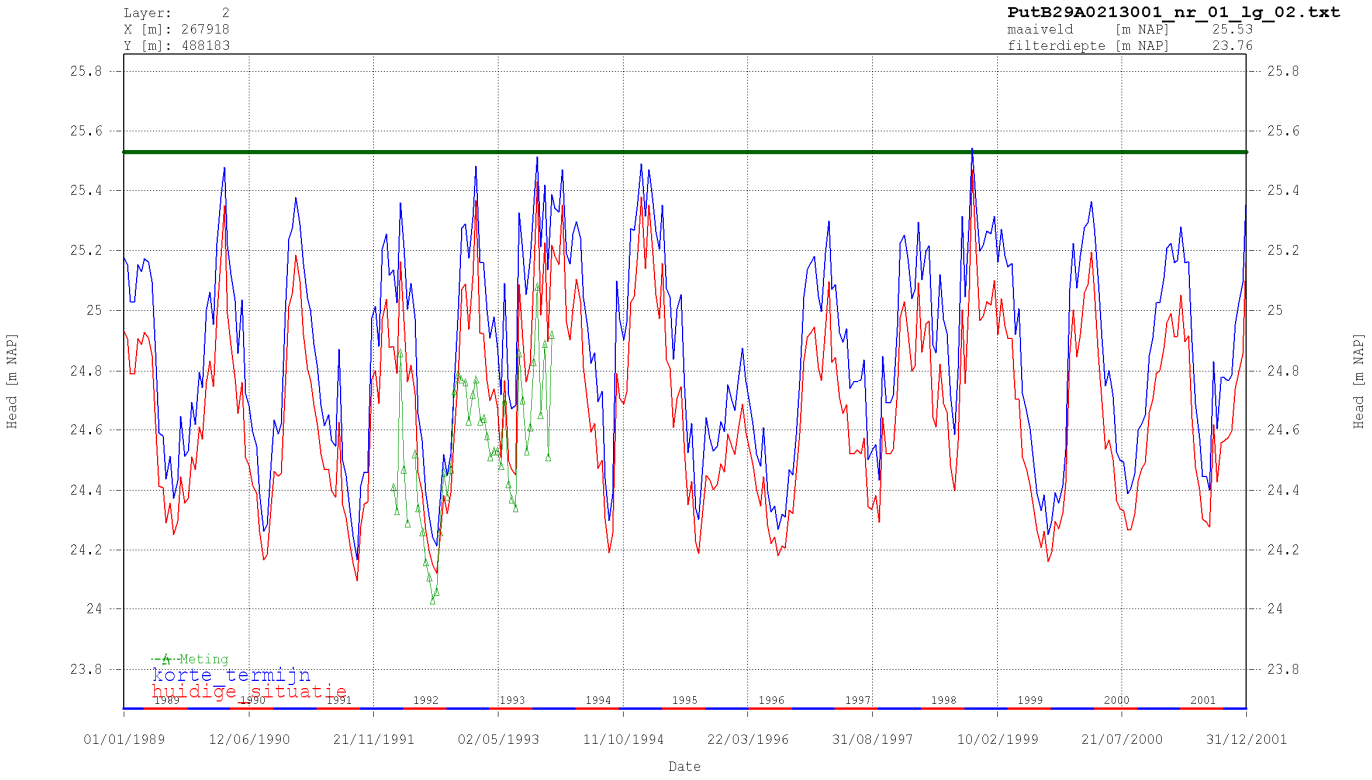

Layer: 1
X [m]: 268081
Y [m]: 487858
PutB29A0211002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.95
filterdiepte [m NAP] 25.53
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

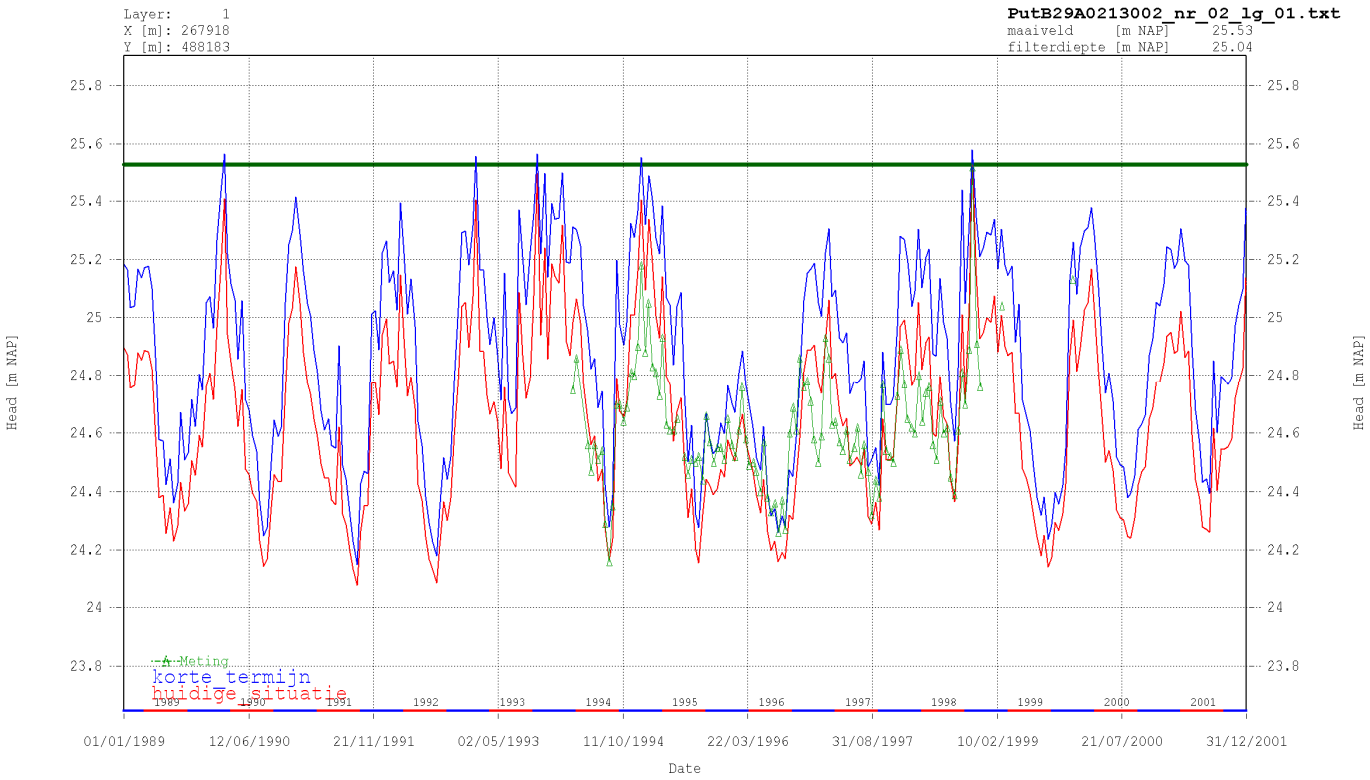

Layer: 2
X [m]: 268081
Y [m]: 487858
PutB29A0211003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.95
filterdiepte [m NAP] 24.35
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

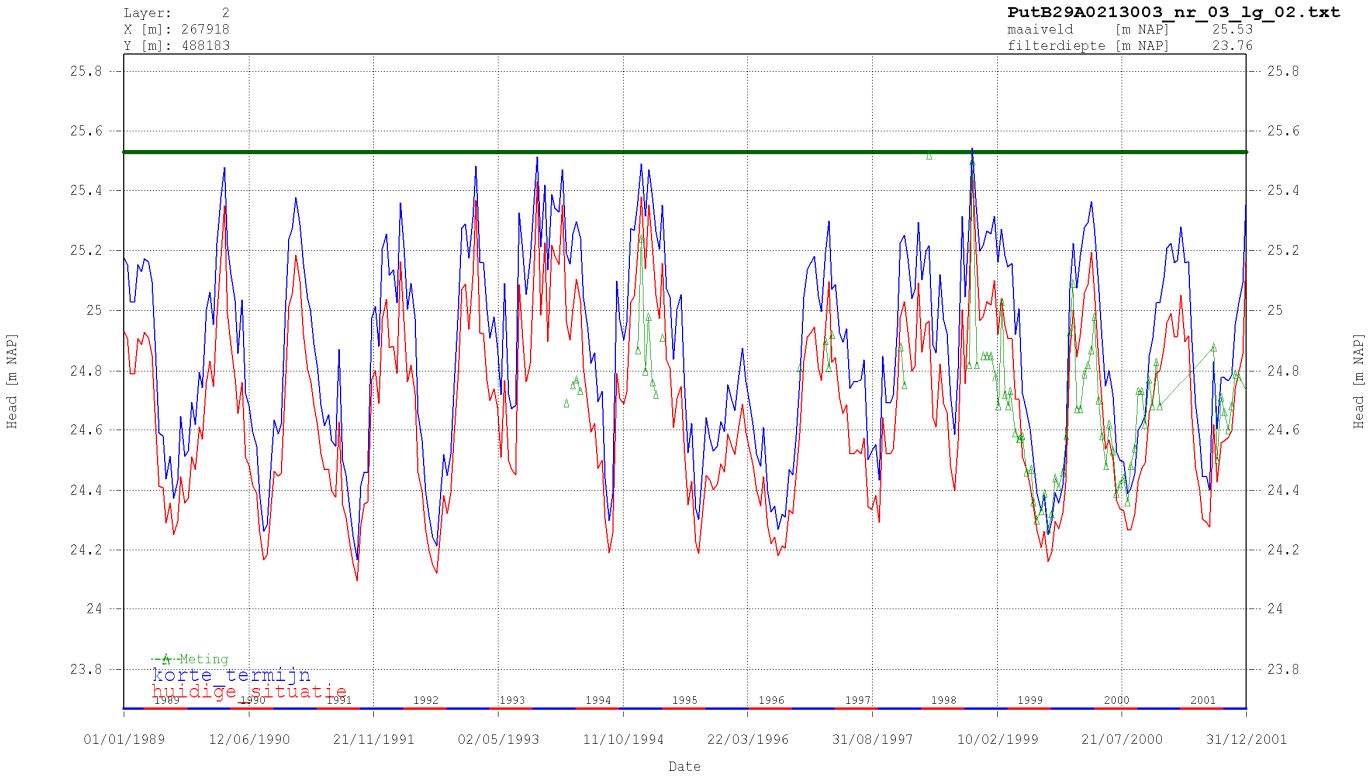

Layer: 2
X [m]: 268004
Y [m]: 488010
PutB29A0212001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.90
filterdiepte [m NAP] 24.29
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

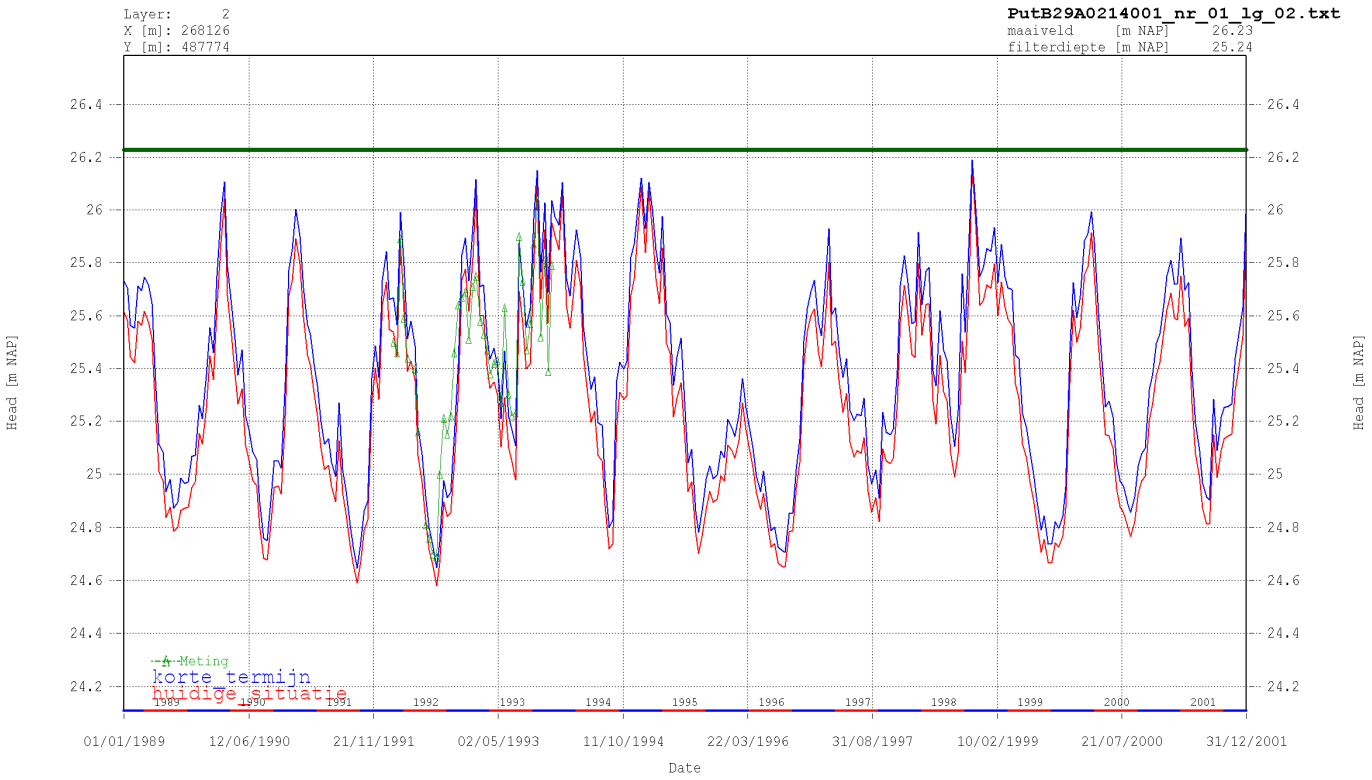

Layer: 1
X [m]: 268004
Y [m]: 488010
PutB29A0212002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.90
filterdiepte [m NAP] 25.50
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

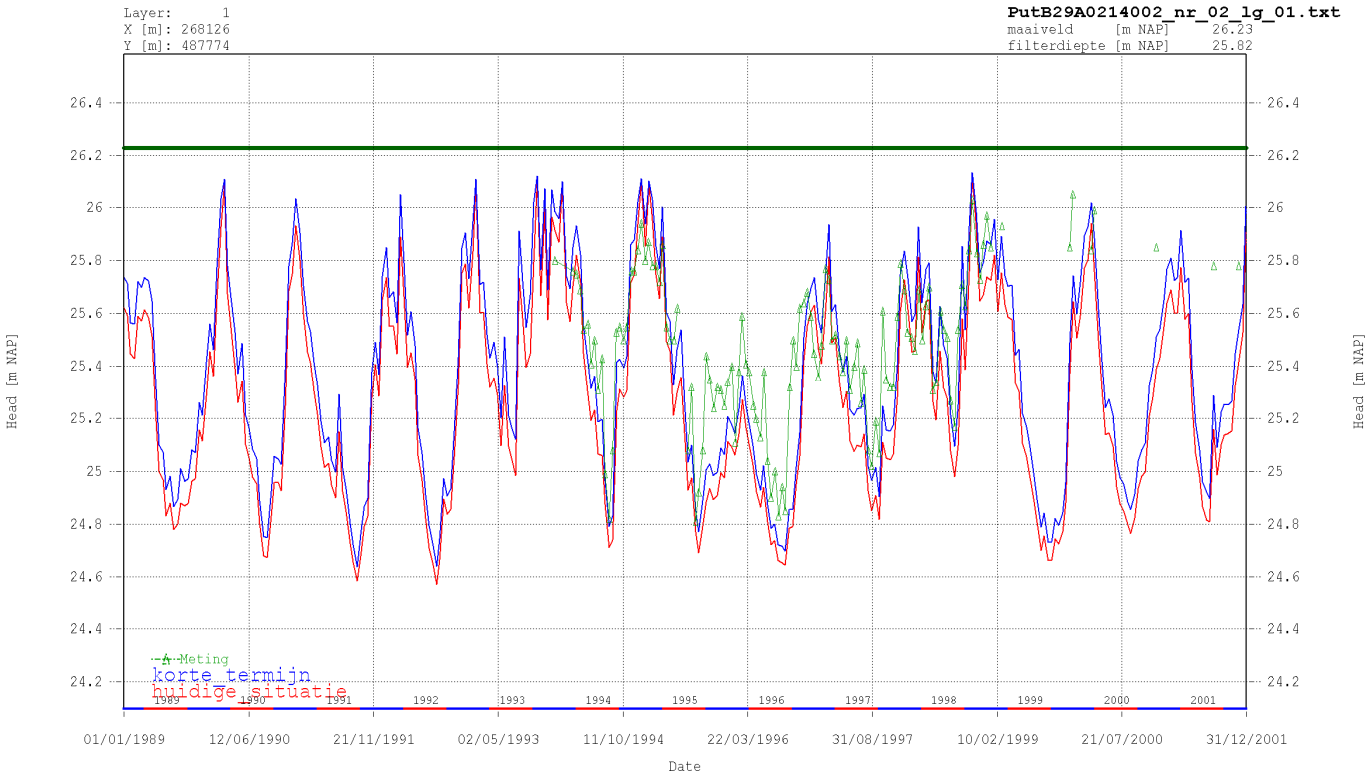

Layer: 2
X [m]: 268004
Y [m]: 488010
PutB29A0212003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.90
filterdiepte [m NAP] 24.29
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

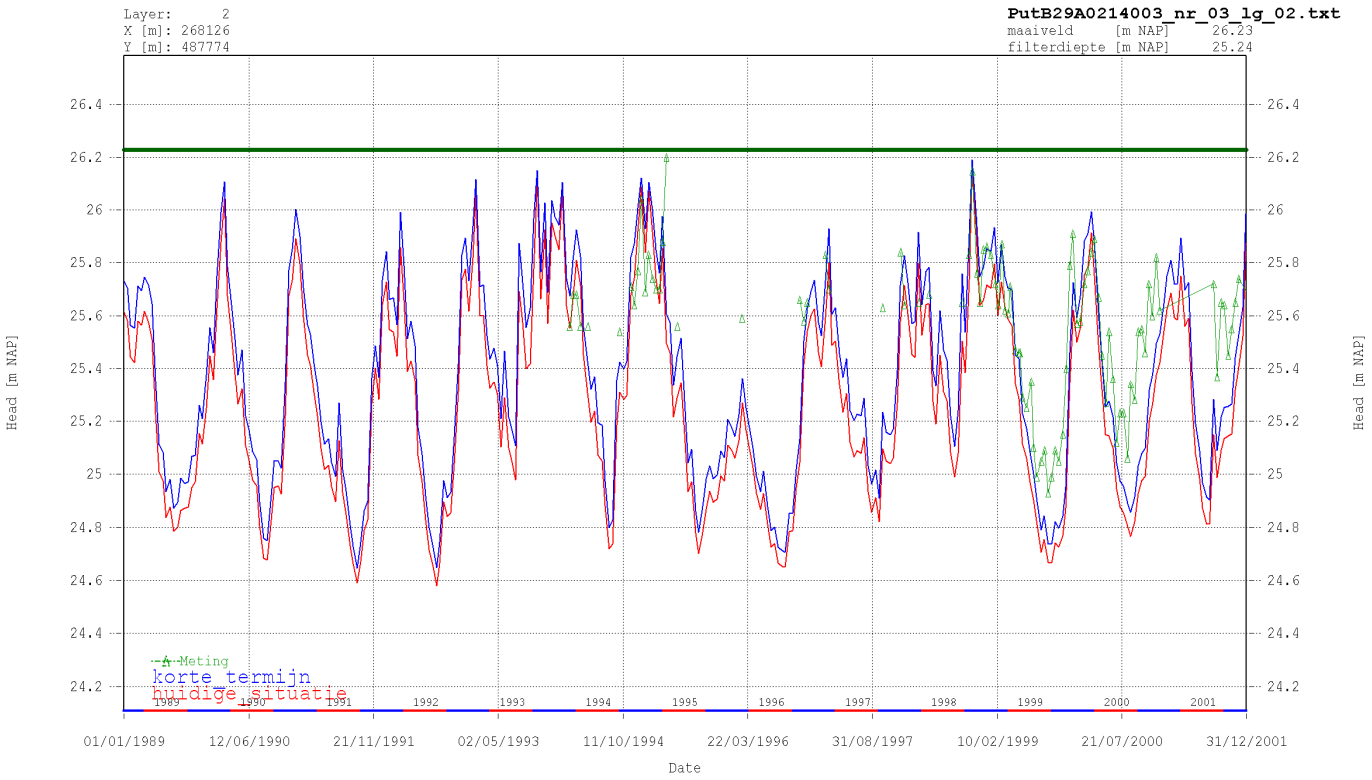

Layer: 2
X [m]: 267918
Y [m]: 488183
PutB29A0213001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.53
filterdiepte [m NAP] 23.76
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

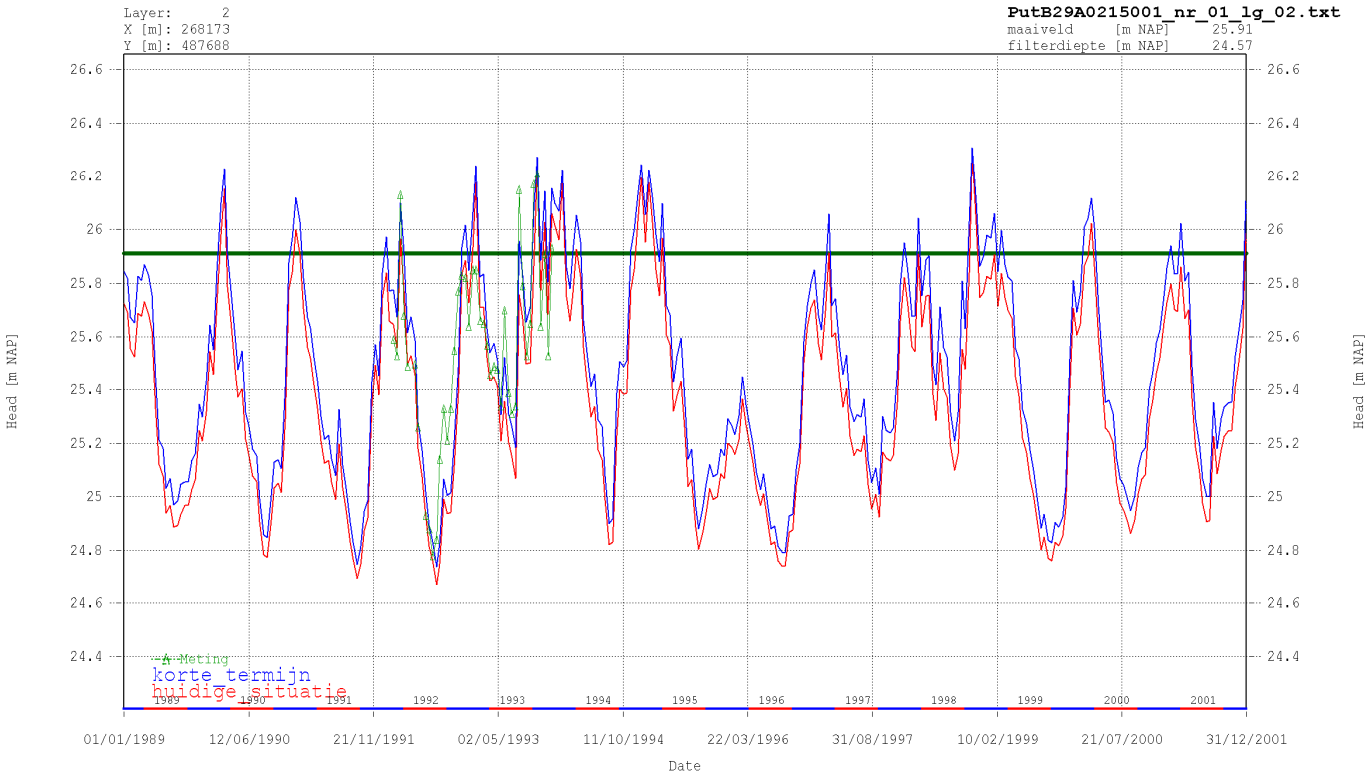

Layer: 1
X [m]: 267918
Y [m]: 488183
PutB29A0213002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.53
filterdiepte [m NAP] 25.04
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

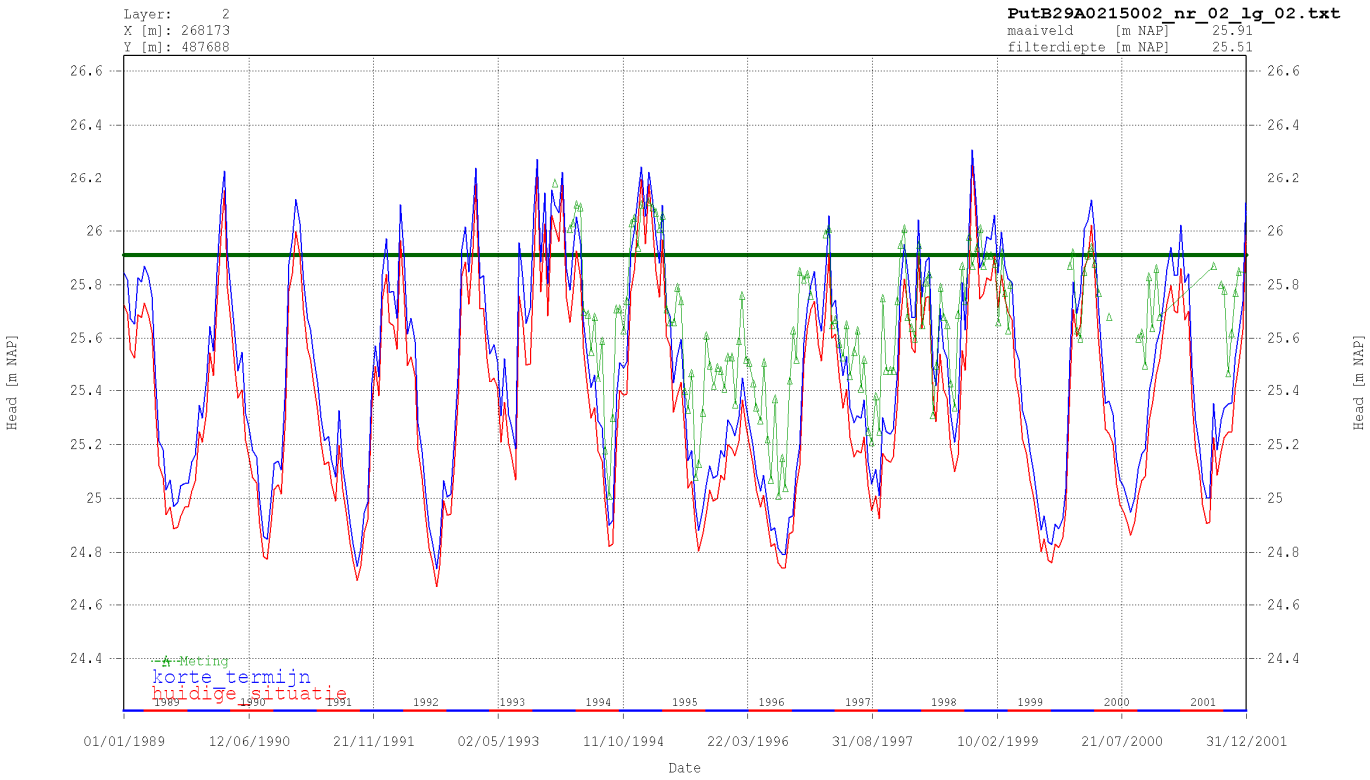

Layer: 2
X [m]: 267918
Y [m]: 488183
PutB29A0213003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.53
filterdiepte [m NAP] 23.76
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

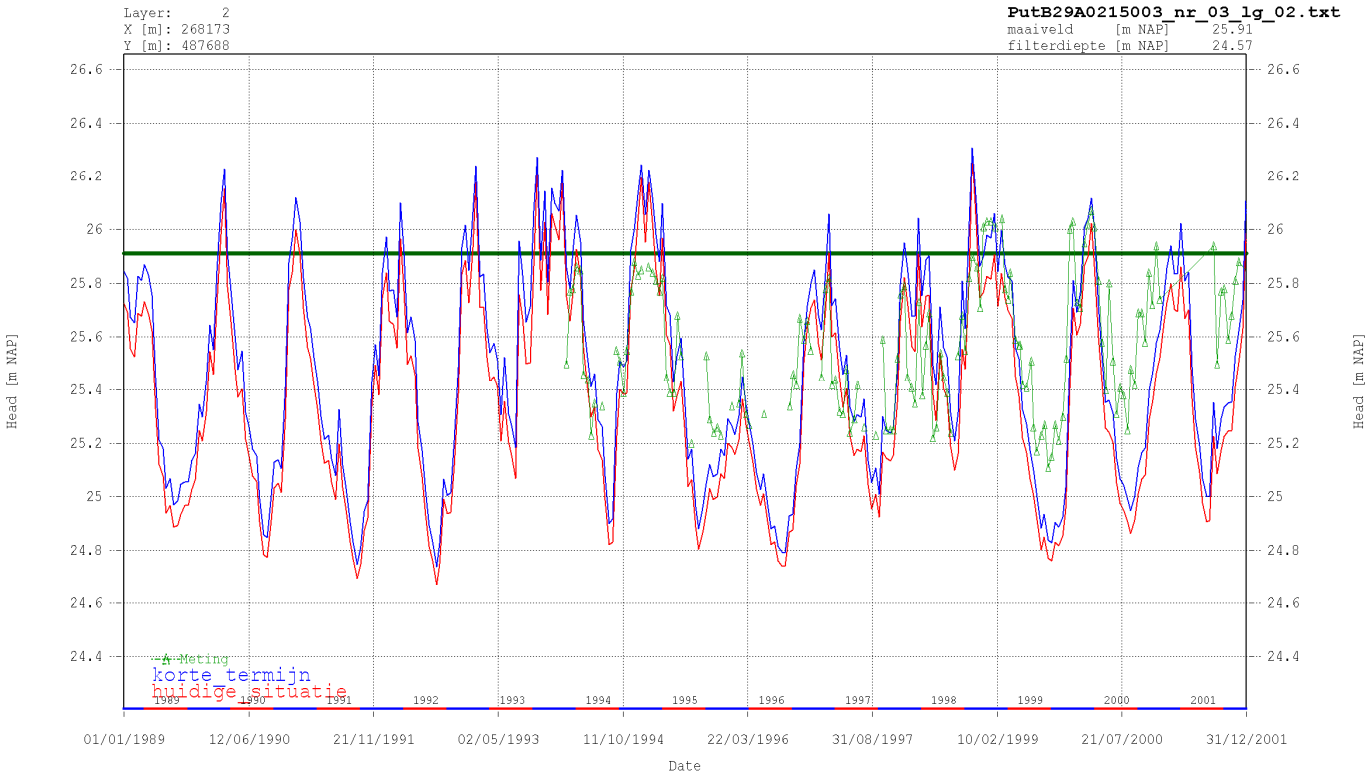

Layer: 2
X [m]: 268126
Y [m]: 487774
PutB29A0214001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 26.23
filterdiepte [m NAP] 25.24
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

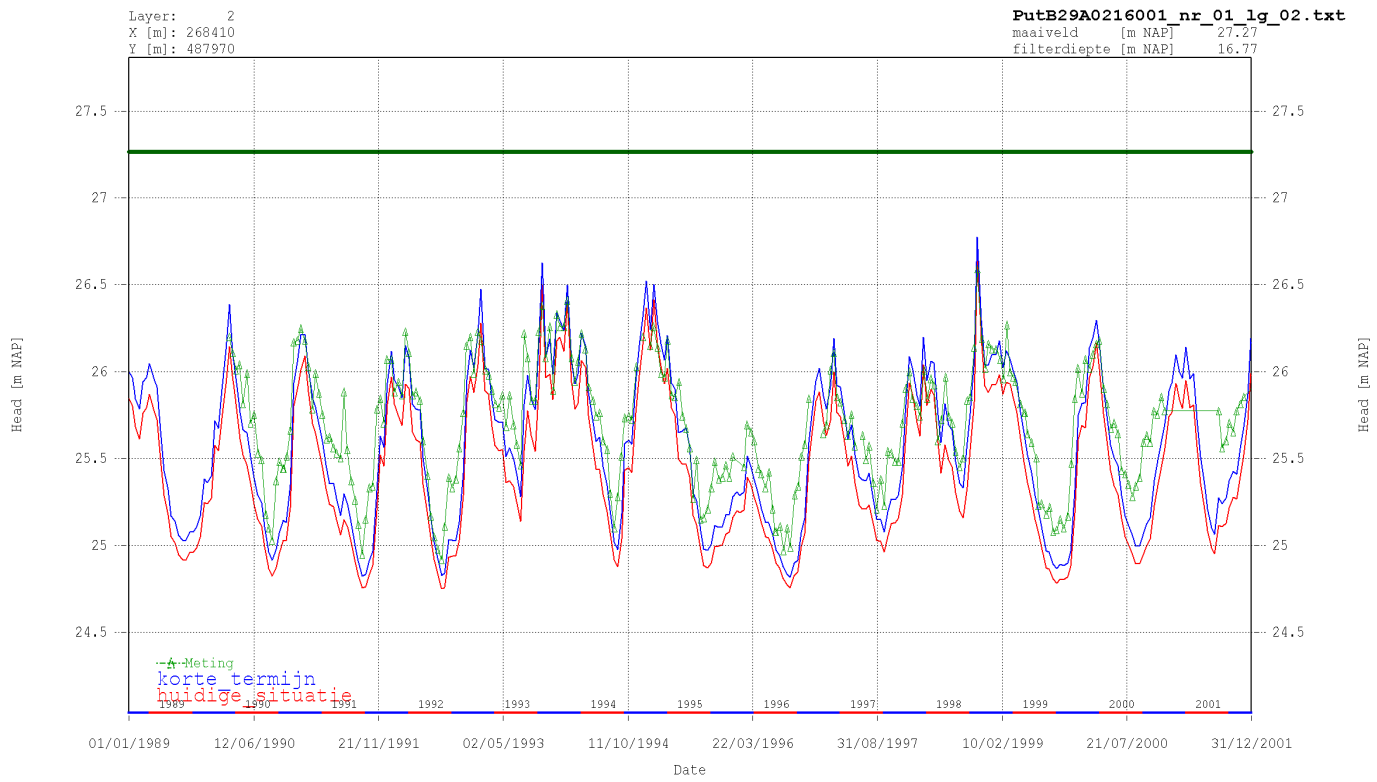

Layer: 1
X [m]: 268126
Y [m]: 487774
PutB29A0214002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 26.23
filterdiepte [m NAP] 25.82
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

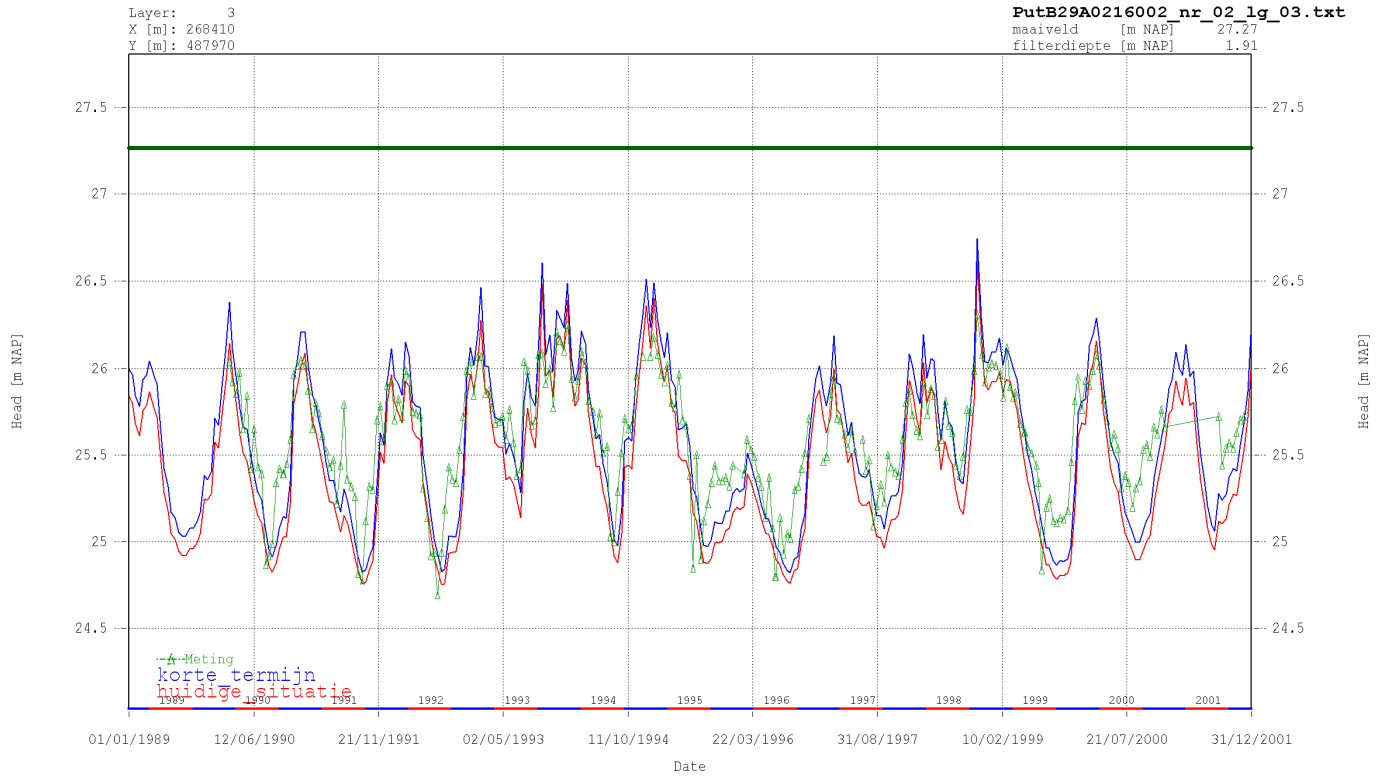

Layer: 2
X [m]: 268126
Y [m]: 487774
PutB29A0214003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 26.23
filterdiepte [m NAP] 25.24
Head [m NAP]
Meting
korte_termijn
huidige_situatie
Date

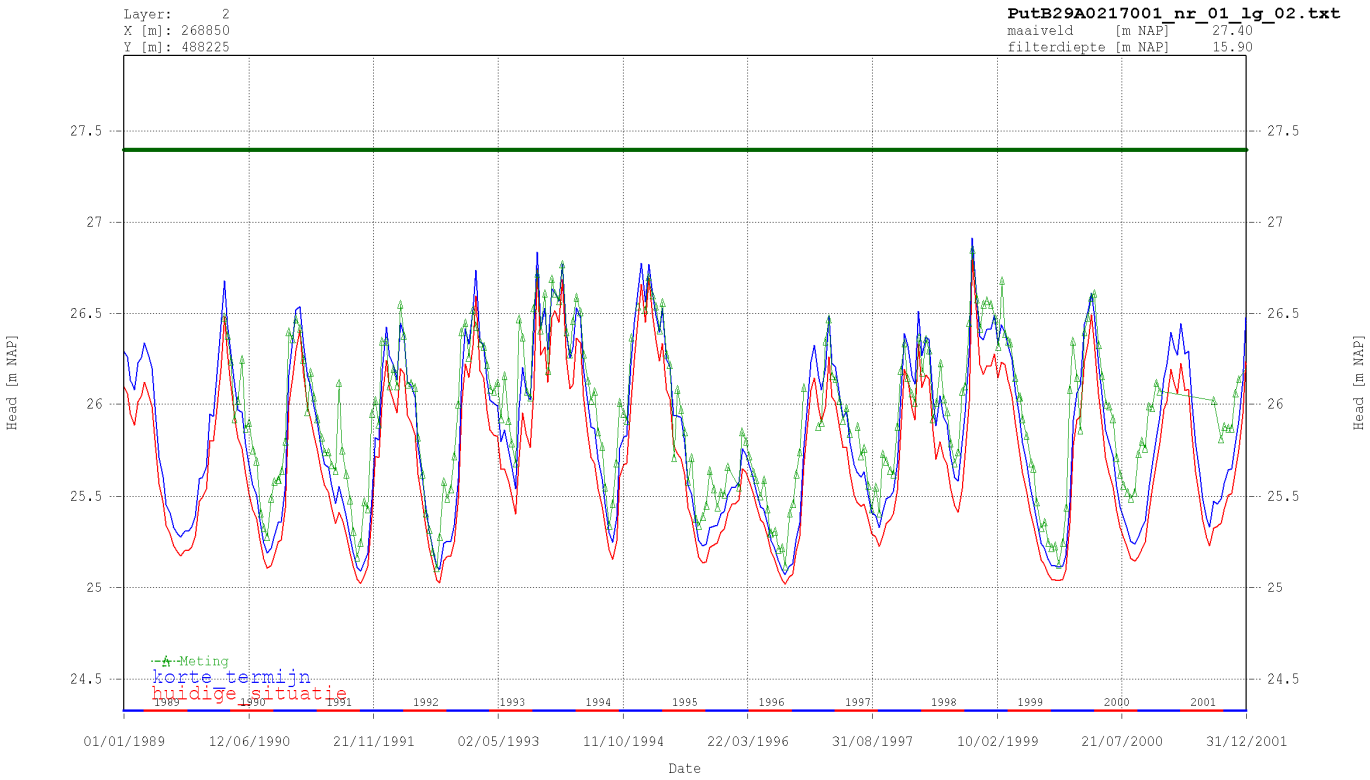

Layer: 2
X [m]: 268173
Y [m]: 487688
PutB29A0215001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.91
filterdiepte [m NAP] 24.57
Head [m NAP]
Meting
korte_termijn
huidige_situatie
Date

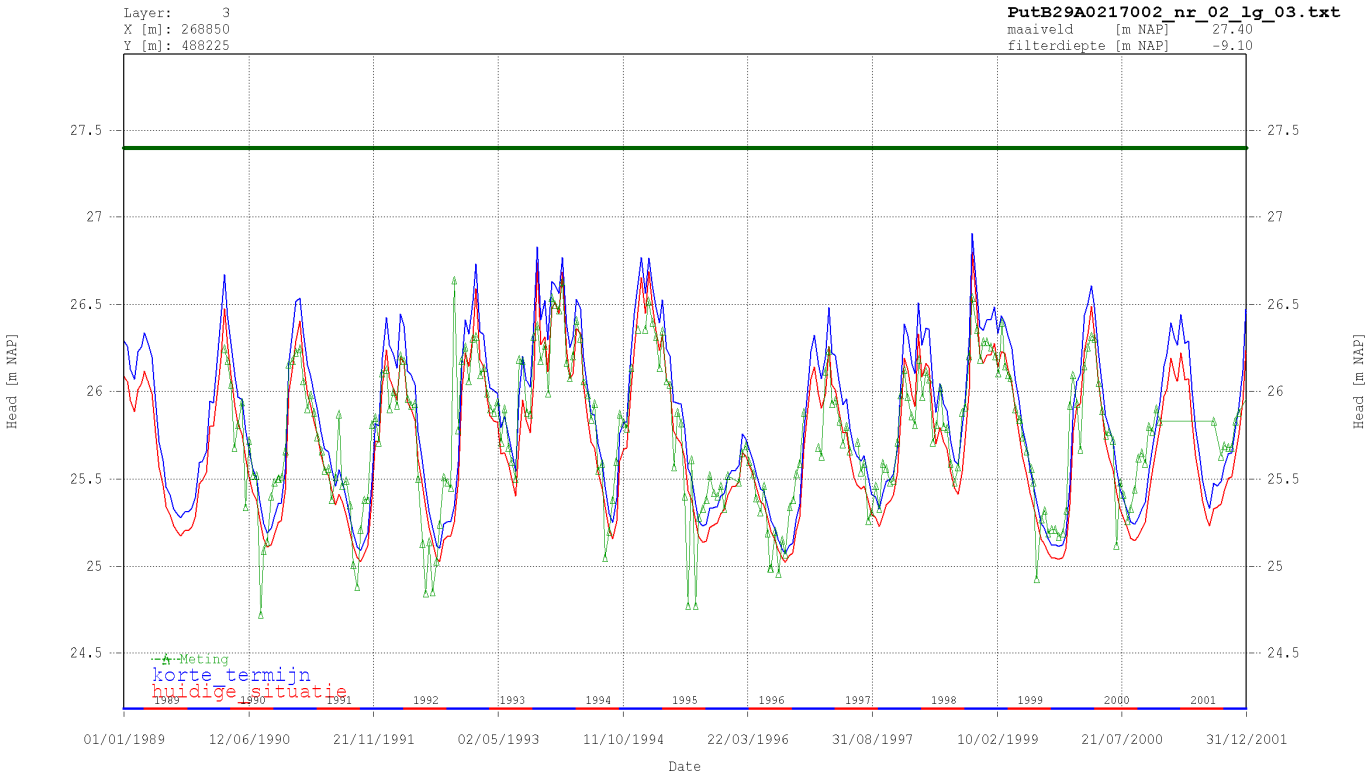

Layer: 2
X [m]: 268173
Y [m]: 487688
PutB29A0215002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.91
filterdiepte [m NAP] 25.51
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

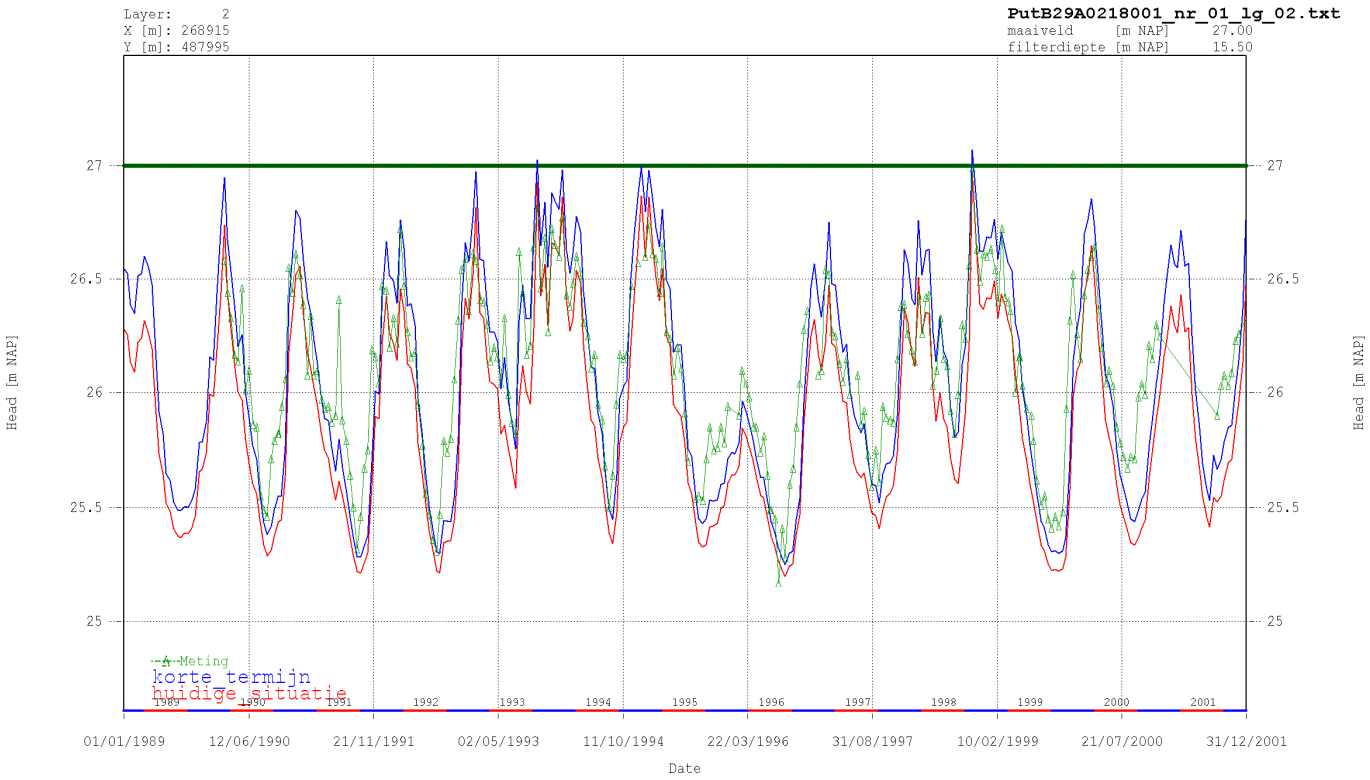

Layer: 2
X [m]: 268173
Y [m]: 487688
PutB29A0215003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.91
filterdiepte [m NAP] 24.57
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

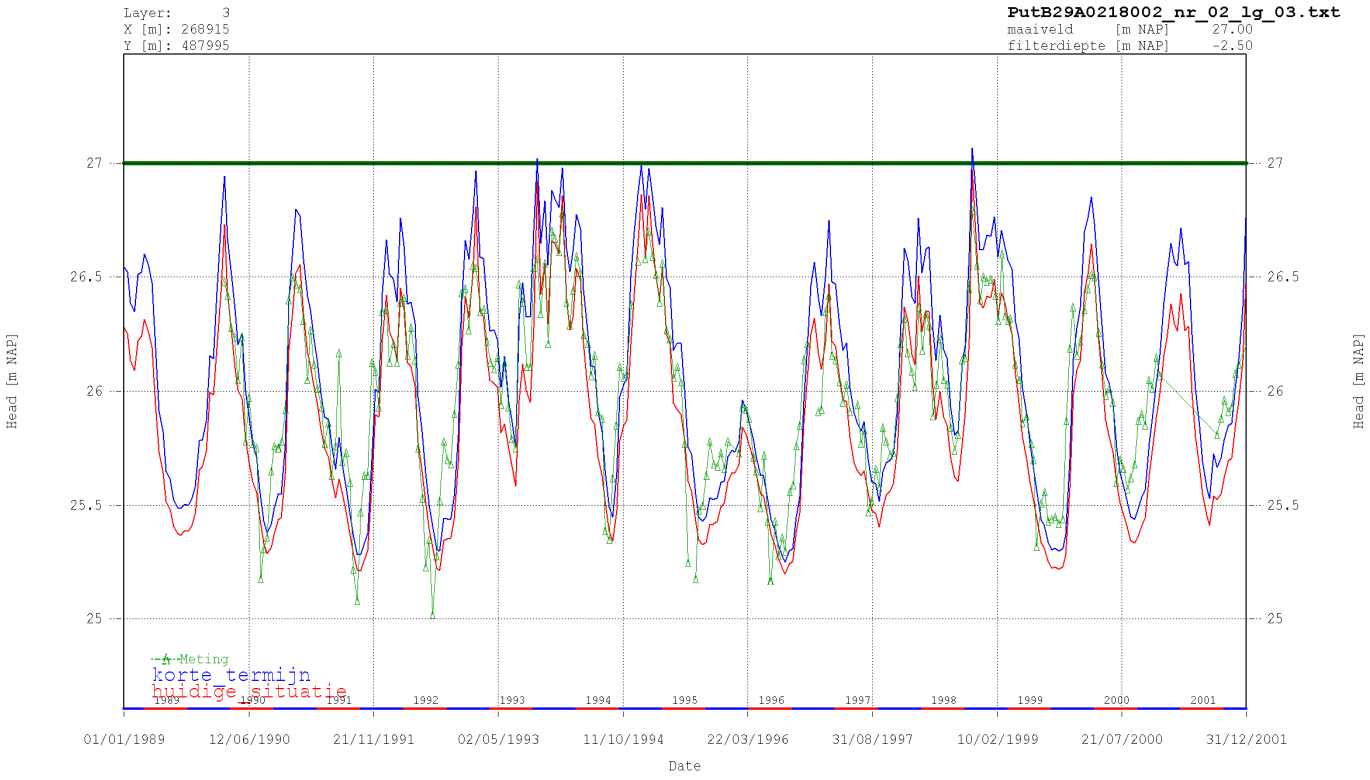

Layer: 2
X [m]: 268410
Y [m]: 487970
PutB29A0216001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 27.27
filterdiepte [m NAP] 16.77
Head [m NAP]
27.5
27
26.5
26
25.5
25
24.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

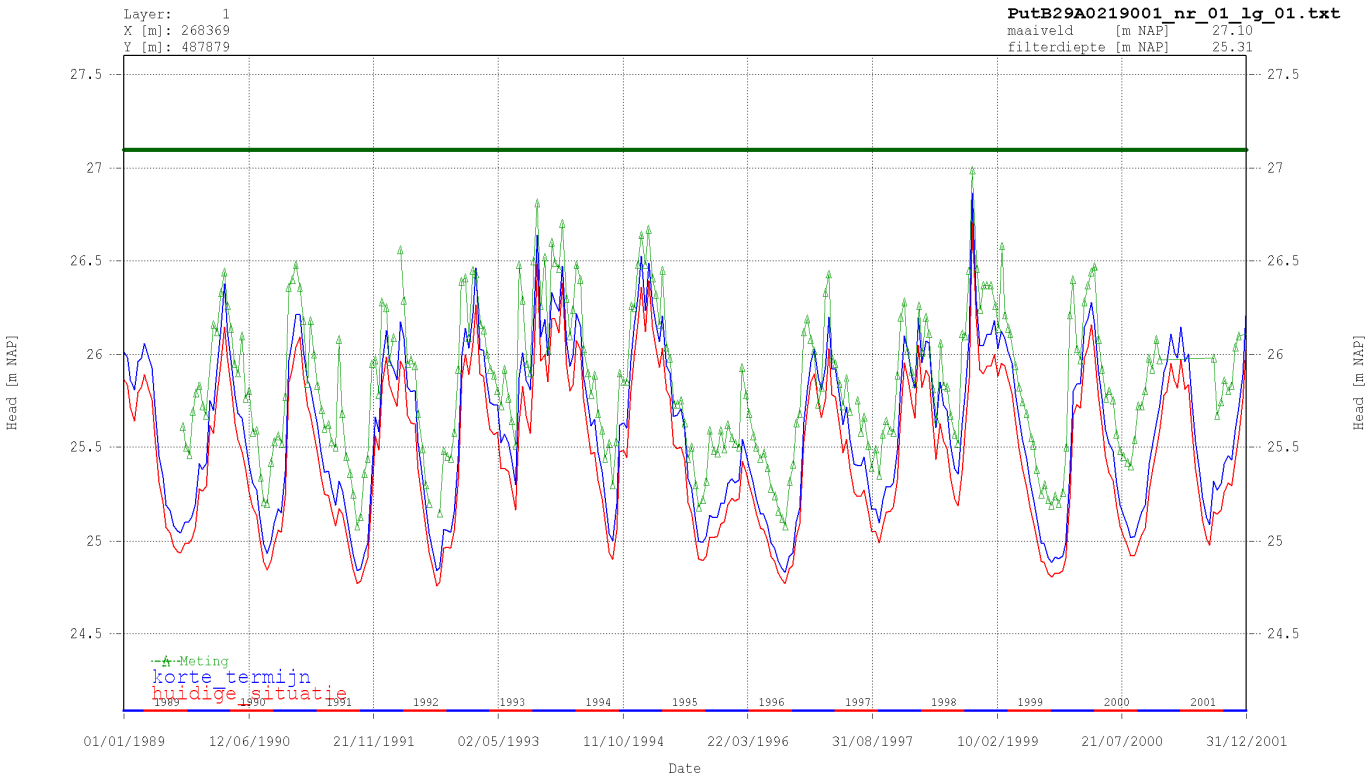

Layer: 3
X [m]: 268410
Y [m]: 487970
PutB29A0216002_nr_02_lg_03.txt
maaiveld [m NAP] 27.27
filterdiepte [m NAP] 1.91
Head [m NAP]
27.5
27
26.5
26
25.5
25
24.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

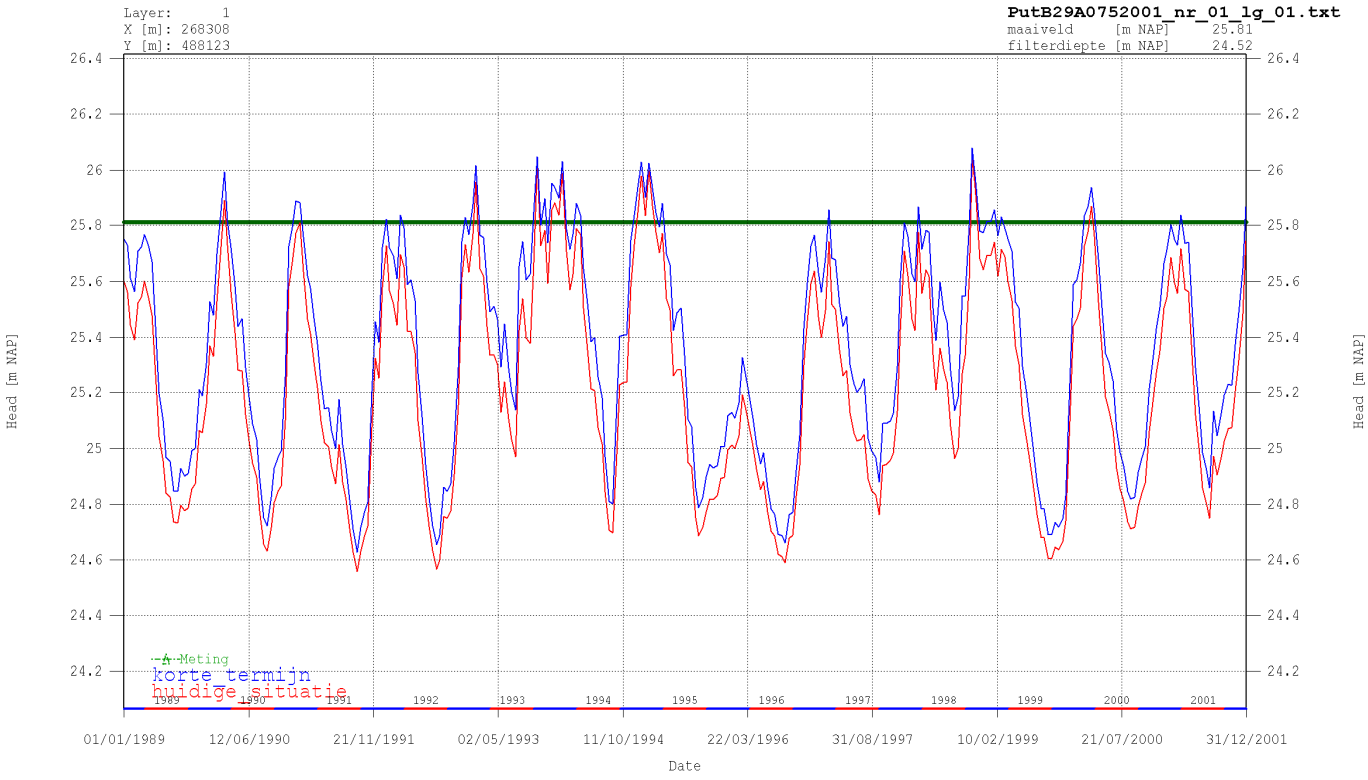

Layer: 2
X [m]: 268850
Y [m]: 488225
PutB29A0217001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 27.40
filterdiepte [m NAP] 15.90
Head [m NAP]
27.5
27
26.5
26
25.5
25
24.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

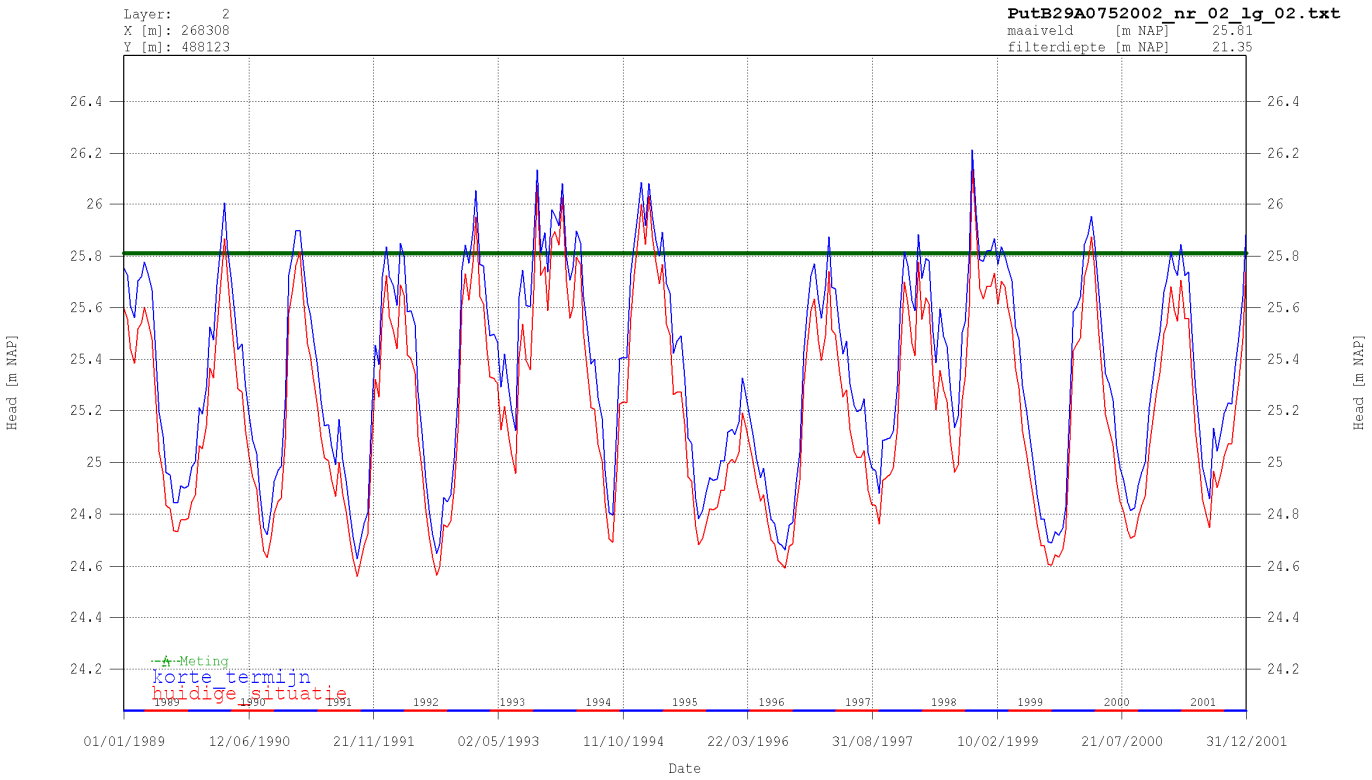

Layer: 3
X [m]: 268850
Y [m]: 488225
PutB29A0217002_nr_02_lg_03.txt
maaiveld [m NAP] 27.40
filterdiepte [m NAP] -9.10
Head [m NAP]
27.5
27
26.5
26
25.5
25
24.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

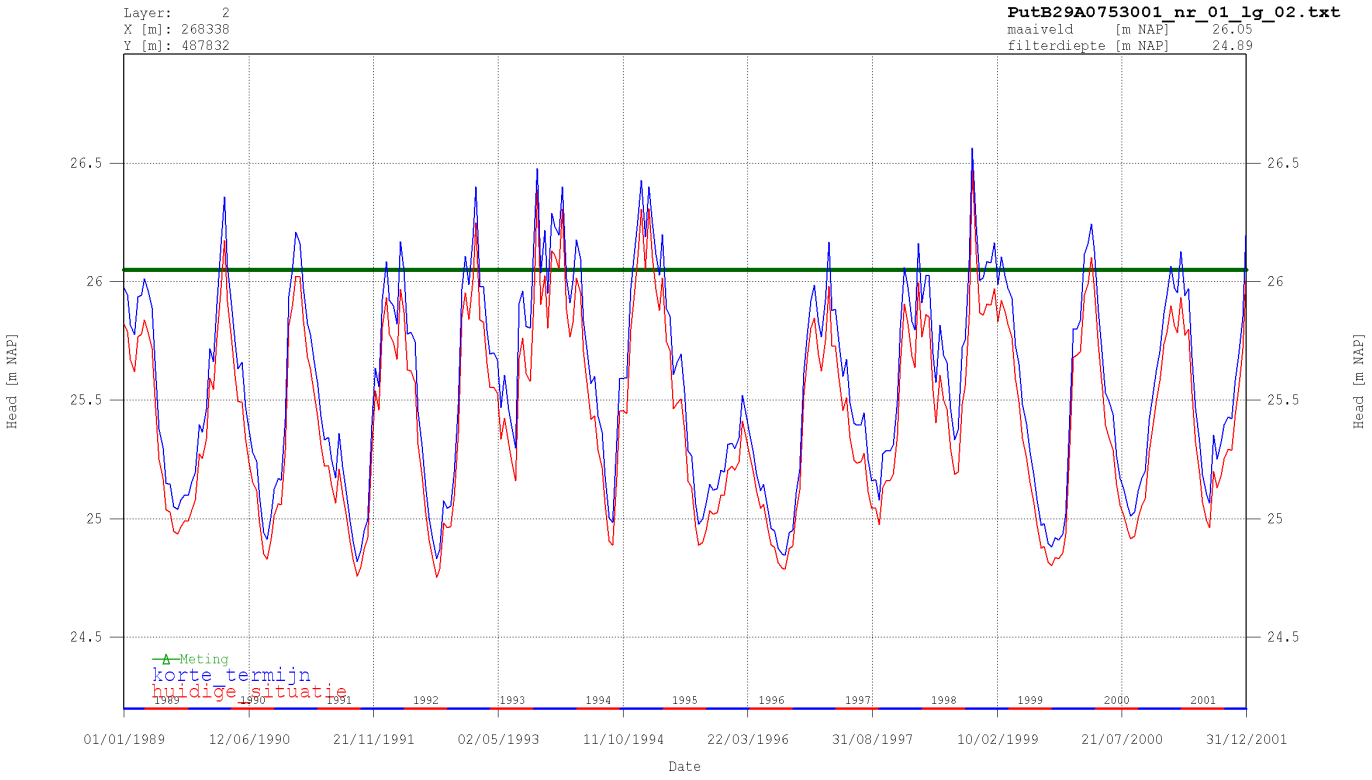

Layer: 2
X [m]: 268915
Y [m]: 487995
PutB29A0218001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 27.00
filterdiepte [m NAP] 15.50
Head [m NAP]
27
26.5
26
25.5
25
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

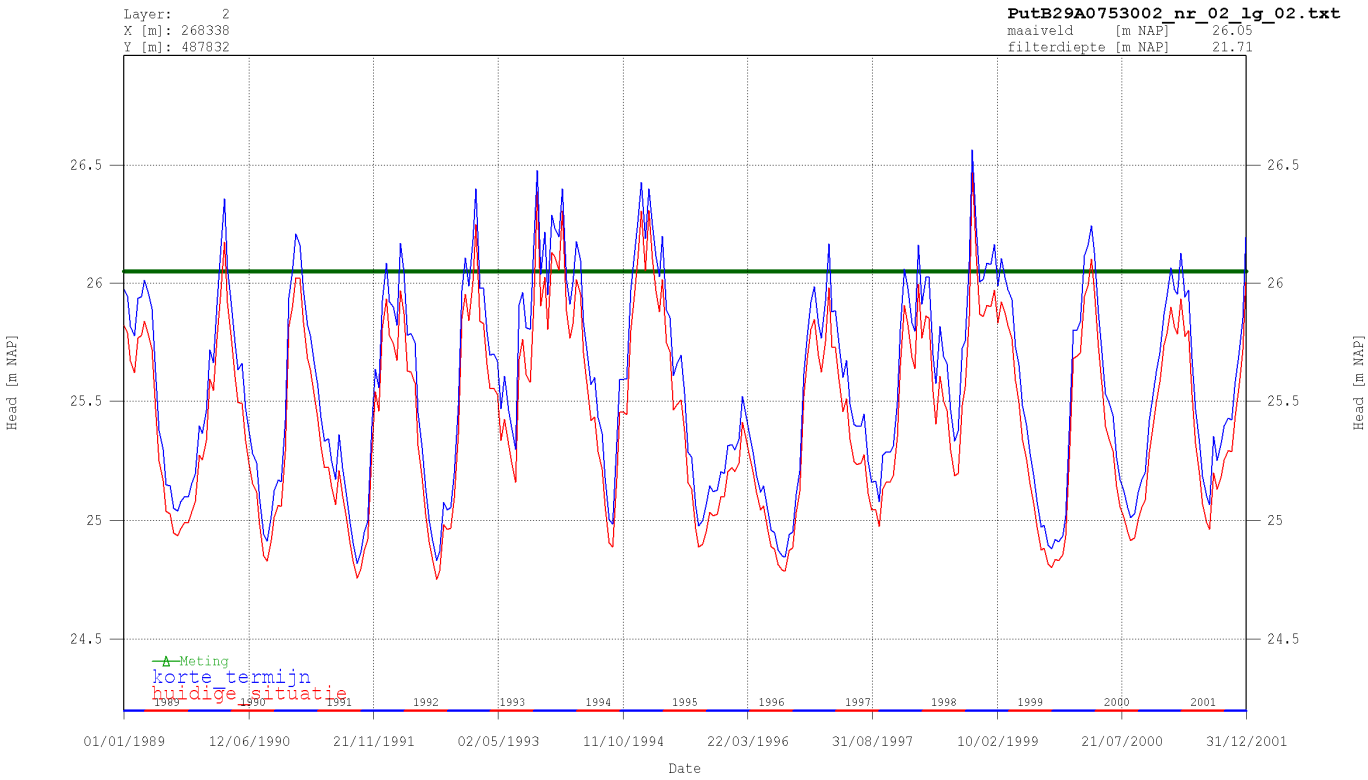

Layer: 3
X [m]: 268915
Y [m]: 487995
PutB29A0218002_nr_02_lg_03.txt
maaiveld [m NAP] 27.00
filterdiepte [m NAP] -2.50
Head [m NAP]
27
26.5
26
25.5
25
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

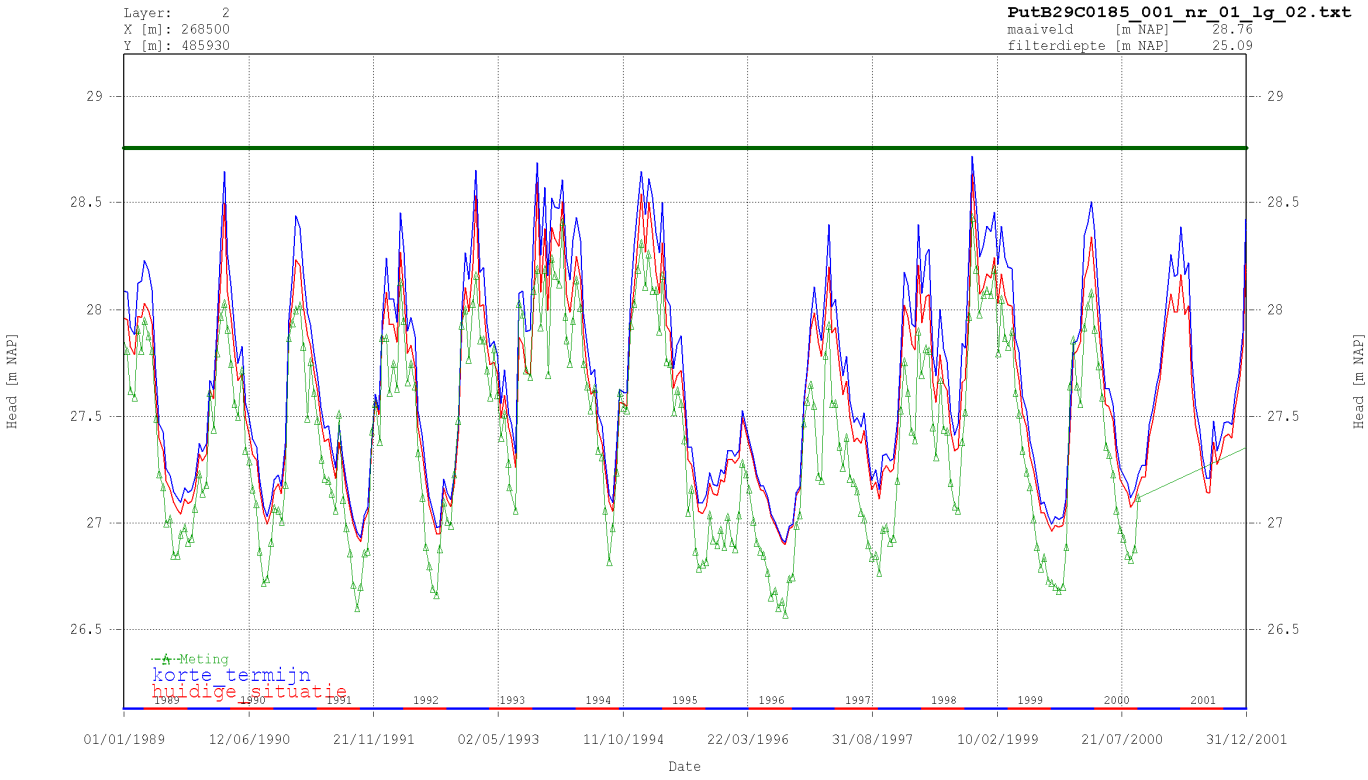

Layer: 1
X [m]: 268369
Y [m]: 487879
PutB29A0219001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 27.10
filterdiepte [m NAP] 25.31
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

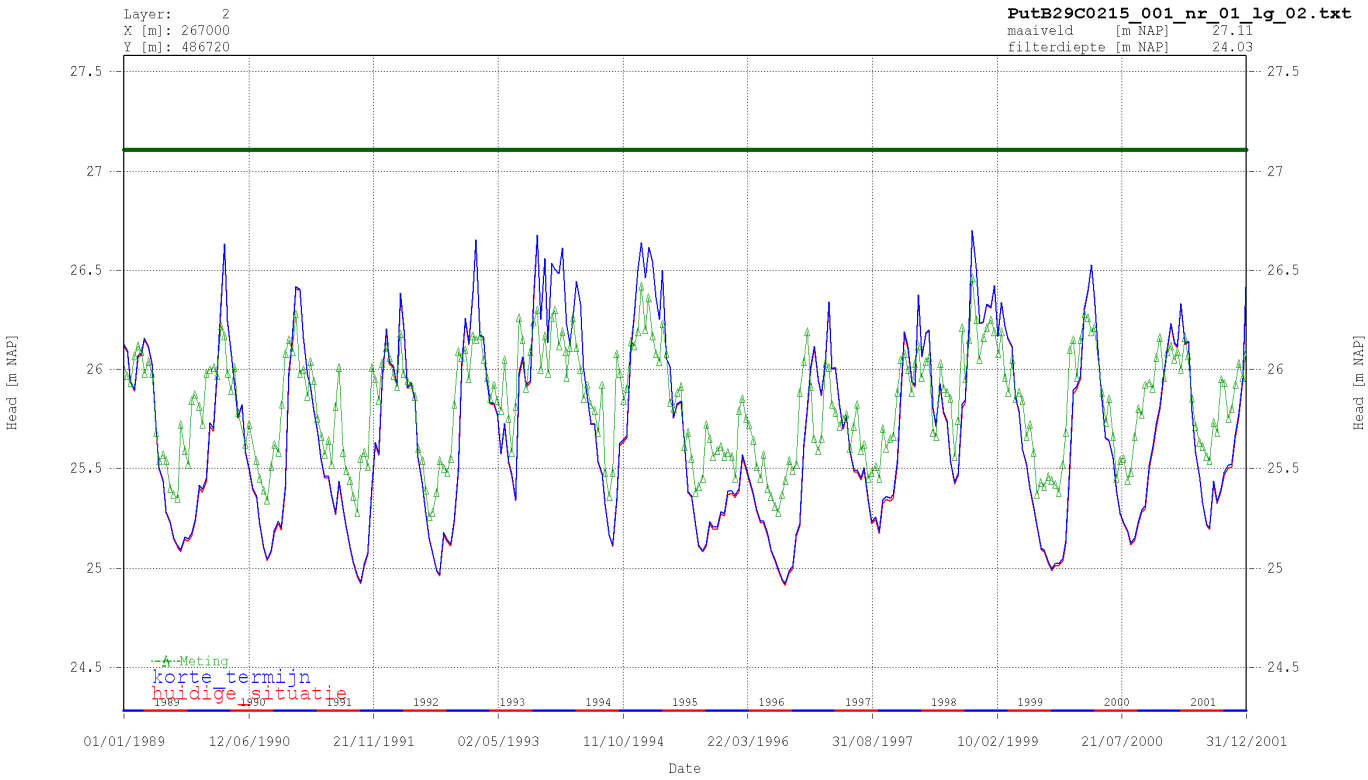

Layer: 1
X [m]: 268308
Y [m]: 488123
PutB29A0752001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 25.81
filterdiepte [m NAP] 24.52
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

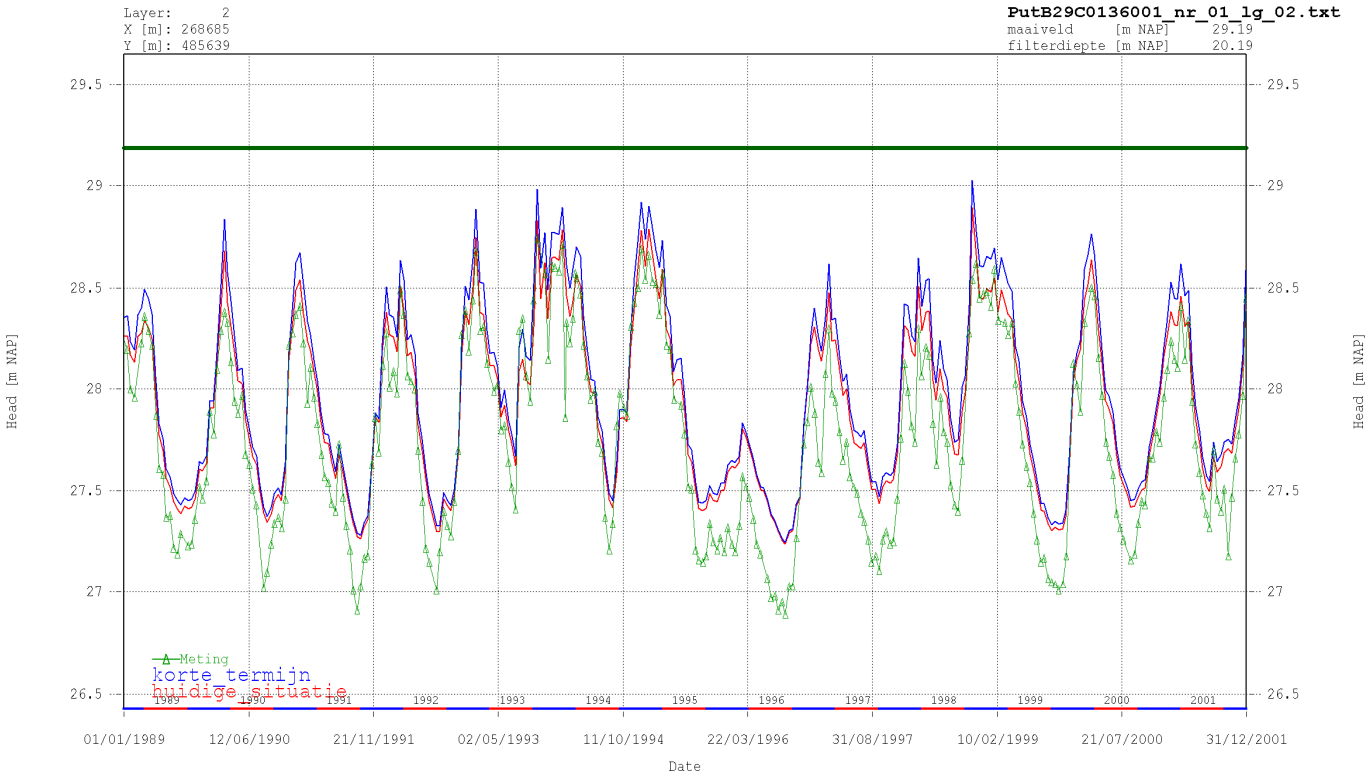

Layer: 2
X [m]: 268308
Y [m]: 488123
PutB29A0752002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 25.81
filterdiepte [m NAP] 21.35
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

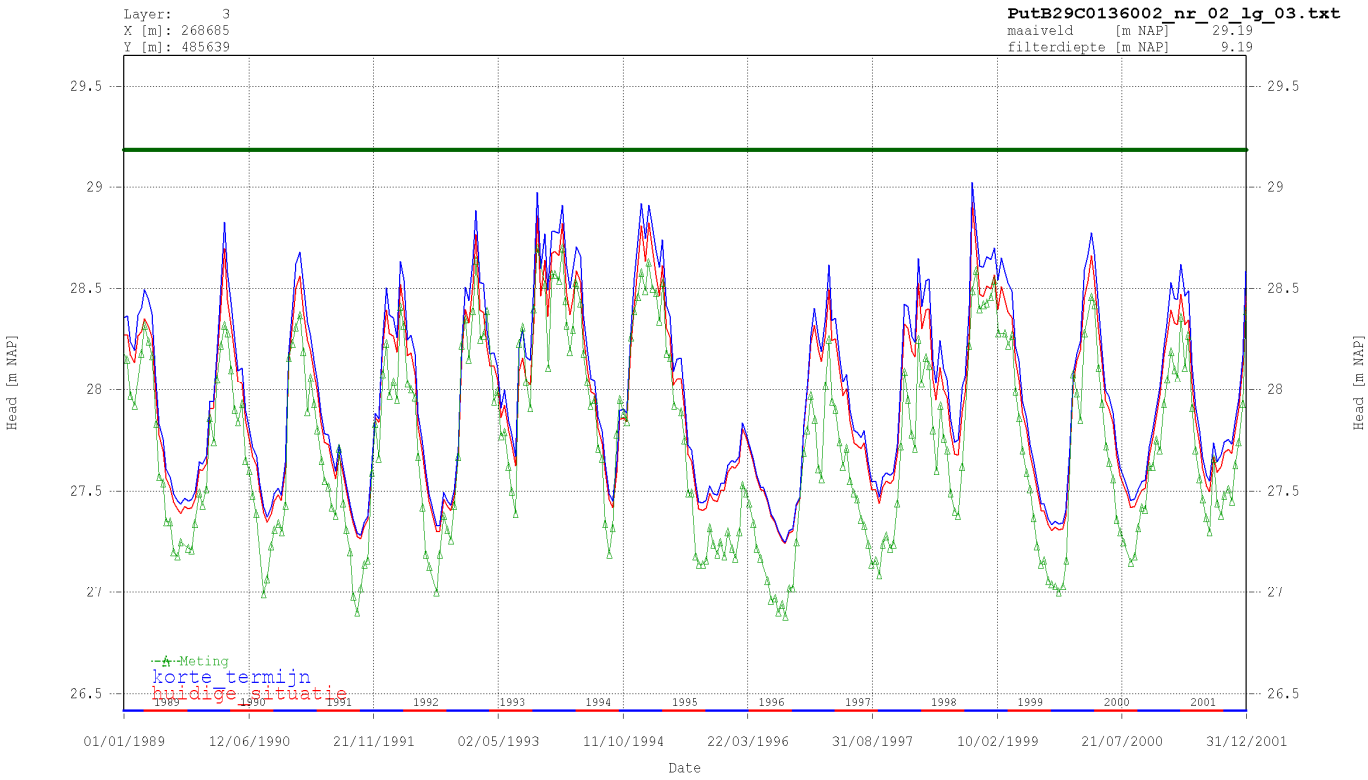

Layer: 2
X [m]: 268338
Y [m]: 487832
PutB29A0753001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 26.05
filterdiepte [m NAP] 24.89
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

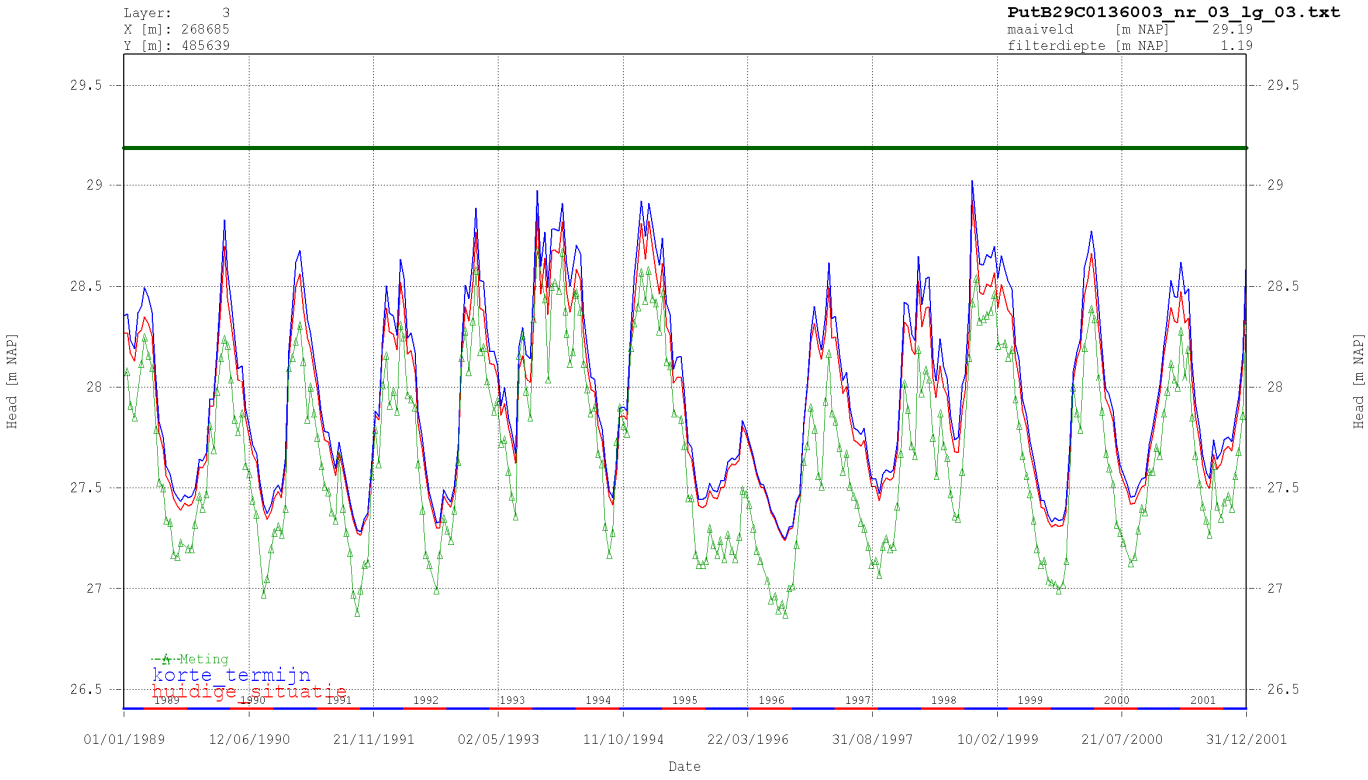

Layer: 2
X [m]: 268338
Y [m]: 487832
PutB29A0753002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 26.05
filterdiepte [m NAP] 21.71
Head [m NAP]
26.5
26
25.5
25
24.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

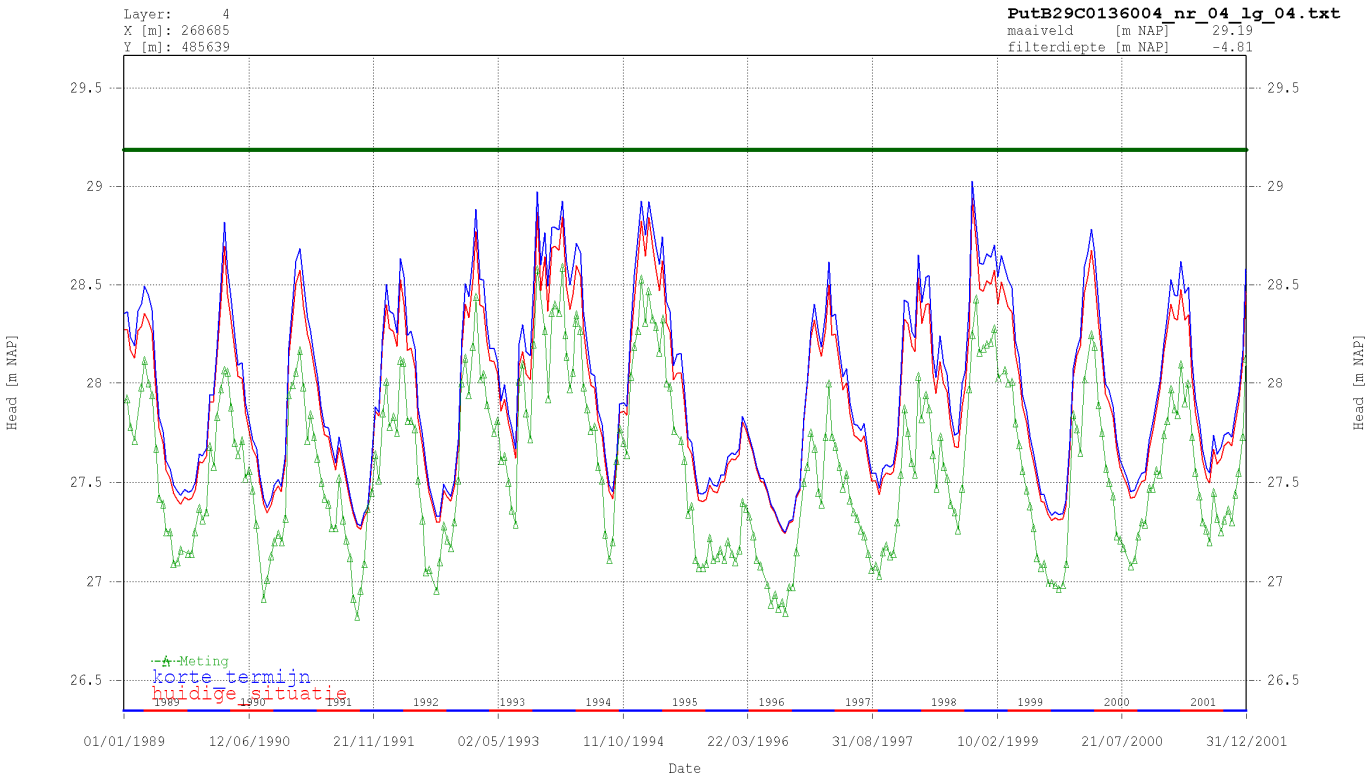

Layer: 2
X [m]: 268500
Y [m]: 485930
PutB29C0185_001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.76
filterdiepte [m NAP] 25.09
Head [m NAP]
29
28.5
28
27.5
27
26.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

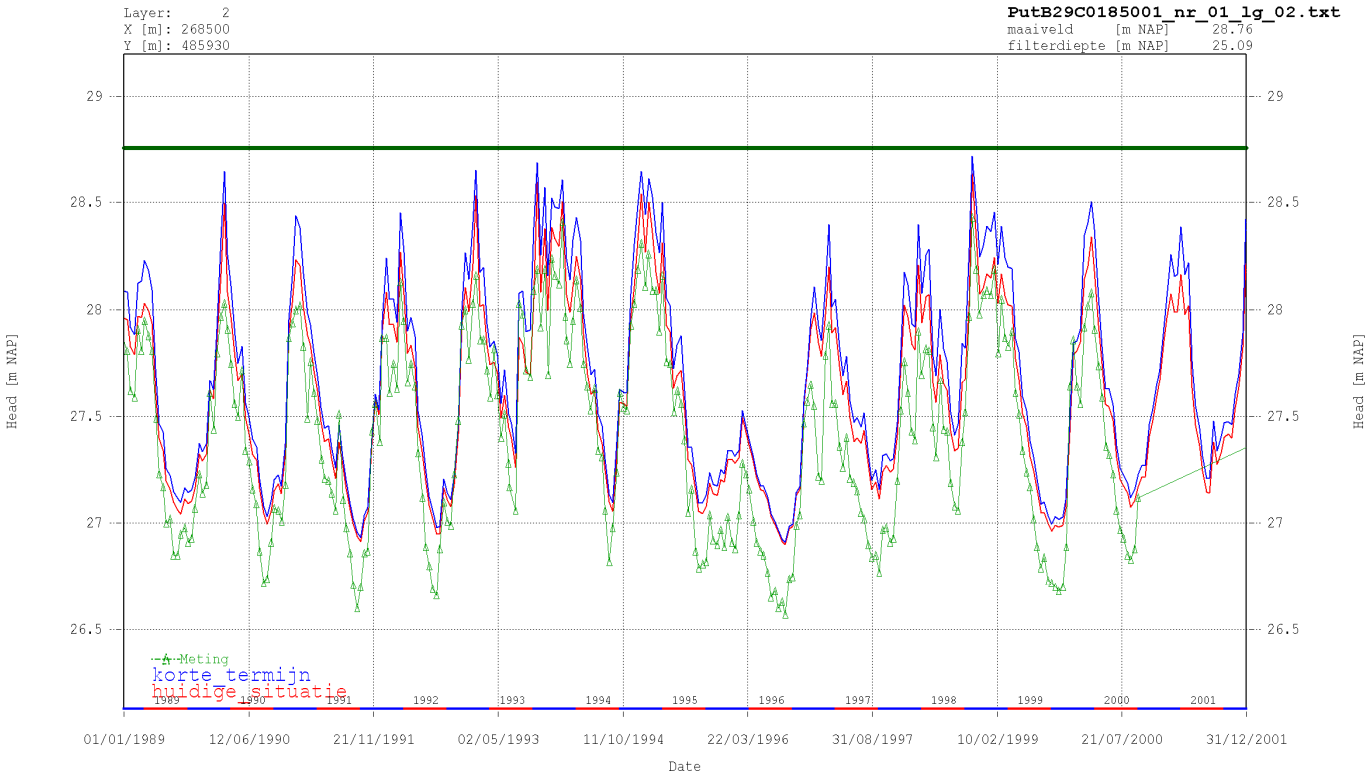

Layer: 2
X [m]: 267000
Y [m]: 486720
PutB29C0215_001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 27.11
filterdiepte [m NAP] 24.03
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

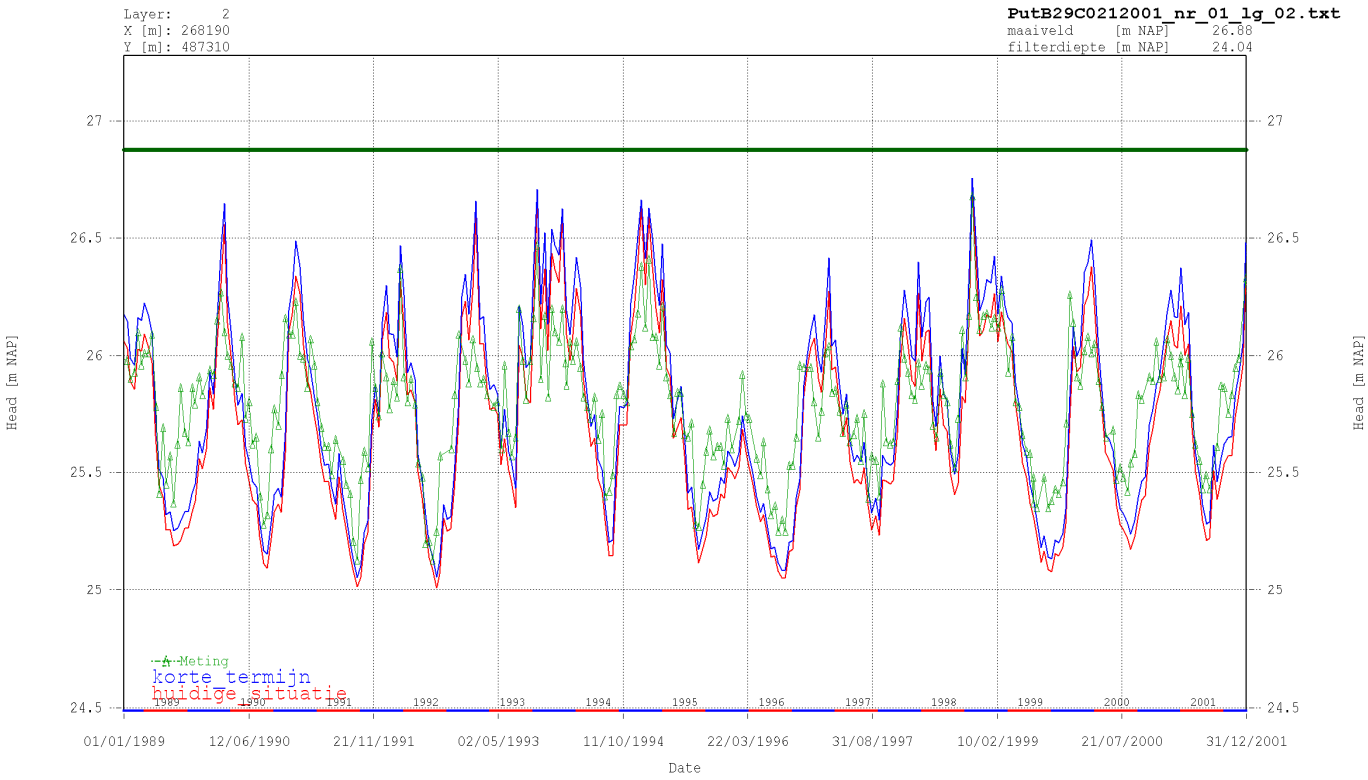

Layer: 2
X [m]: 268685
Y [m]: 485639
PutB29C0136001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 29.19
filterdiepte [m NAP] 20.19
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

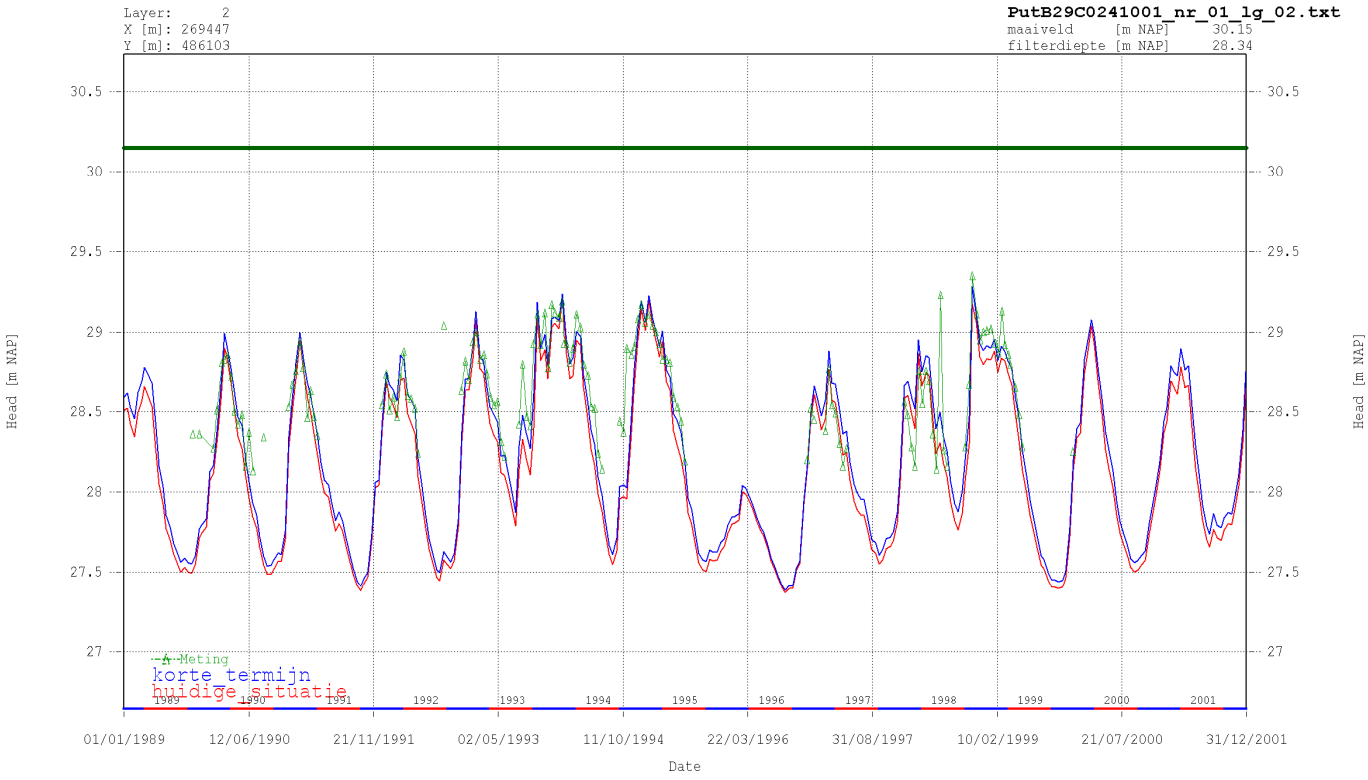

Layer: 3
X [m]: 268685
Y [m]: 485639
PutB29C0136002_nr_02_lg_03.txt
maaiveld [m NAP] 29.19
filterdiepte [m NAP] 9.19
Head [m NAP]
29.5
29
28.5
28
27.5
27
26.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

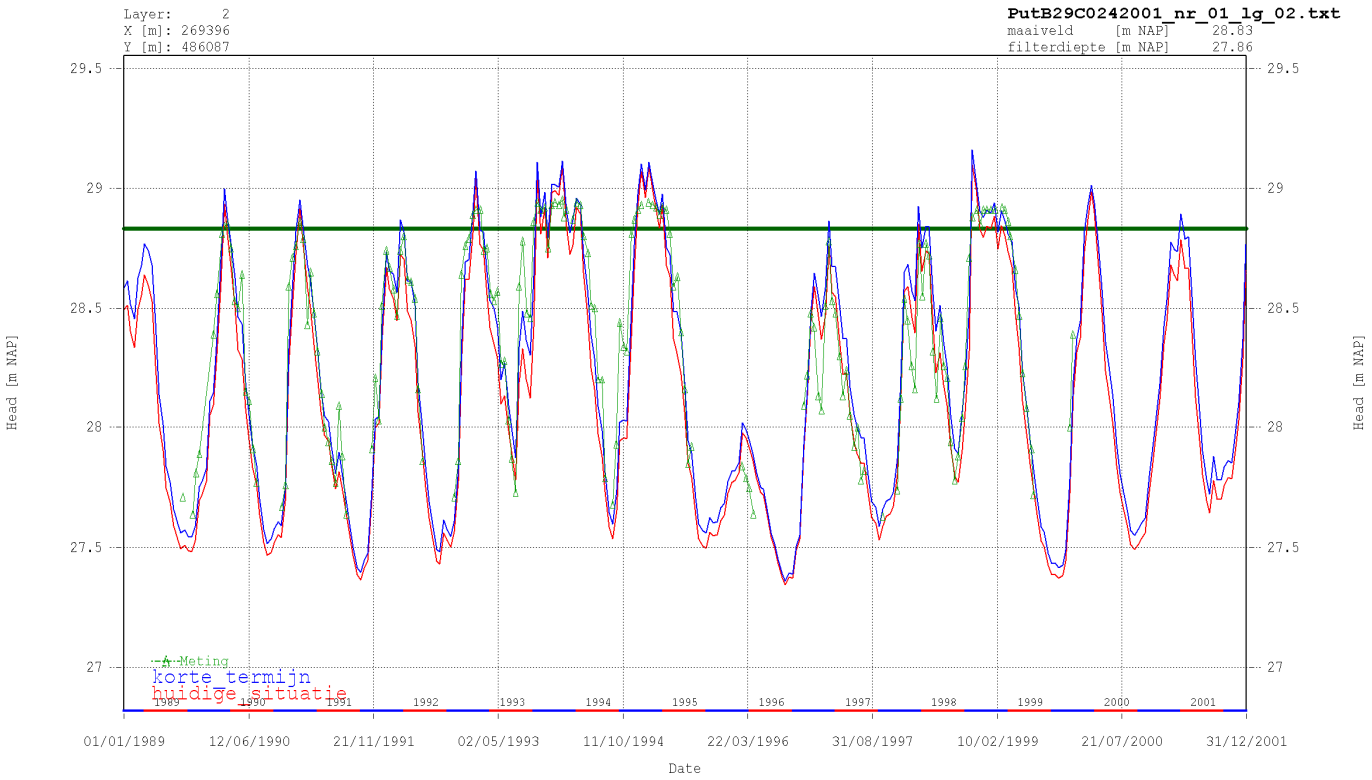

Layer: 3
X [m]: 268685
Y [m]: 485639
PutB29C0136003_nr_03_lg_03.txt
maaiveld [m NAP] 29.19
filterdiepte [m NAP] 1.19
Head [m NAP]
29.5
29
28.5
28
27.5
27
26.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

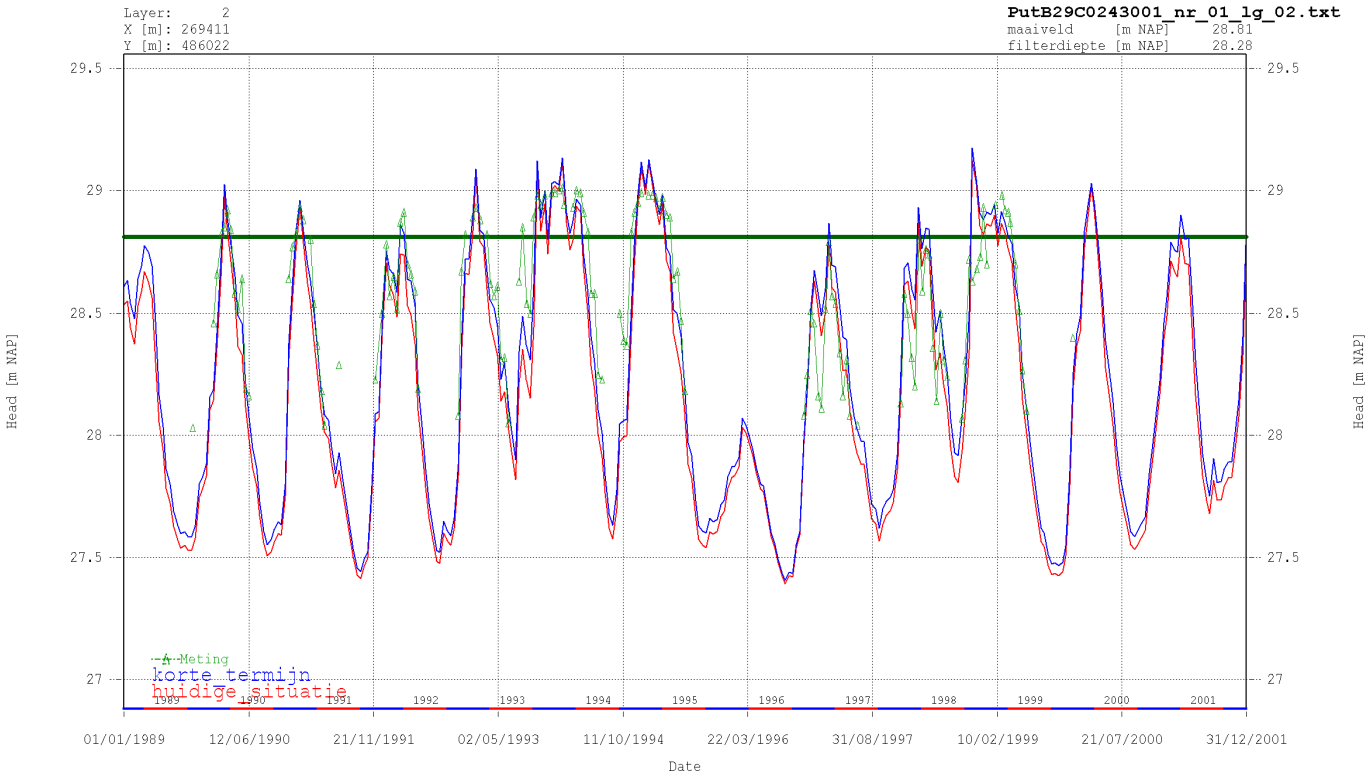

Layer: 4
X [m]: 268685
Y [m]: 485639
PutB29C0136004_nr_04_lg_04.txt
maaiveld [m NAP] 29.19
filterdiepte [m NAP] -4.81
Head [m NAP]
29.5
29
28.5
28
27.5
27
26.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

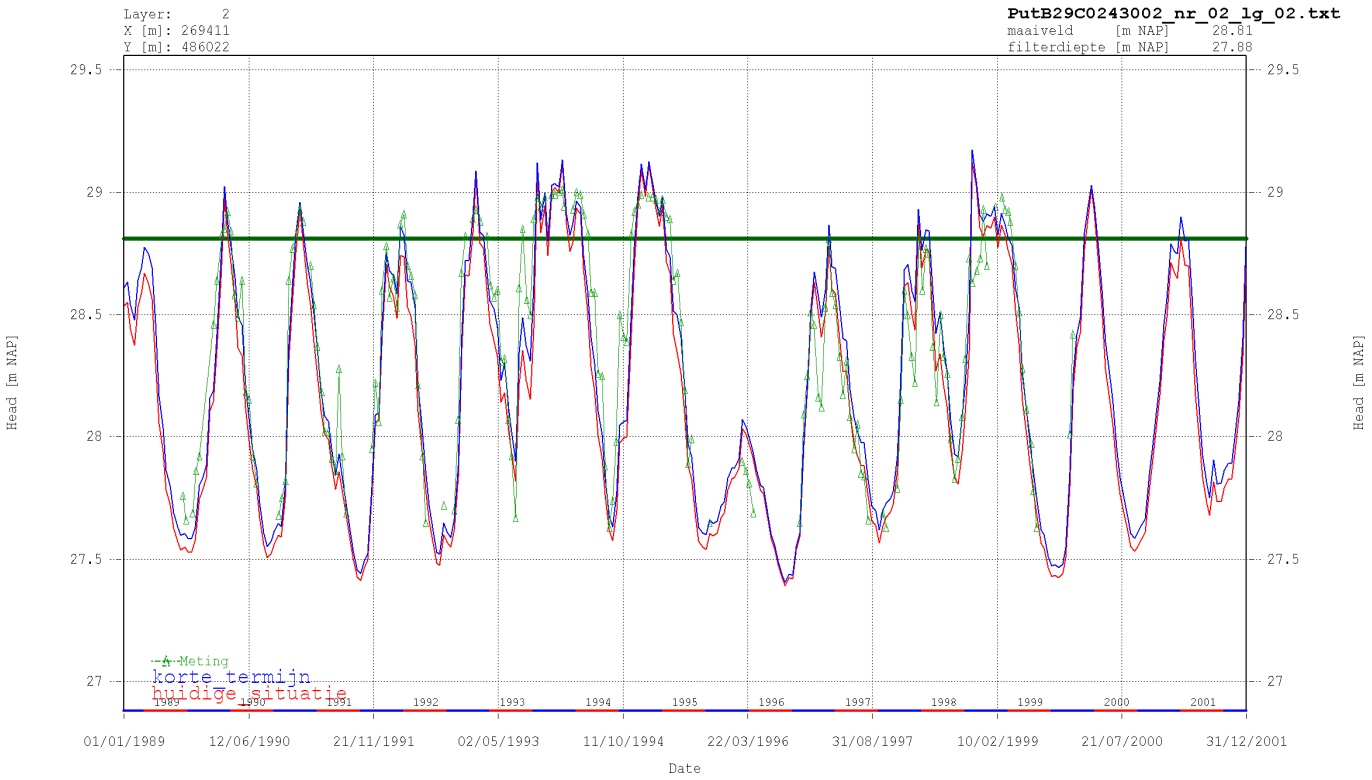

Layer: 2
X [m]: 268500
Y [m]: 485930
PutB29C0185001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.76
filterdiepte [m NAP] 25.09
Head [m NAP]
29
28.5
28
27.5
27
26.5
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

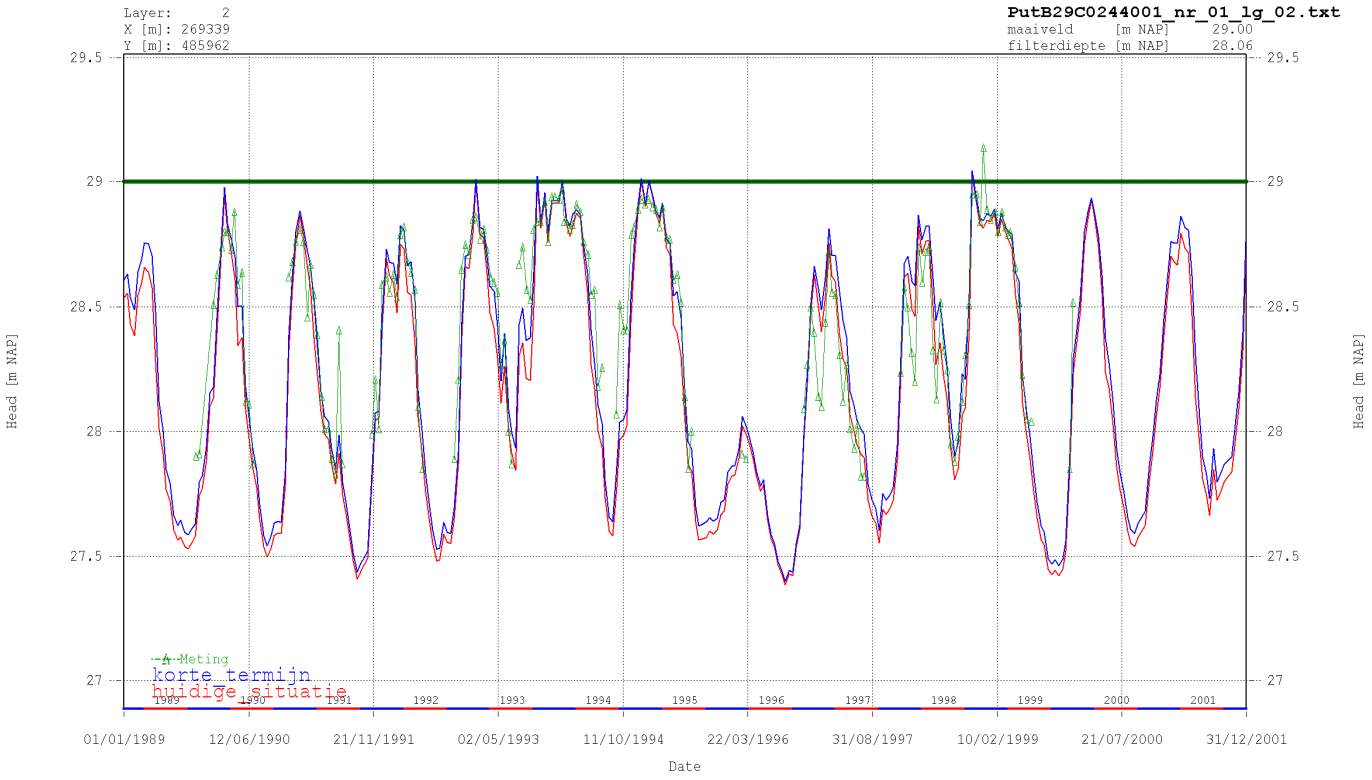

Layer: 2
X [m]: 268190
Y [m]: 487310
PutB29C0212001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 26.88
filterdiepte [m NAP] 24.04
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

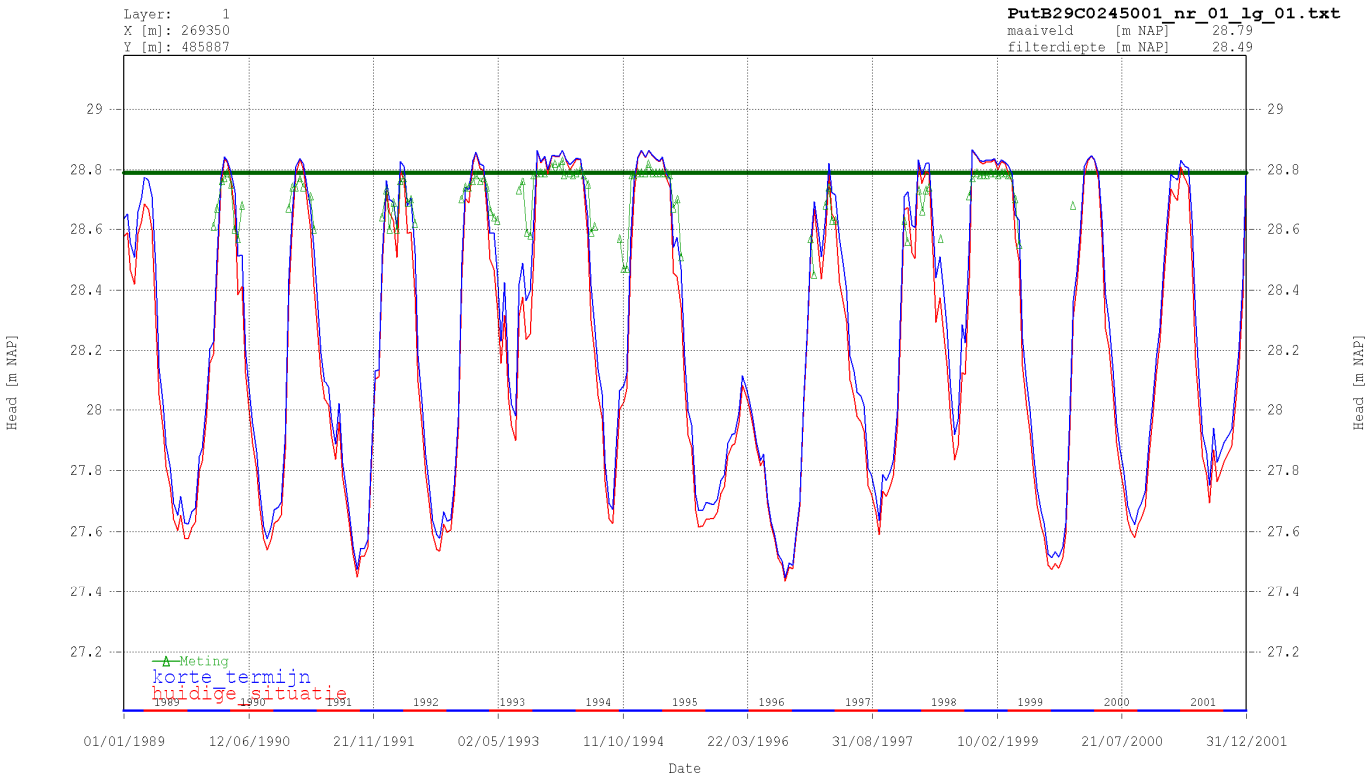

Layer: 2
X [m]: 269447
Y [m]: 486103
PutB29C0241001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 30.15
filterdiepte [m NAP] 28.34
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

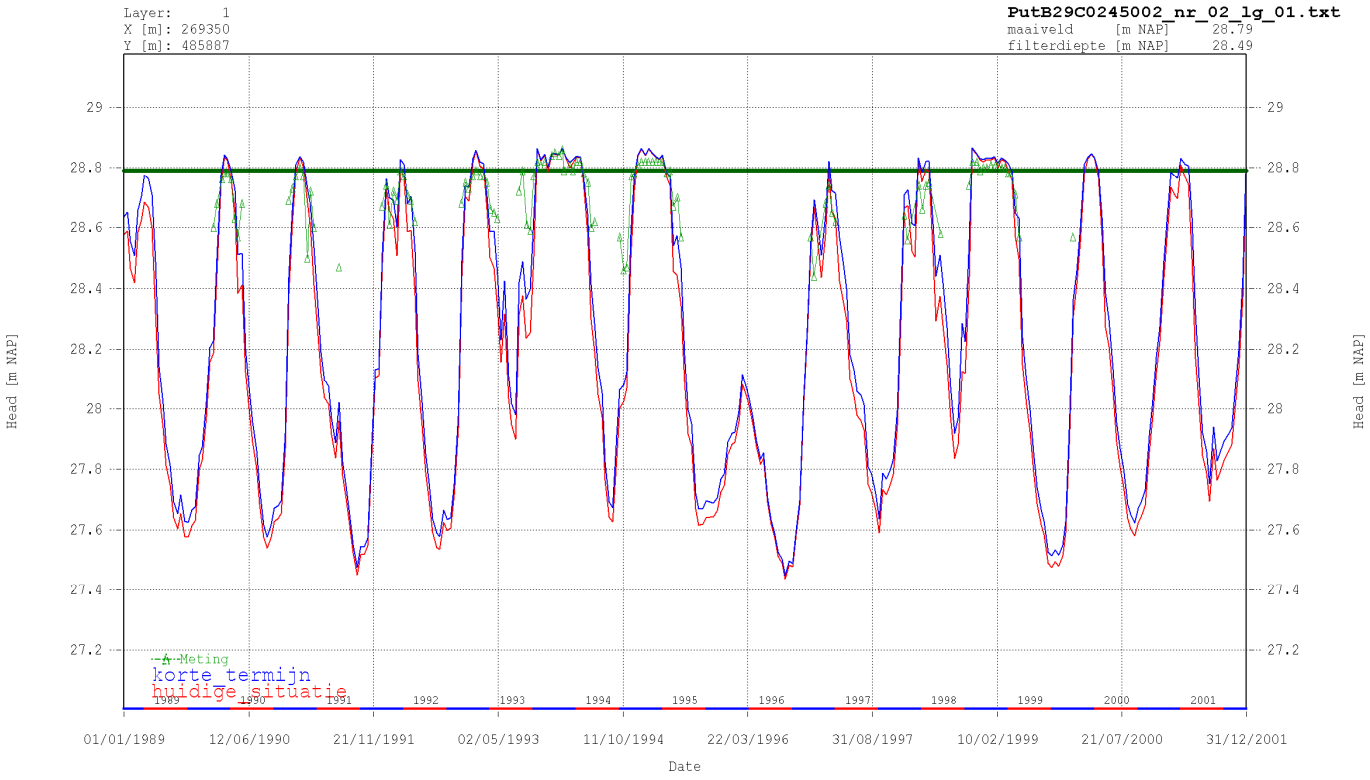

Layer: 2
X [m]: 269396
Y [m]: 486087
PutB29C0242001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.83
filterdiepte [m NAP] 27.86
Head [m NAP]
29.5
29
28.5
28
27.5
27
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

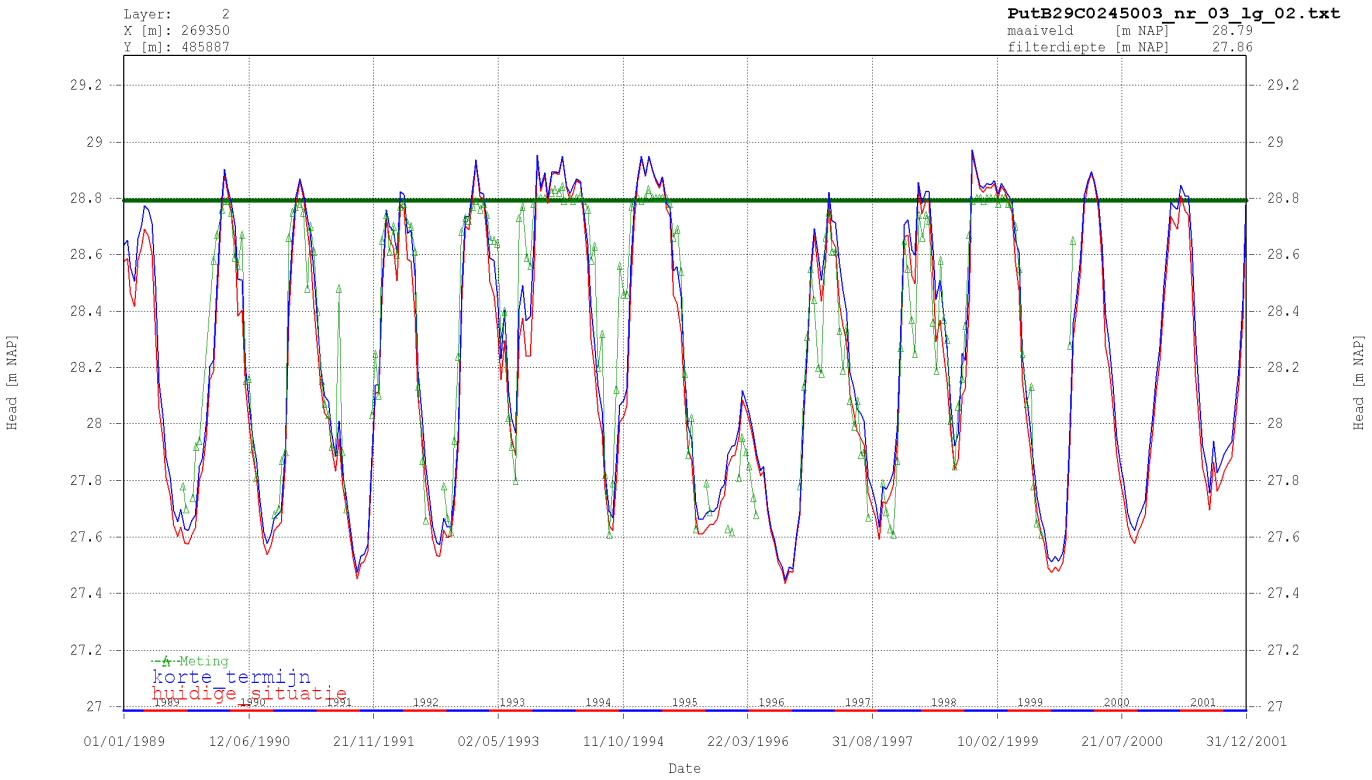

Layer: 2
X [m]: 269411
Y [m]: 486022
PutB29C0243001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.81
filterdiepte [m NAP] 28.28
Head [m NAP]
29.5
29
28.5
28
27.5
27
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

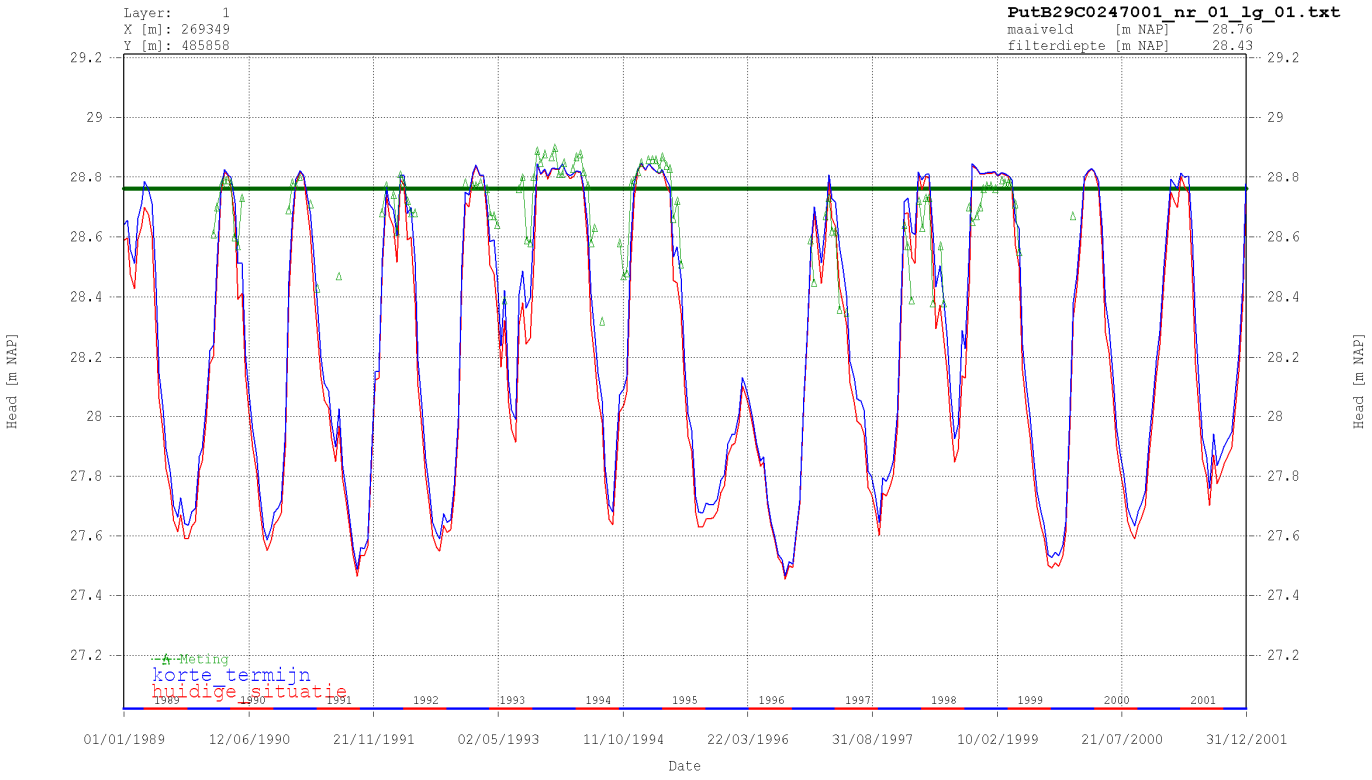

Layer: 2
X [m]: 269411
Y [m]: 486022
PutB29C0243002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.81
filterdiepte [m NAP] 27.88
Head [m NAP]
29.5
29
28.5
28
27.5
27
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

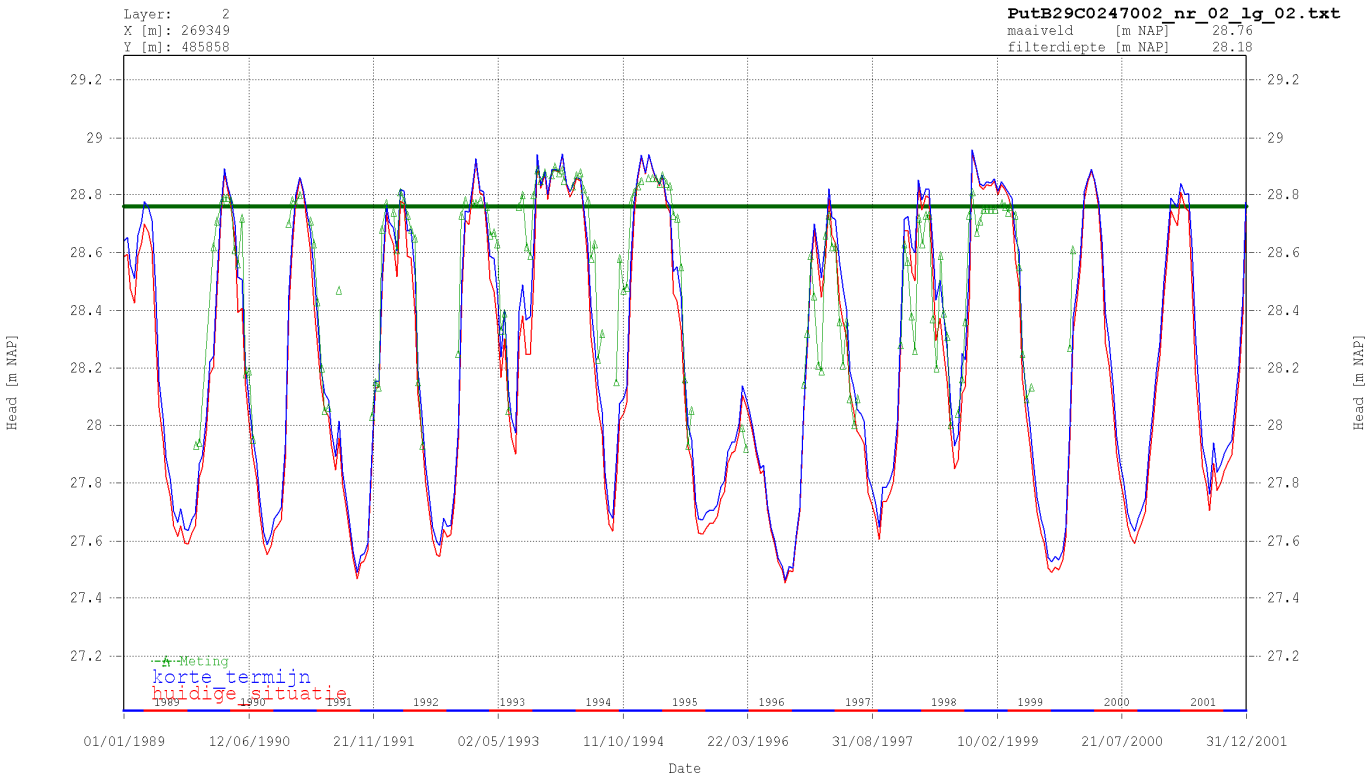

Layer: 2
X [m]: 269339
Y [m]: 485962
PutB29C0244001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 29.00
filterdiepte [m NAP] 28.06
Head [m NAP]
29.5
29
28.5
28
27.5
27
Meting
korte termijn
huidige situatie
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

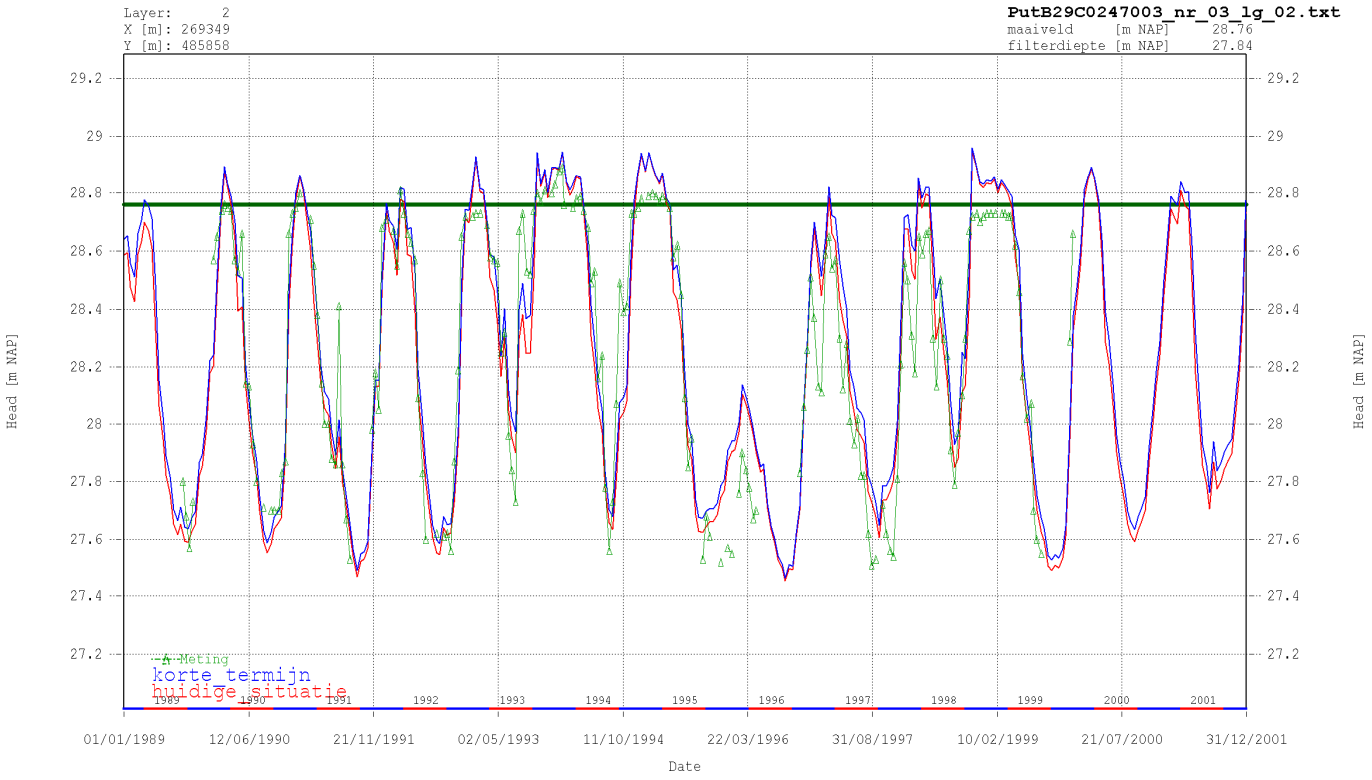

Layer: 1
X [m]: 269350
Y [m]: 485887
PutB29C0245001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 28.79
filterdiepte [m NAP] 28.49
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

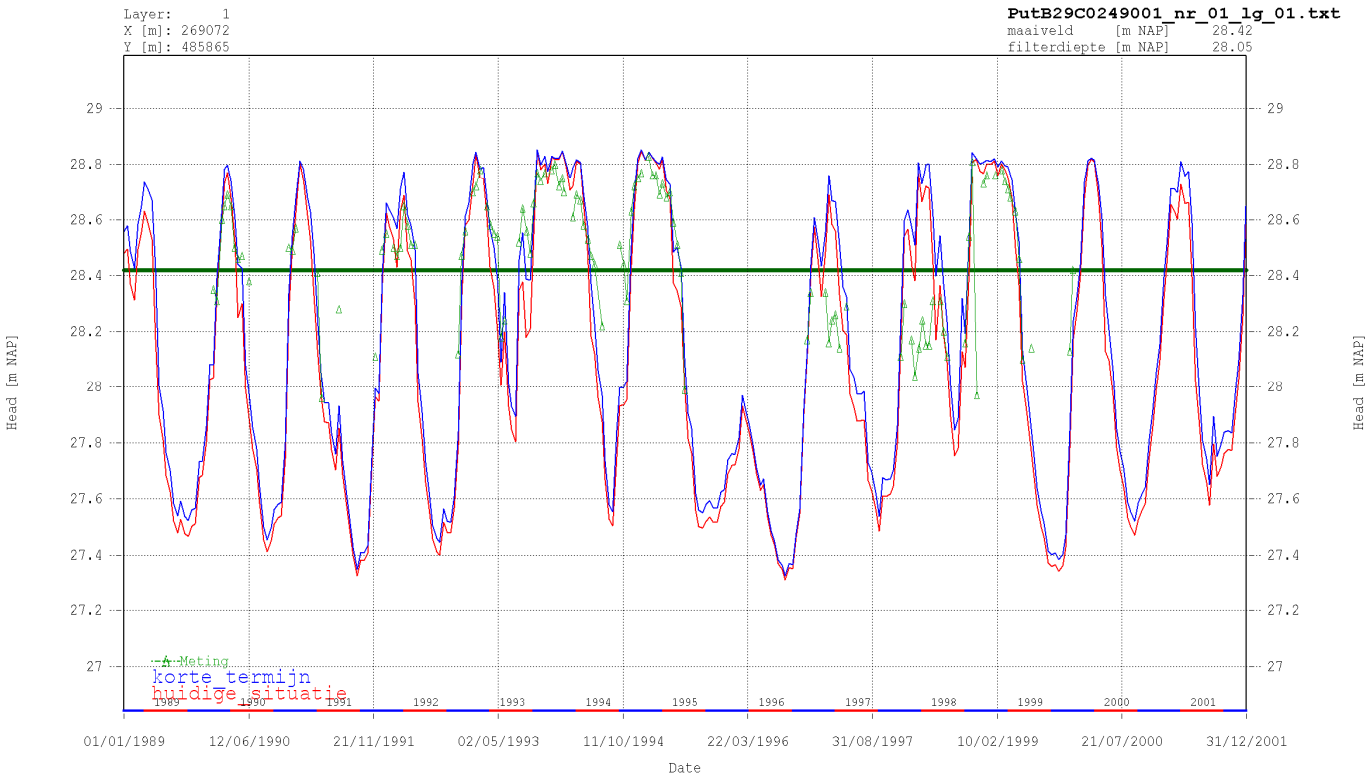

Layer: 1
X [m]: 269350
Y [m]: 485887
PutB29C0245002_nr_02_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 28.79
filterdiepte [m NAP] 28.49
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

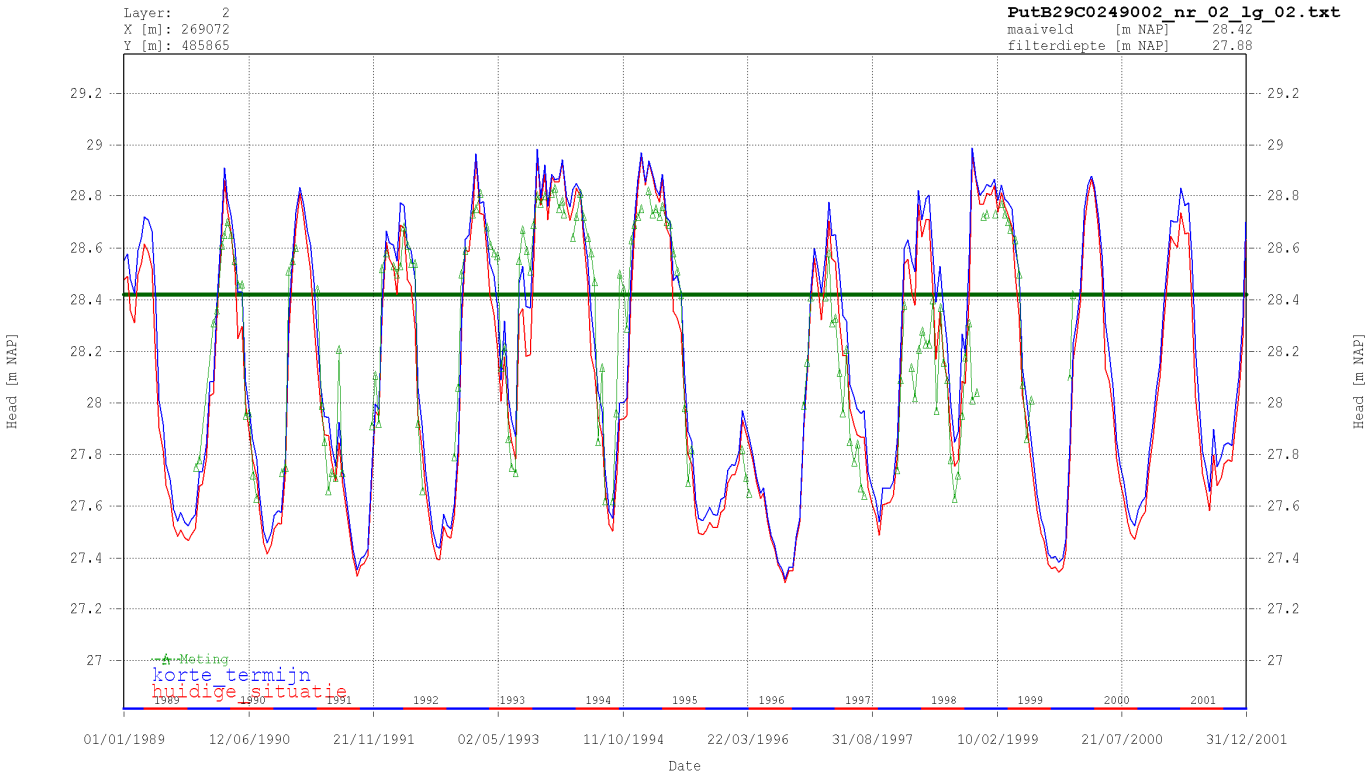

Layer: 2
X [m]: 269350
Y [m]: 485887
PutB29C0245003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.79
filterdiepte [m NAP] 27.86
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

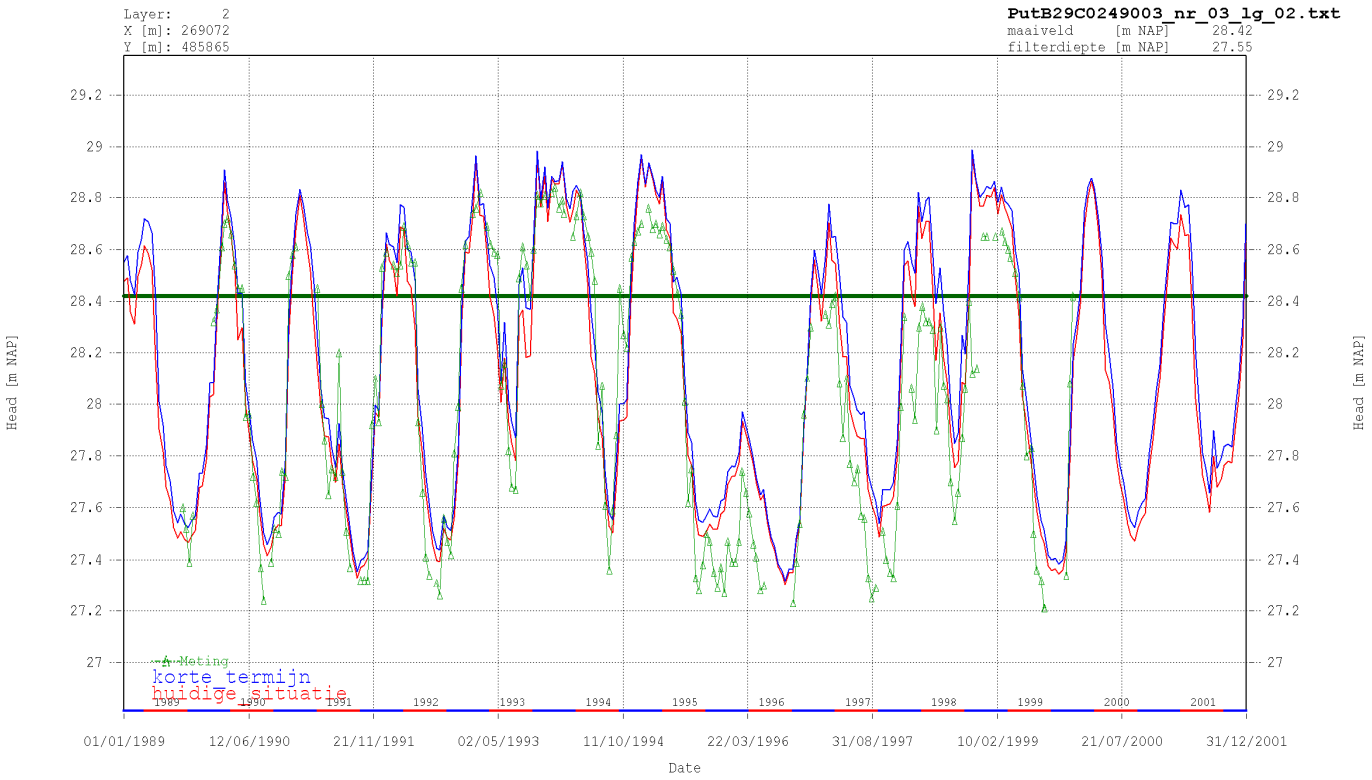

Layer: 1
X [m]: 269349
Y [m]: 485858
PutB29C0247001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 28.76
filterdiepte [m NAP] 28.43
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

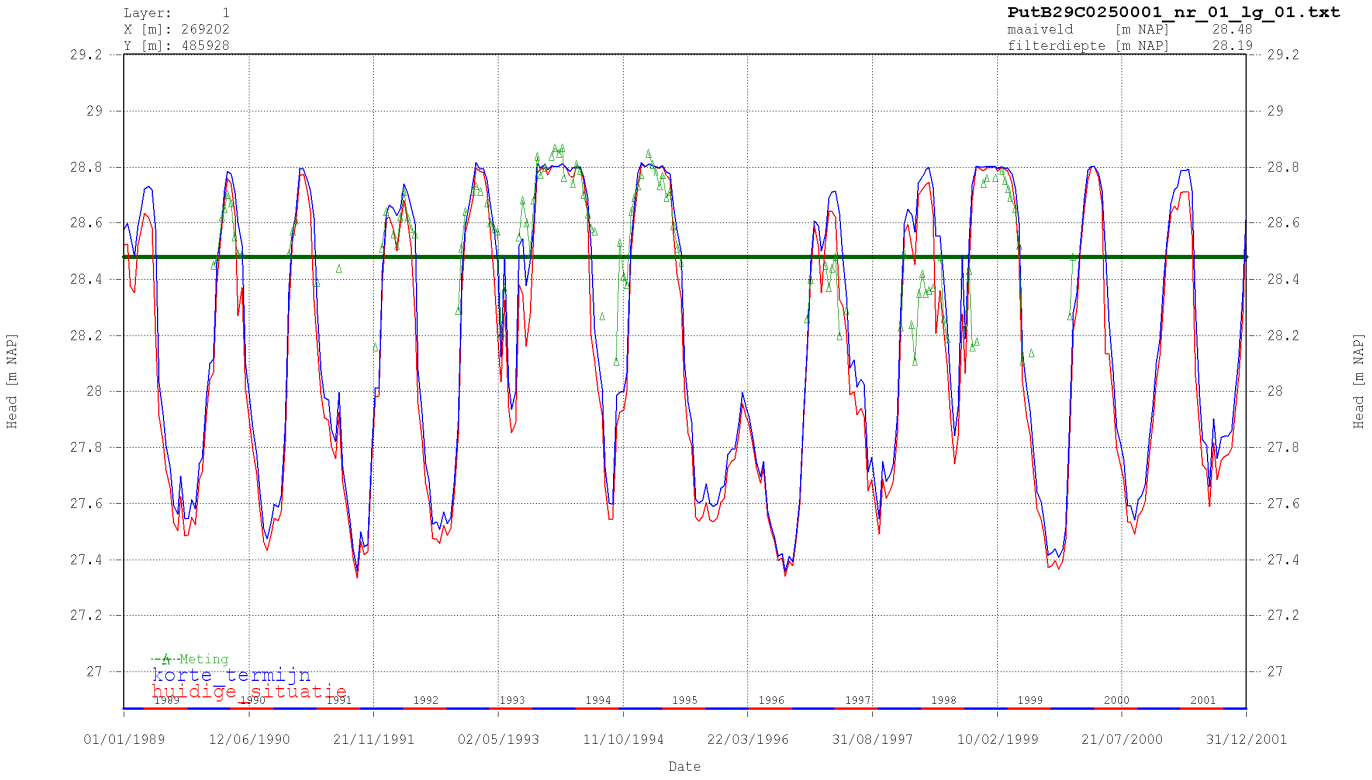

Layer: 2
X [m]: 269349
Y [m]: 485858
PutB29C0247002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.76
filterdiepte [m NAP] 28.18
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

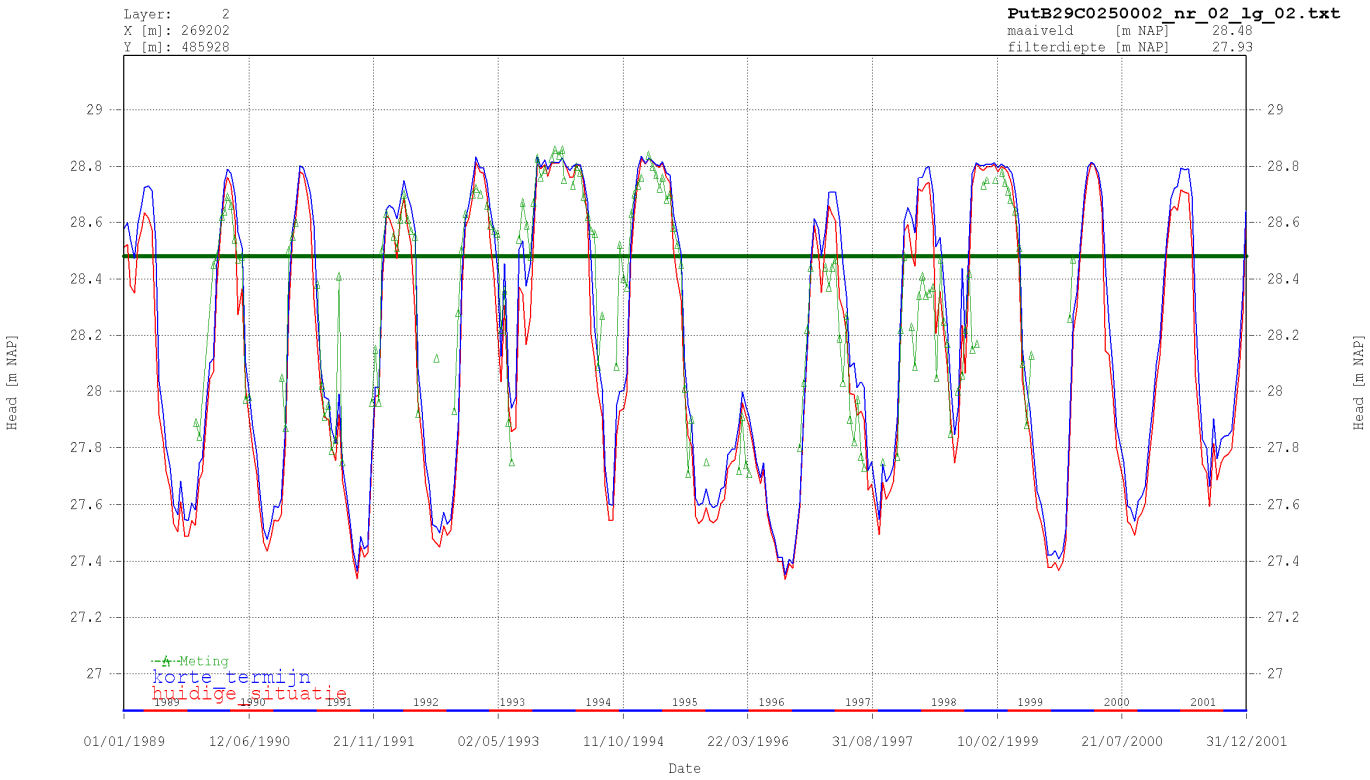

Layer: 2
X [m]: 269349
Y [m]: 485858
PutB29C0247003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.76
filterdiepte [m NAP] 27.84
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

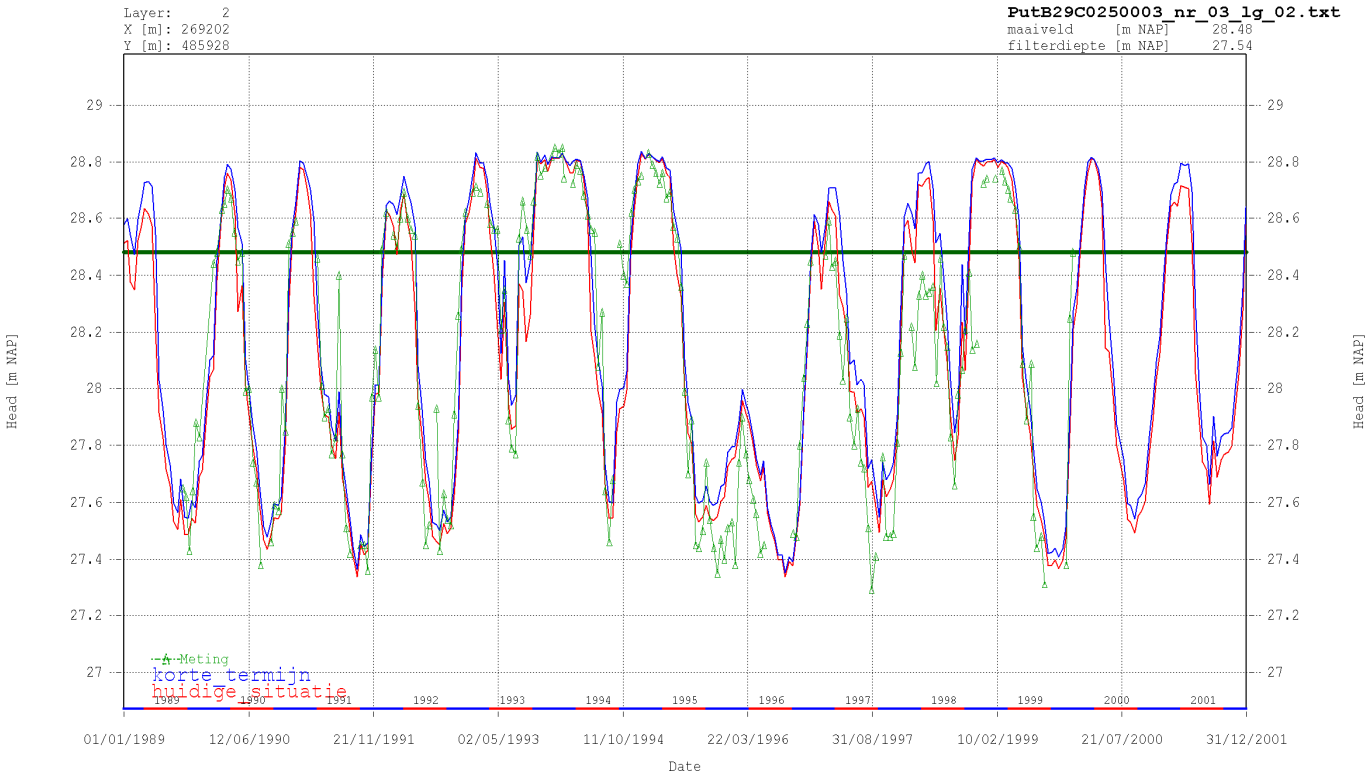

Layer: 1
X [m]: 269072
Y [m]: 485865
PutB29C0249001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 28.42
filterdiepte [m NAP] 28.05
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

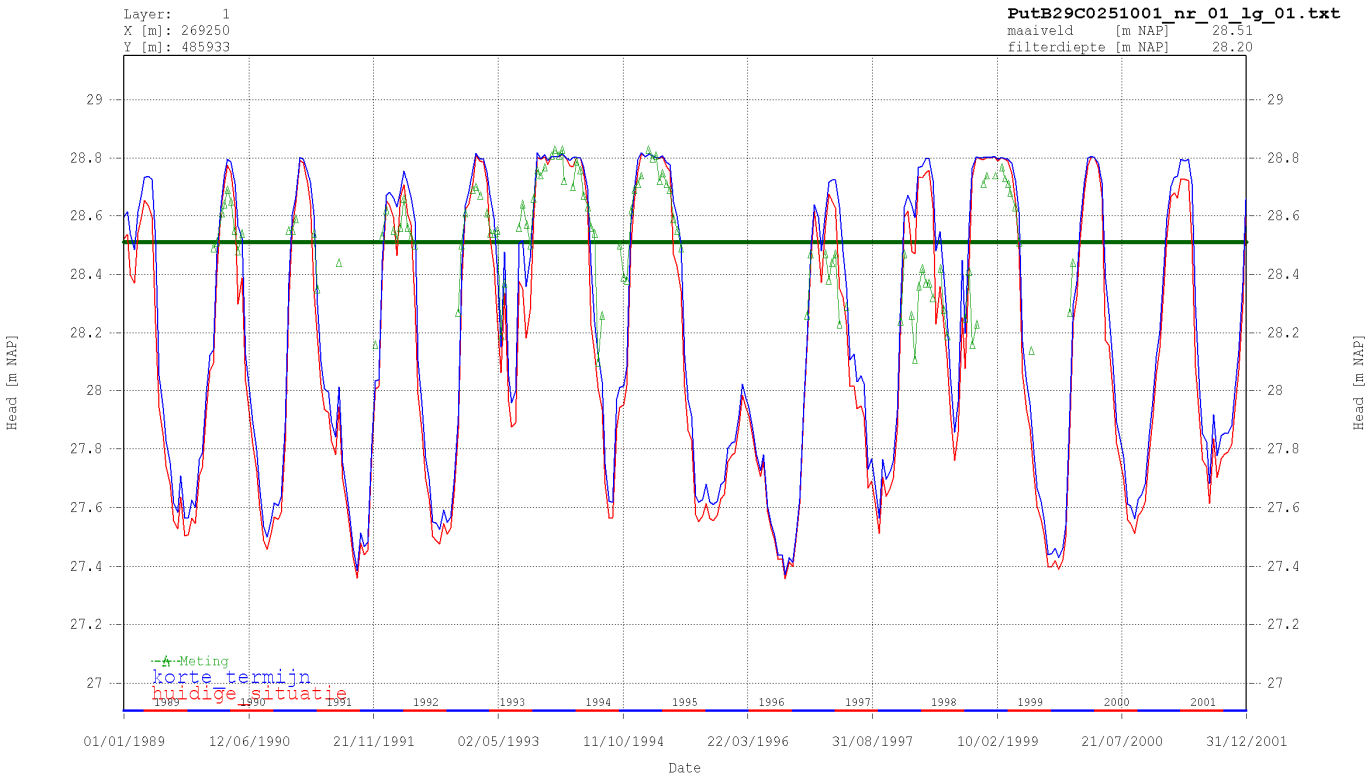

Layer: 2
X [m]: 269072
Y [m]: 485865
PutB29C0249002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.42
filterdiepte [m NAP] 27.88
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

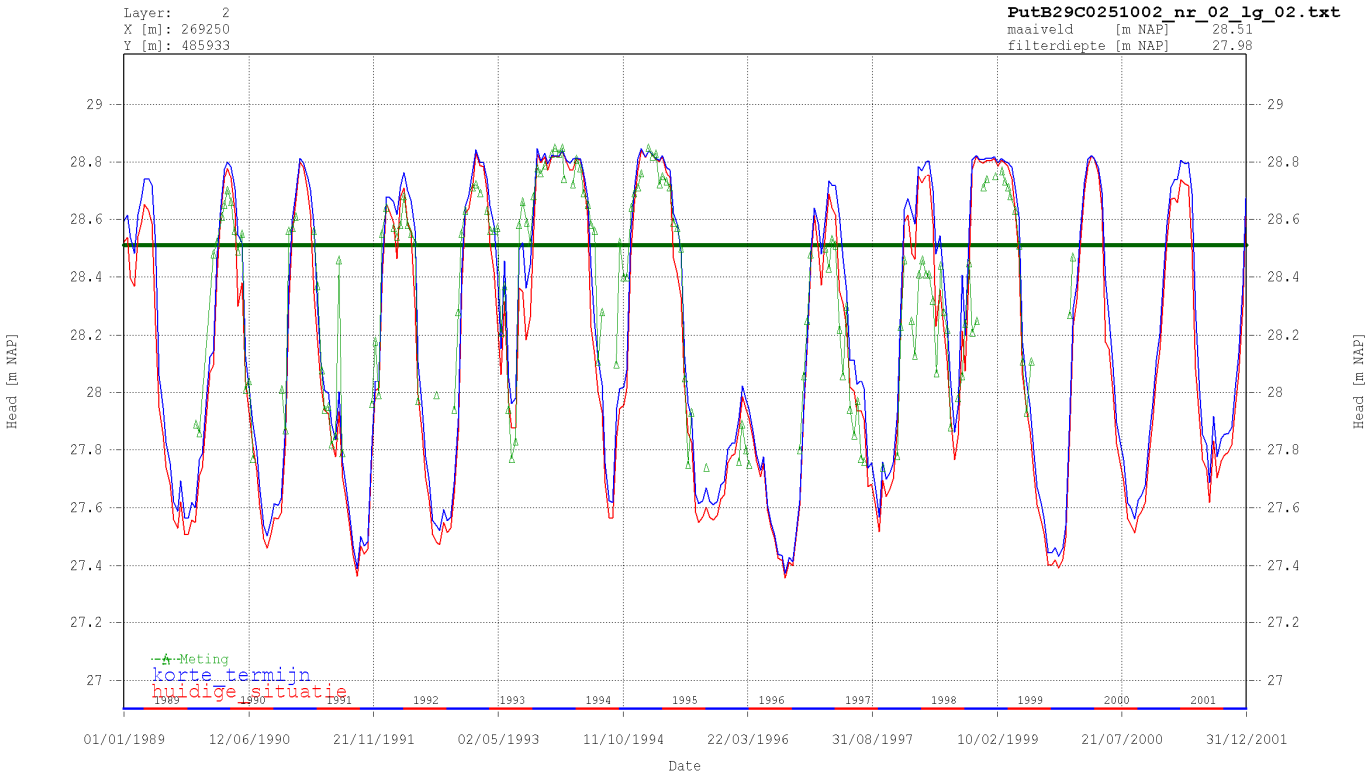

Layer: 2
X [m]: 269072
Y [m]: 485865
PutB29C0249003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.42
filterdiepte [m NAP] 27.55
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

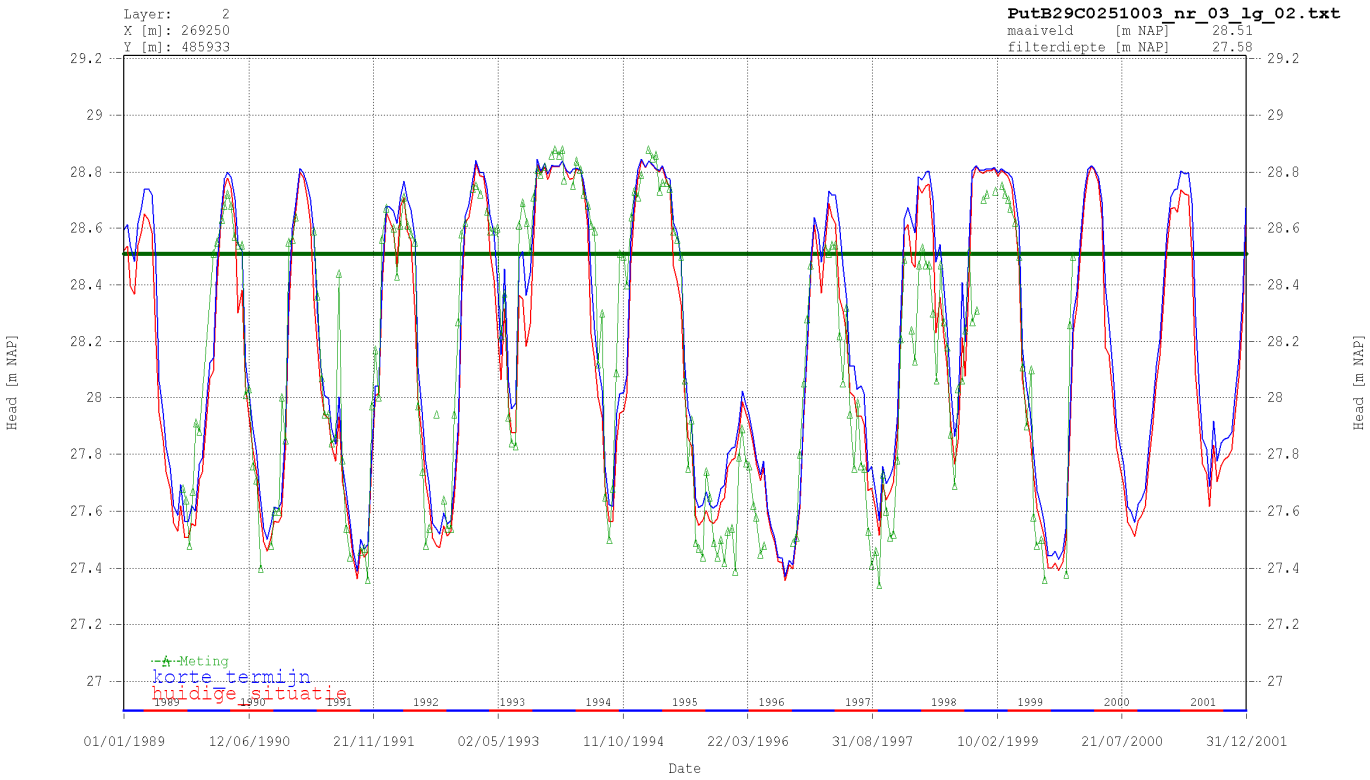

Layer: 1
X [m]: 269202
Y [m]: 485928
PutB29C0250001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 28.48
filterdiepte [m NAP] 28.19
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

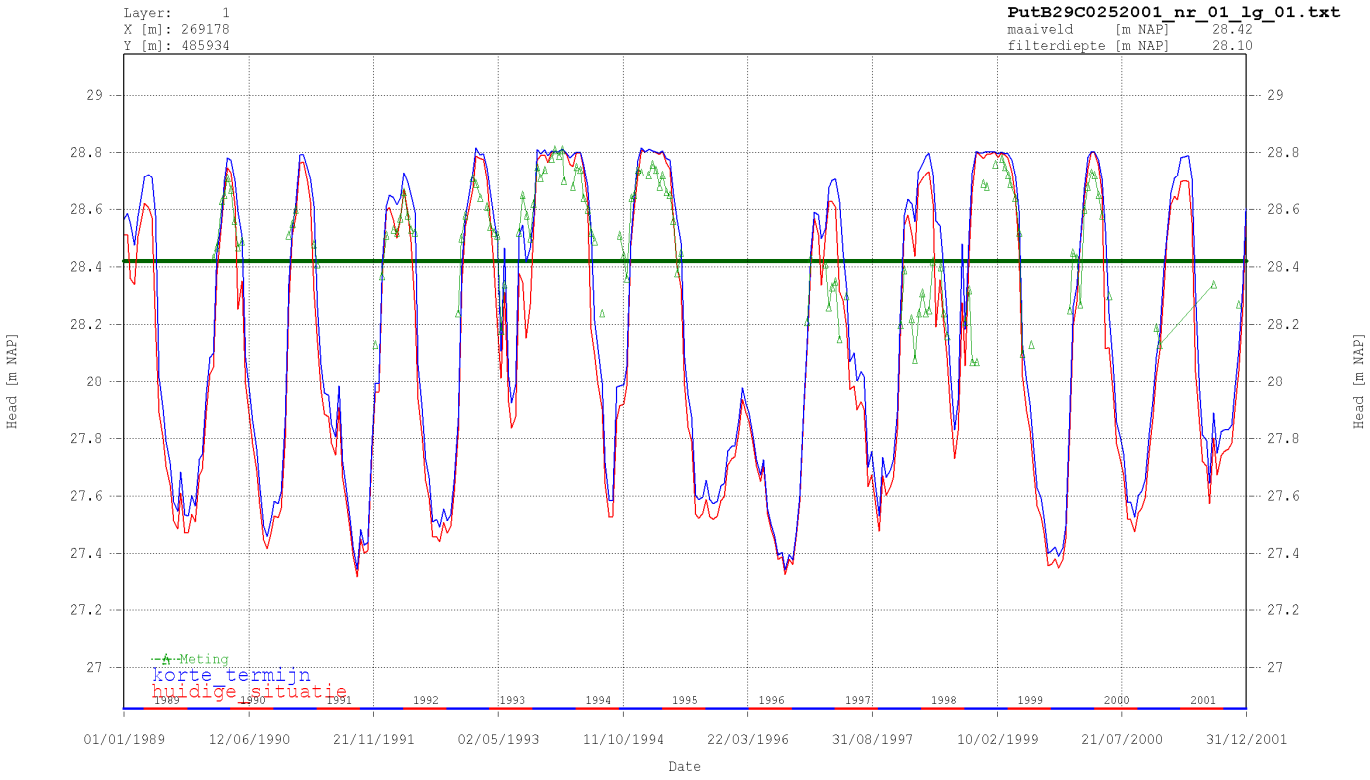

Layer: 2
X [m]: 269202
Y [m]: 485928
PutB29C0250002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.48
filterdiepte [m NAP] 27.93
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

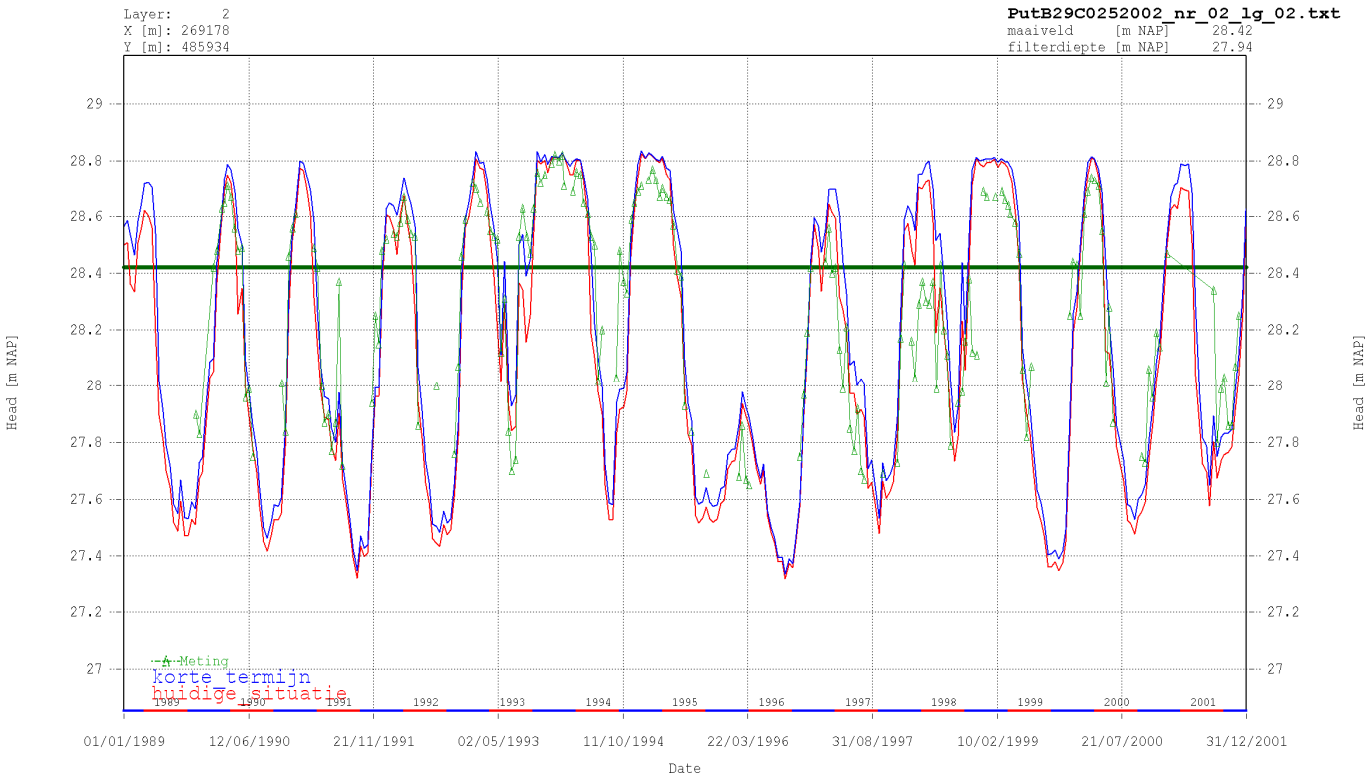

Layer: 2
X [m]: 269202
Y [m]: 485928
PutB29C0250003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.48
filterdiepte [m NAP] 27.54
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

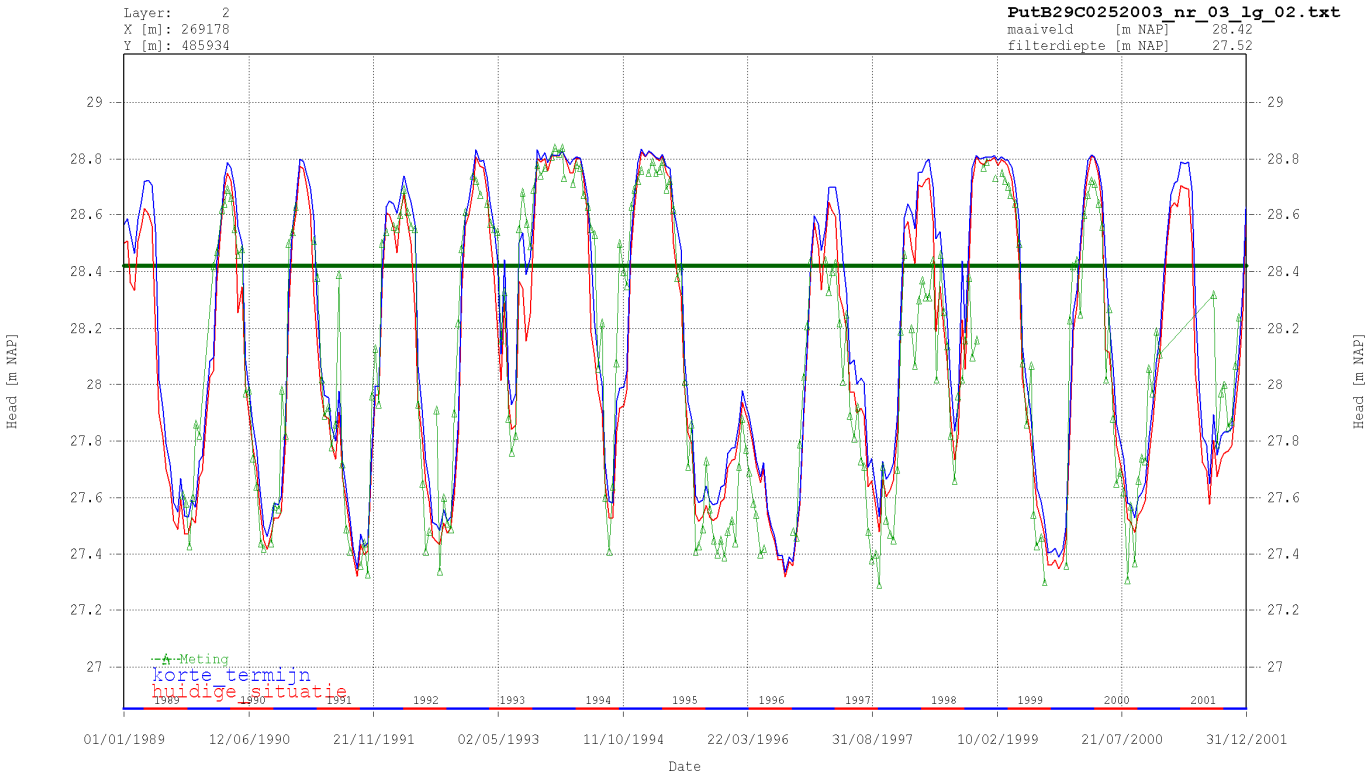

Layer: 1
X [m]: 269250
Y [m]: 485933
PutB29C0251001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 28.51
filterdiepte [m NAP] 28.20
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

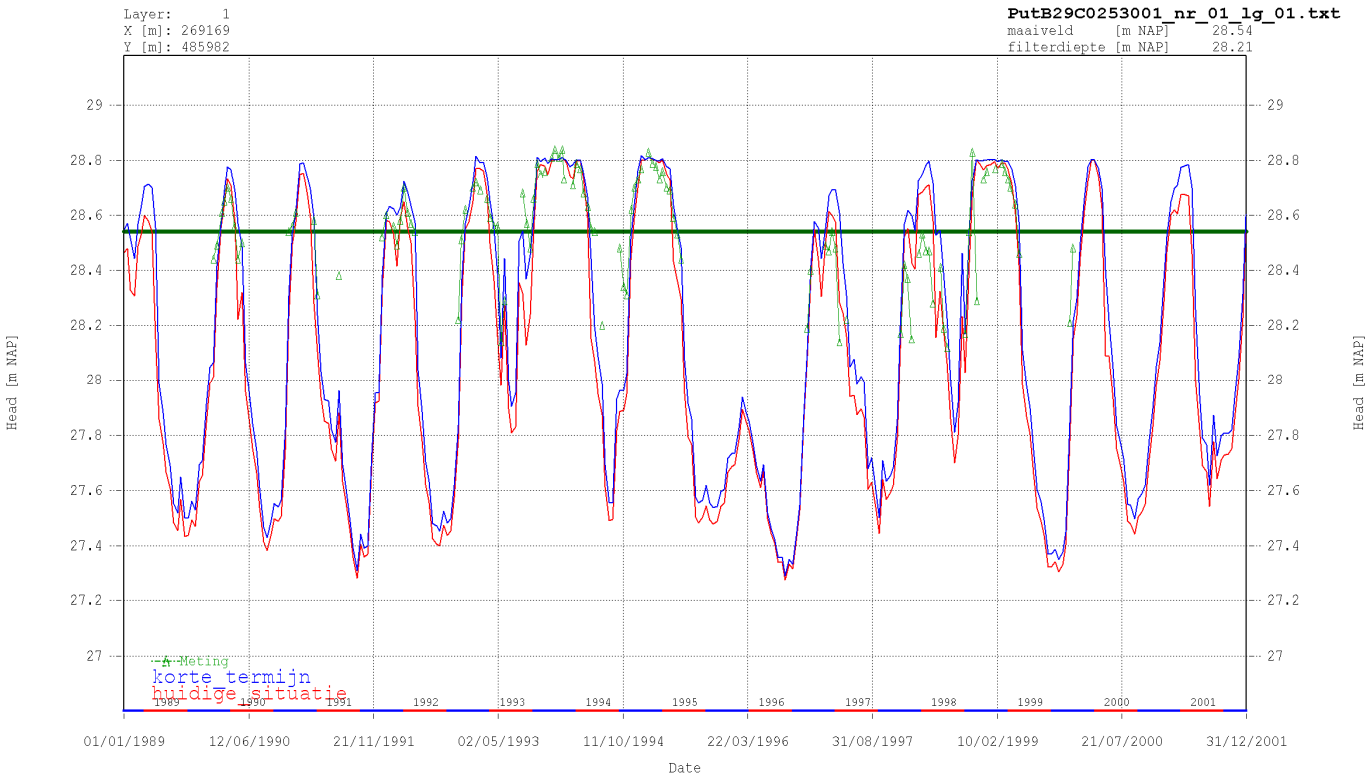

Layer: 2
X [m]: 269250
Y [m]: 485933
PutB29C0251002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.51
filterdiepte [m NAP] 27.98
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

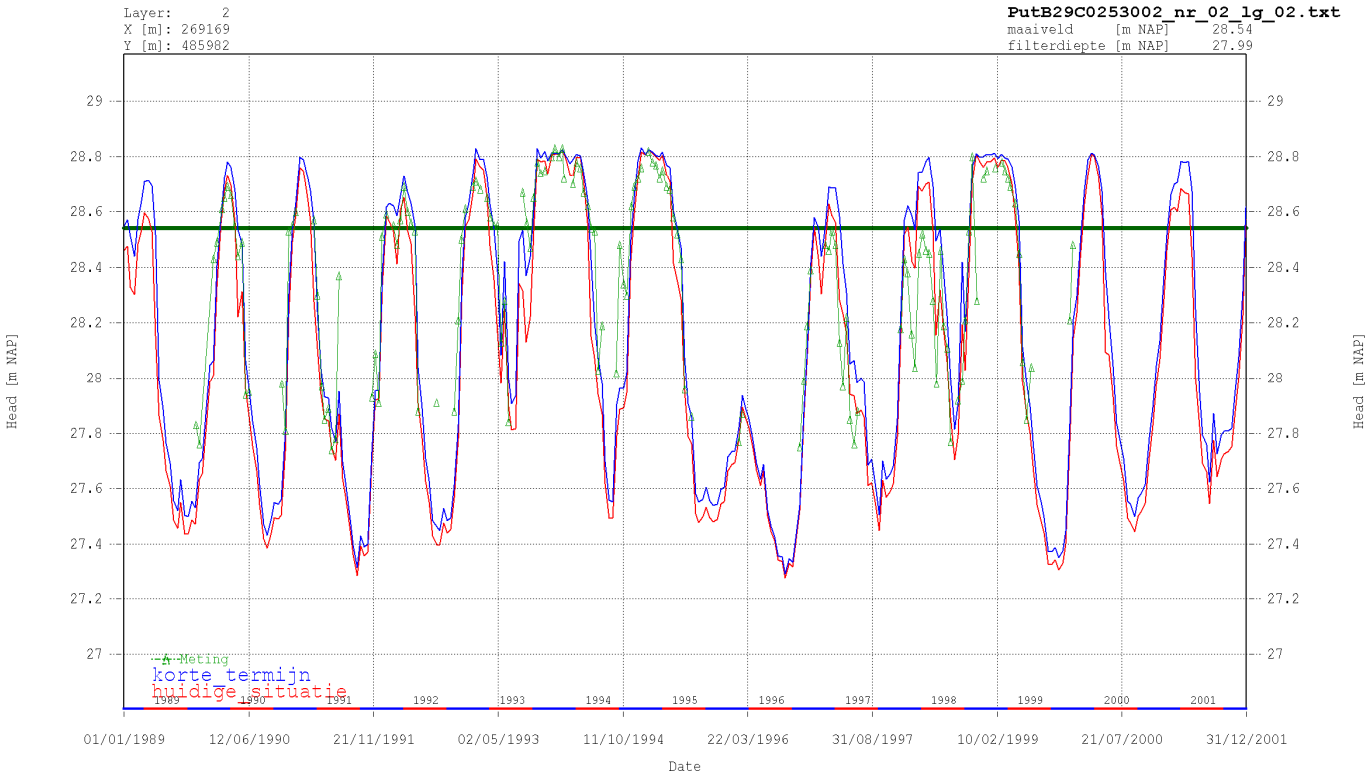

Layer: 2
X [m]: 269250
Y [m]: 485933
PutB29C0251003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.51
filterdiepte [m NAP] 27.58
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

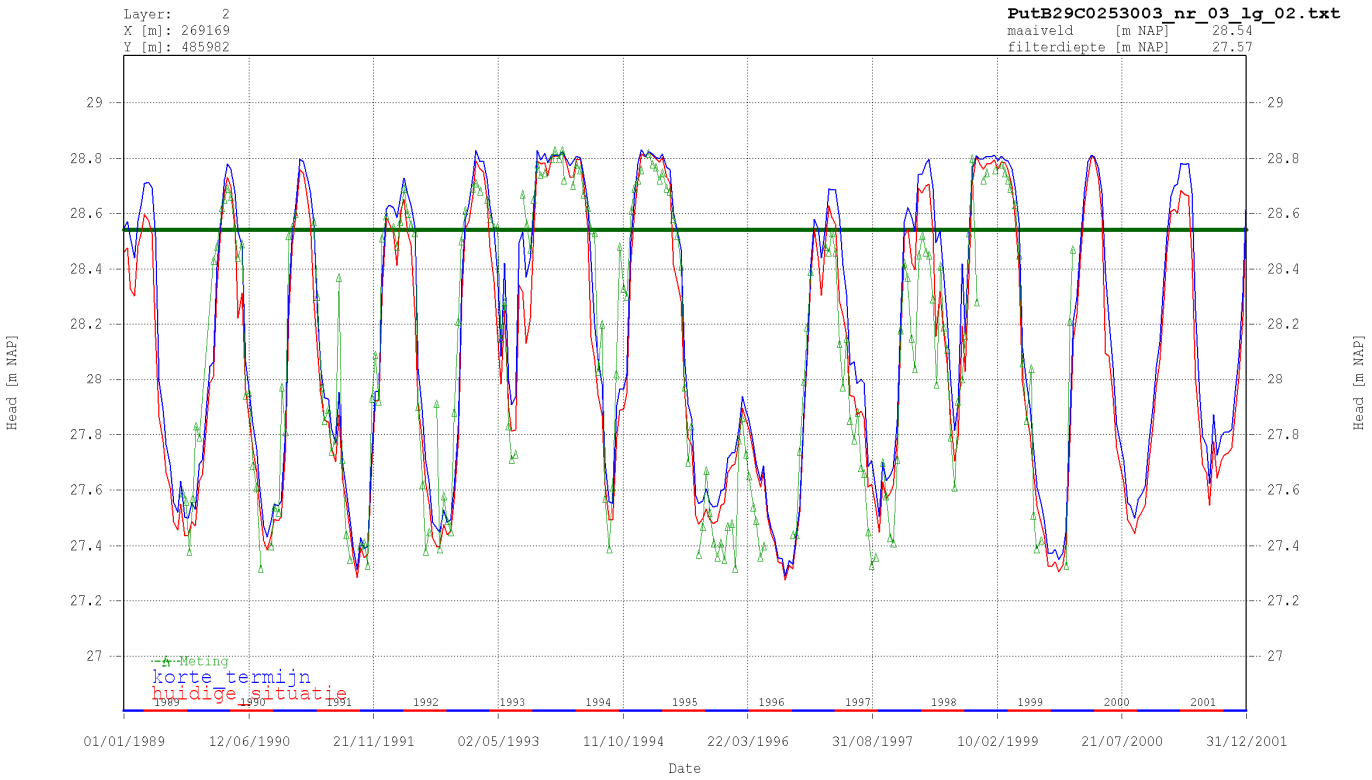

Layer: 1
X [m]: 269178
Y [m]: 485934
PutB29C0252001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 28.42
filterdiepte [m NAP] 28.10
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

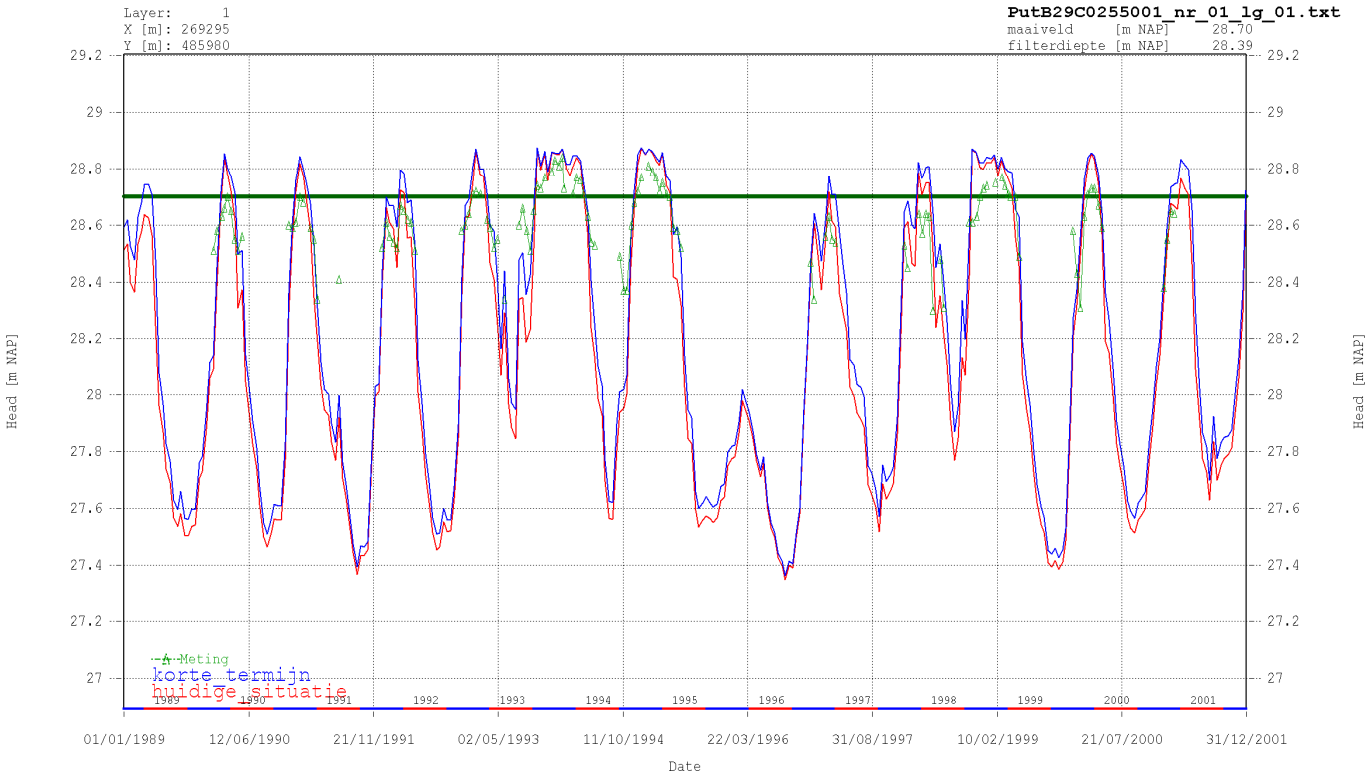

Layer: 2
X [m]: 269178
Y [m]: 485934
PutB29C0252002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.42
filterdiepte [m NAP] 27.94
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

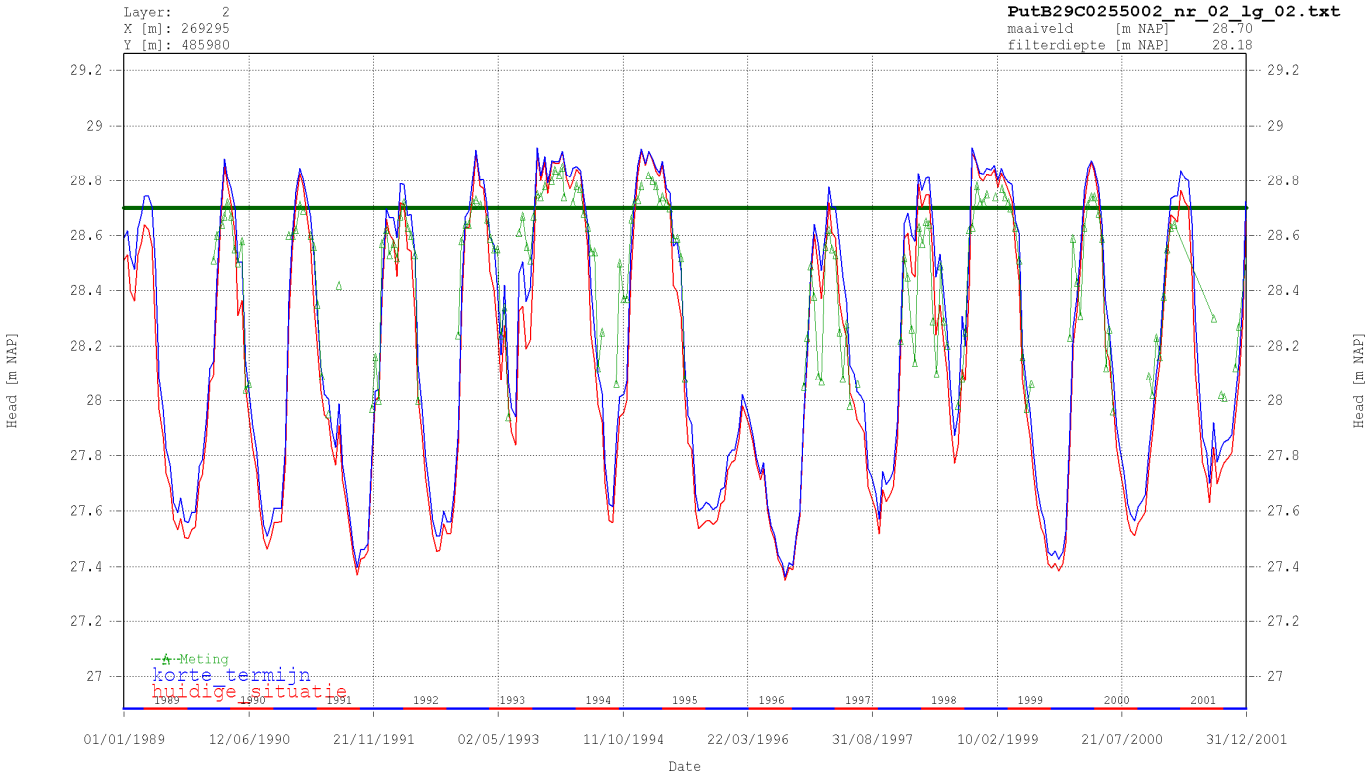

Layer: 2
X [m]: 269178
Y [m]: 485934
PutB29C0252003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.42
filterdiepte [m NAP] 27.52
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

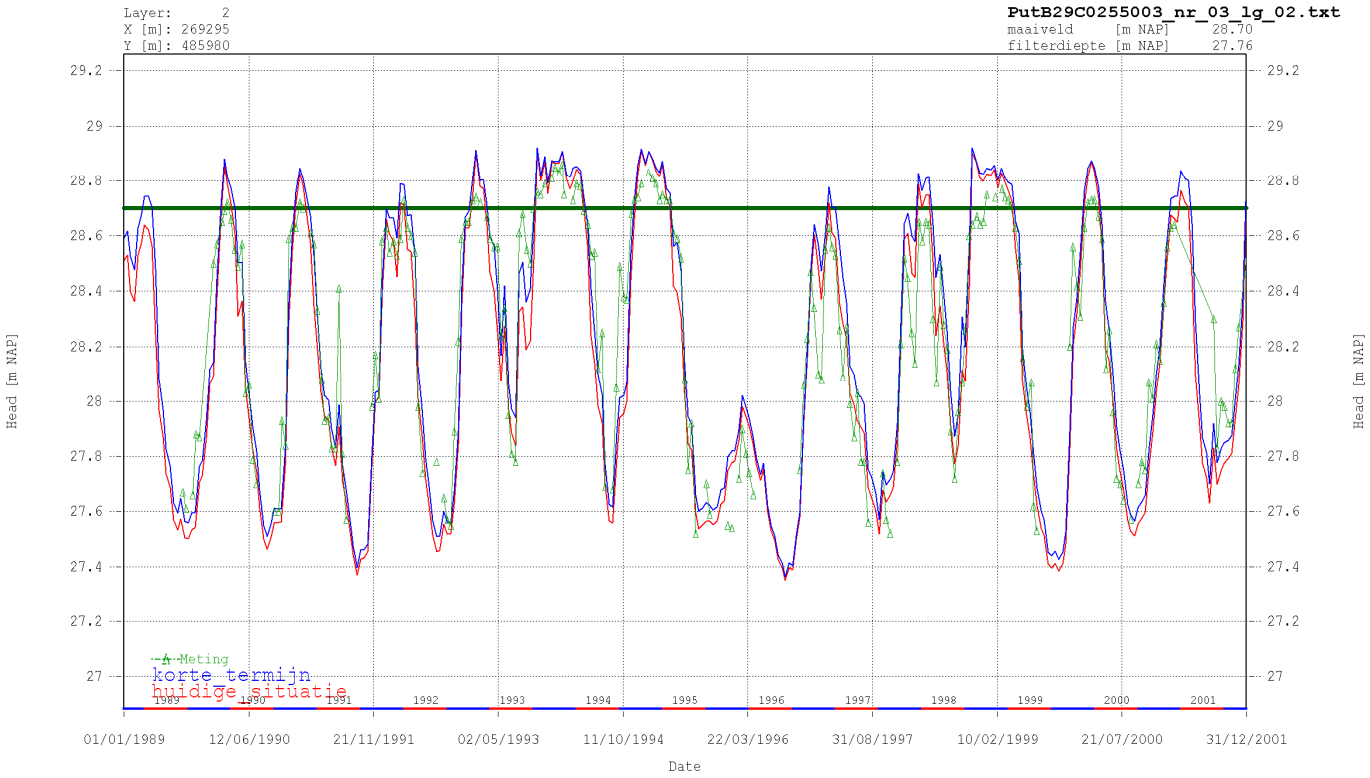

Layer: 1
X [m]: 269169
Y [m]: 485982
PutB29C0253001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 28.54
filterdiepte [m NAP] 28.21
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

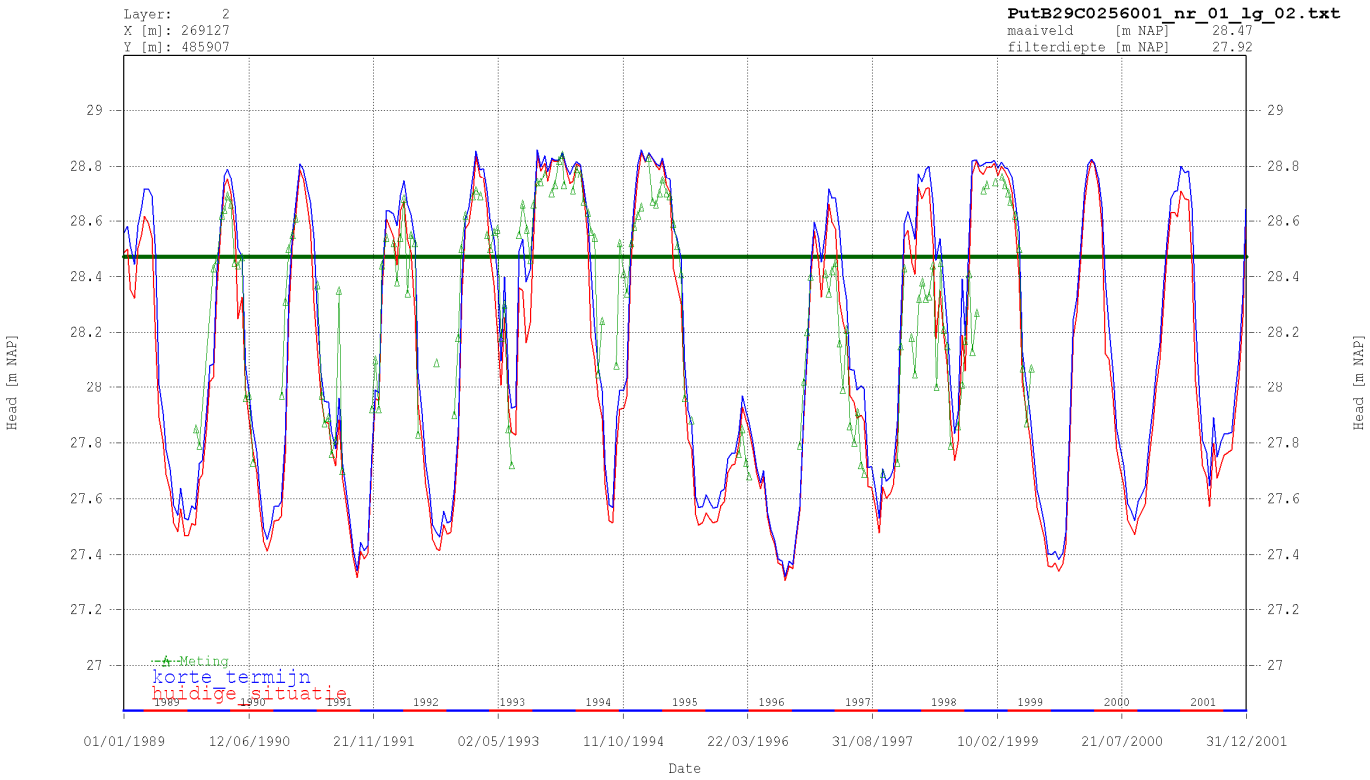

Layer: 2
X [m]: 269169
Y [m]: 485982
PutB29C0253002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.54
filterdiepte [m NAP] 27.99
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

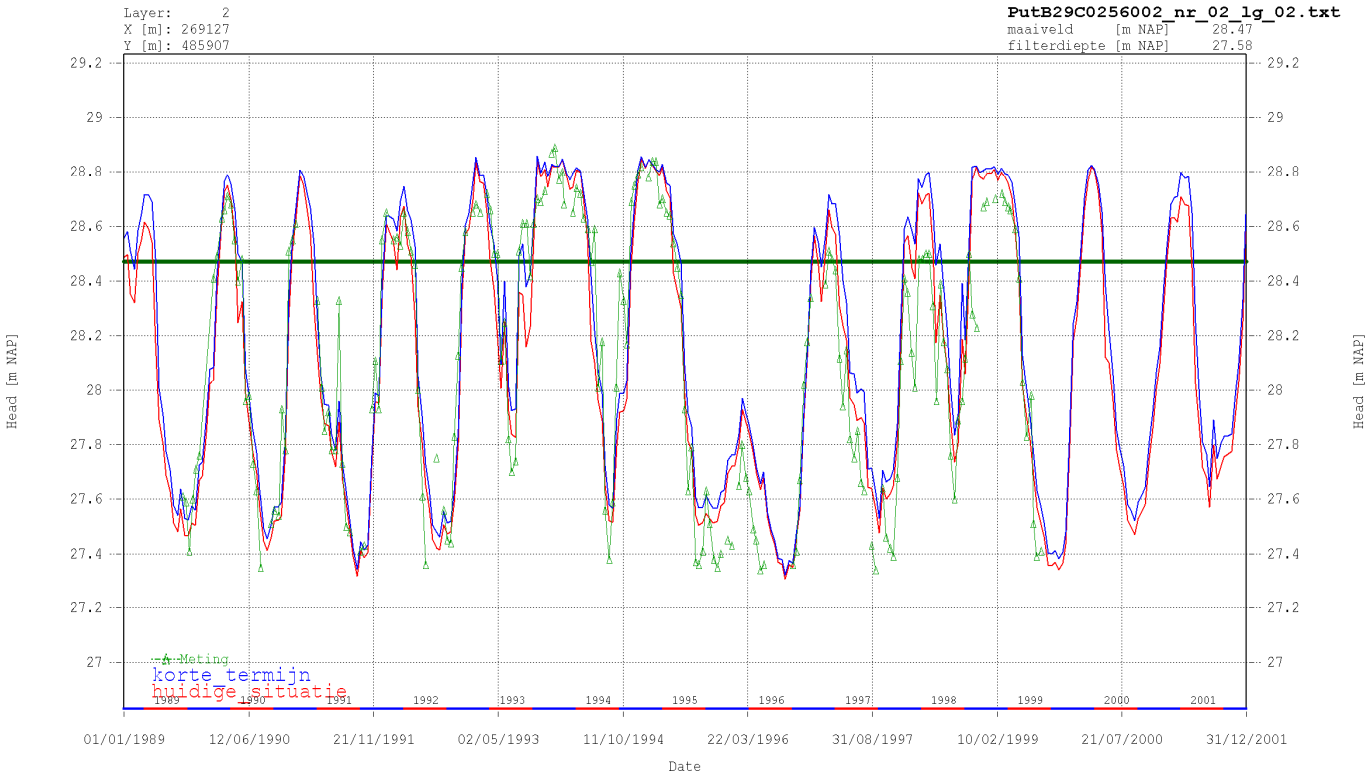

Layer: 2
X [m]: 269169
Y [m]: 485982
PutB29C0253003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.54
filterdiepte [m NAP] 27.57
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

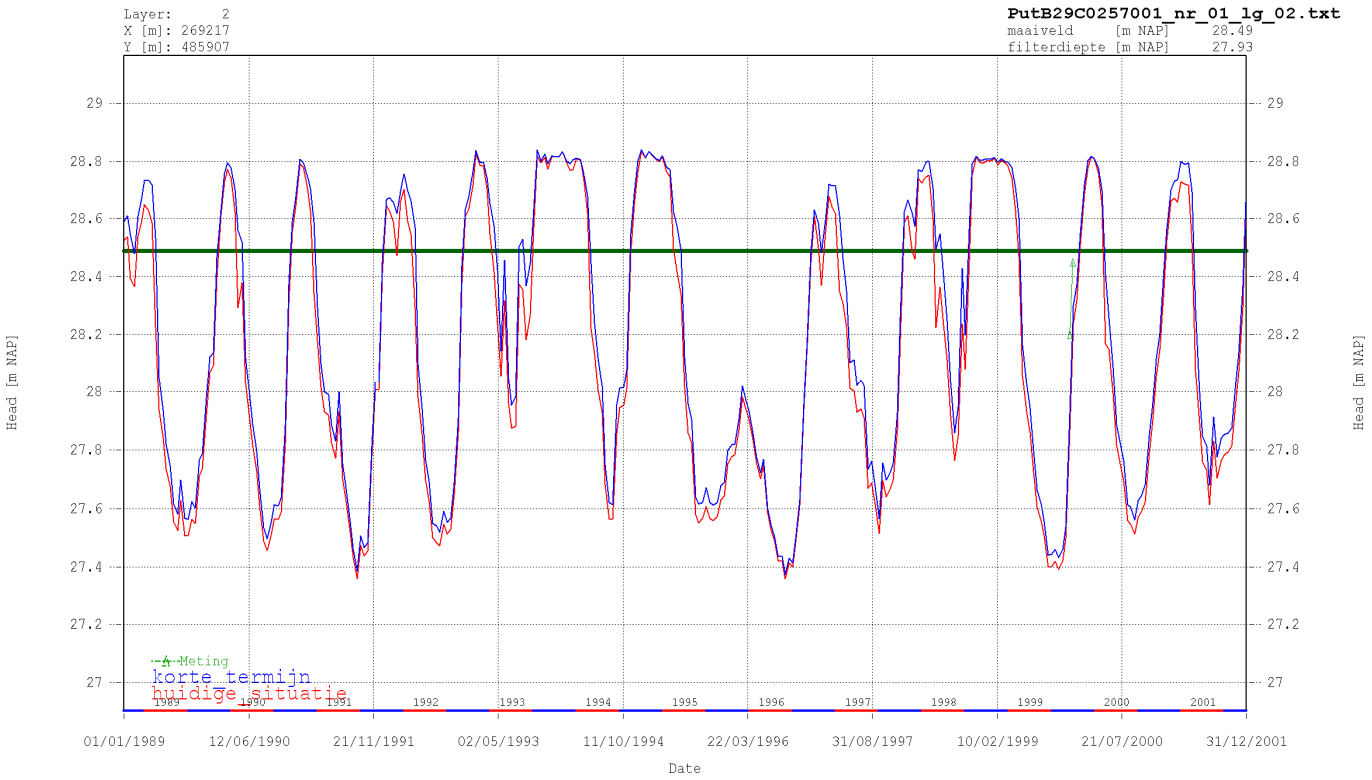

Layer: 1
X [m]: 269295
Y [m]: 485980
PutB29C0255001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 28.70
filterdiepte [m NAP] 28.39
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date

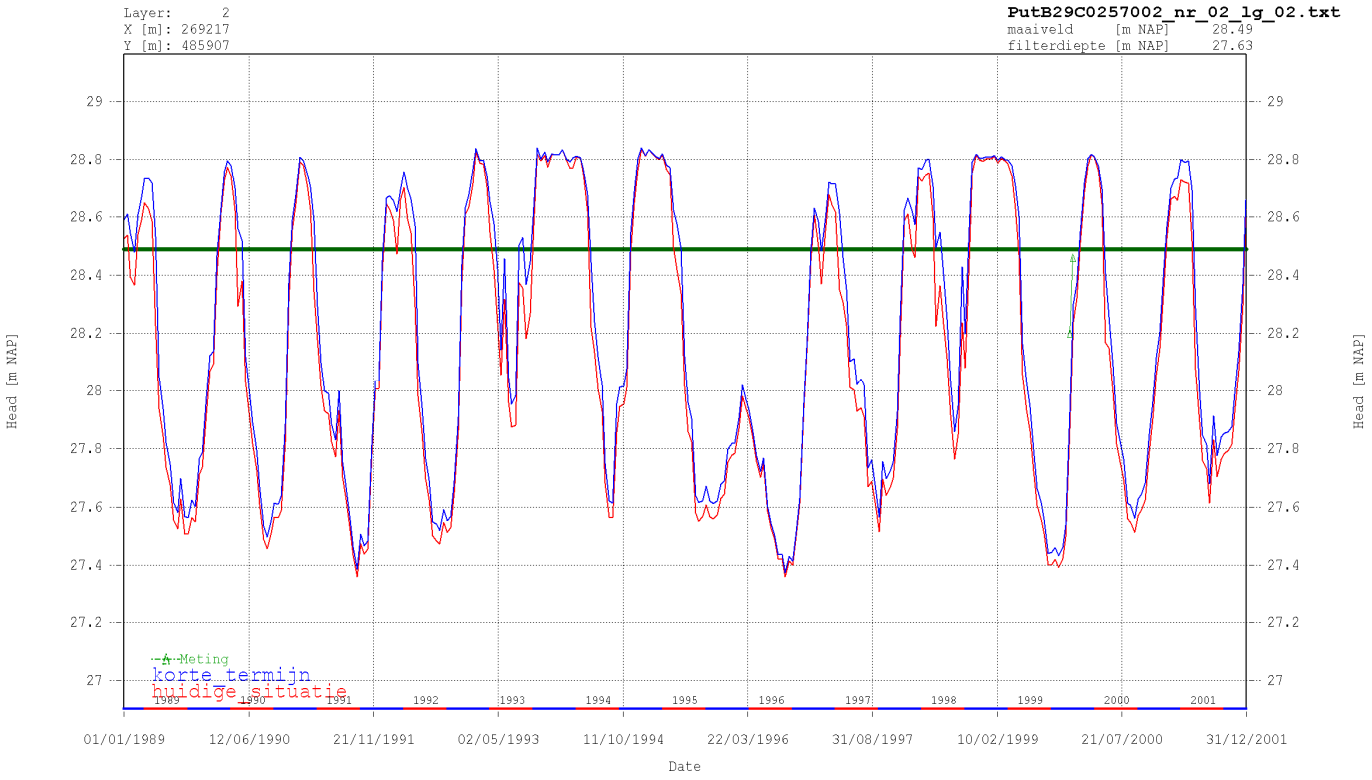

Layer: 2
X [m]: 269295
Y [m]: 485980
PutB29C0255002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.70
filterdiepte [m NAP] 28.18
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

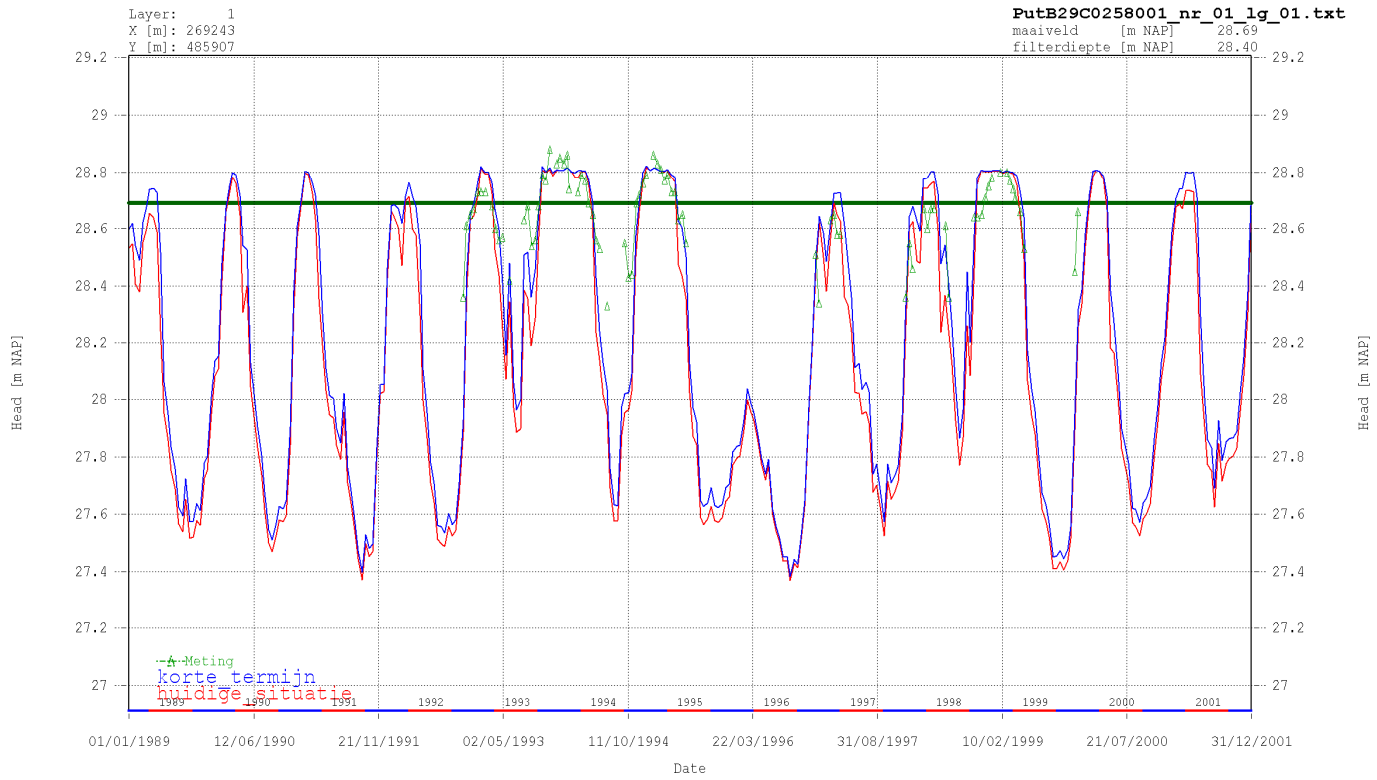

Layer: 2
X [m]: 269295
Y [m]: 485980
PutB29C0255003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.70
filterdiepte [m NAP] 27.76
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

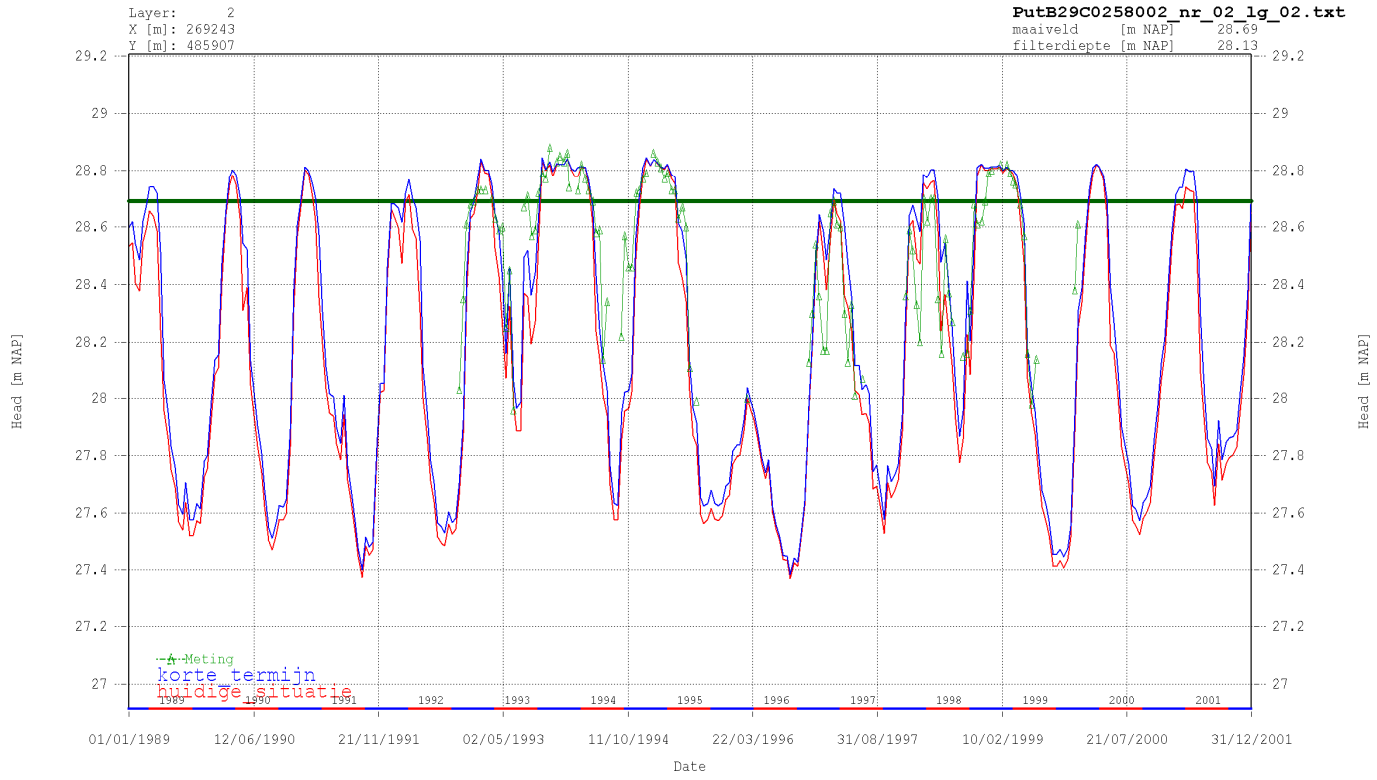

Layer: 2
X [m]: 269127
Y [m]: 485907
PutB29C0256001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.47
filterdiepte [m NAP] 27.92
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

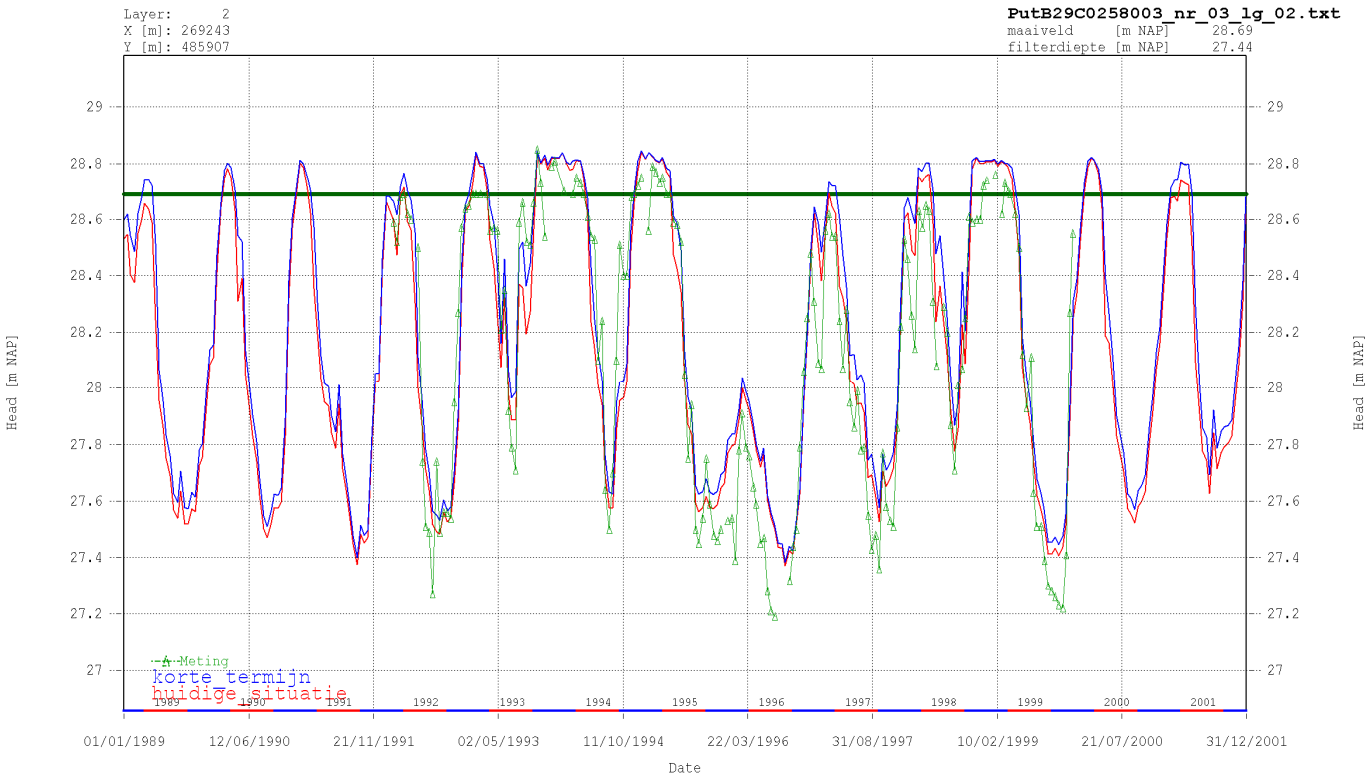

Layer: 2
X [m]: 269127
Y [m]: 485907
PutB29C0256002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.47
filterdiepte [m NAP] 27.58
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
Date
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001

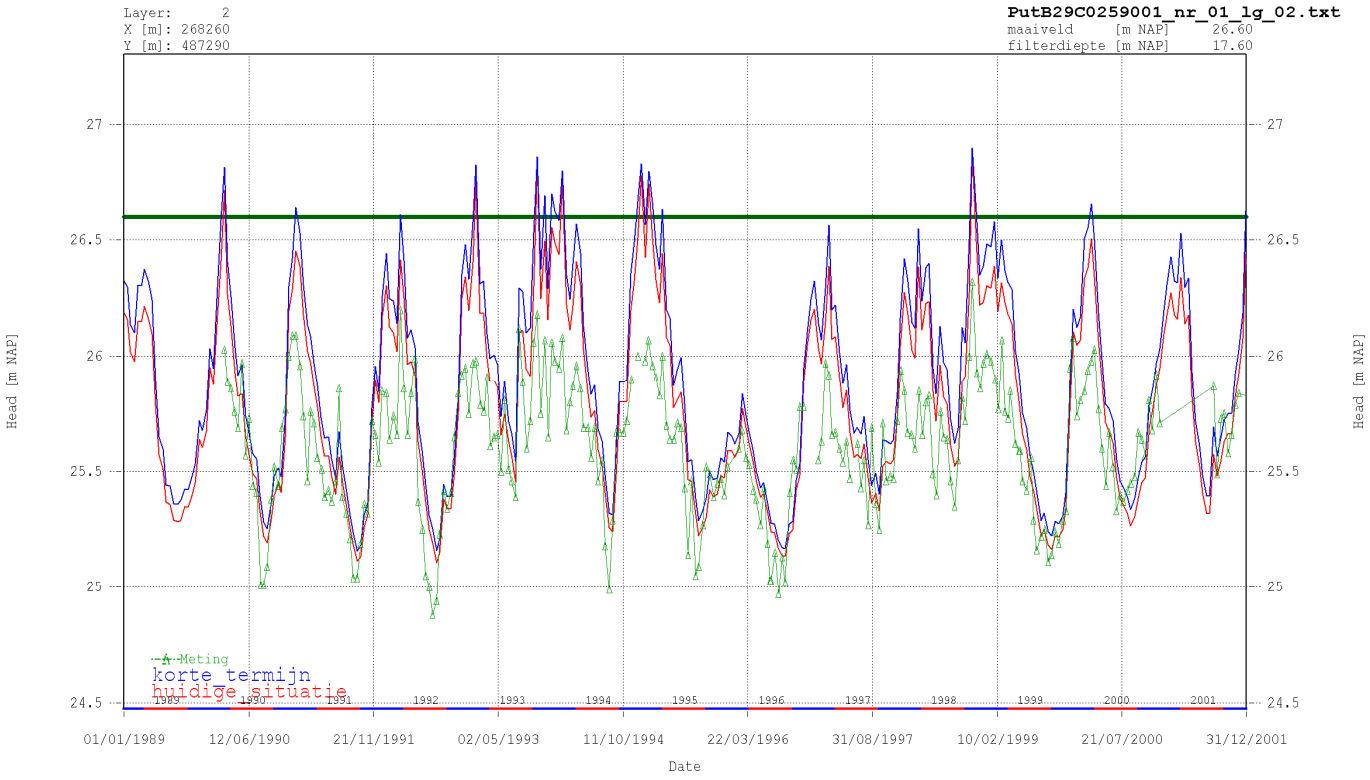

Layer: 2
X [m]: 269217
Y [m]: 485907
PutB29C0257001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.49
filterdiepte [m NAP] 27.93
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

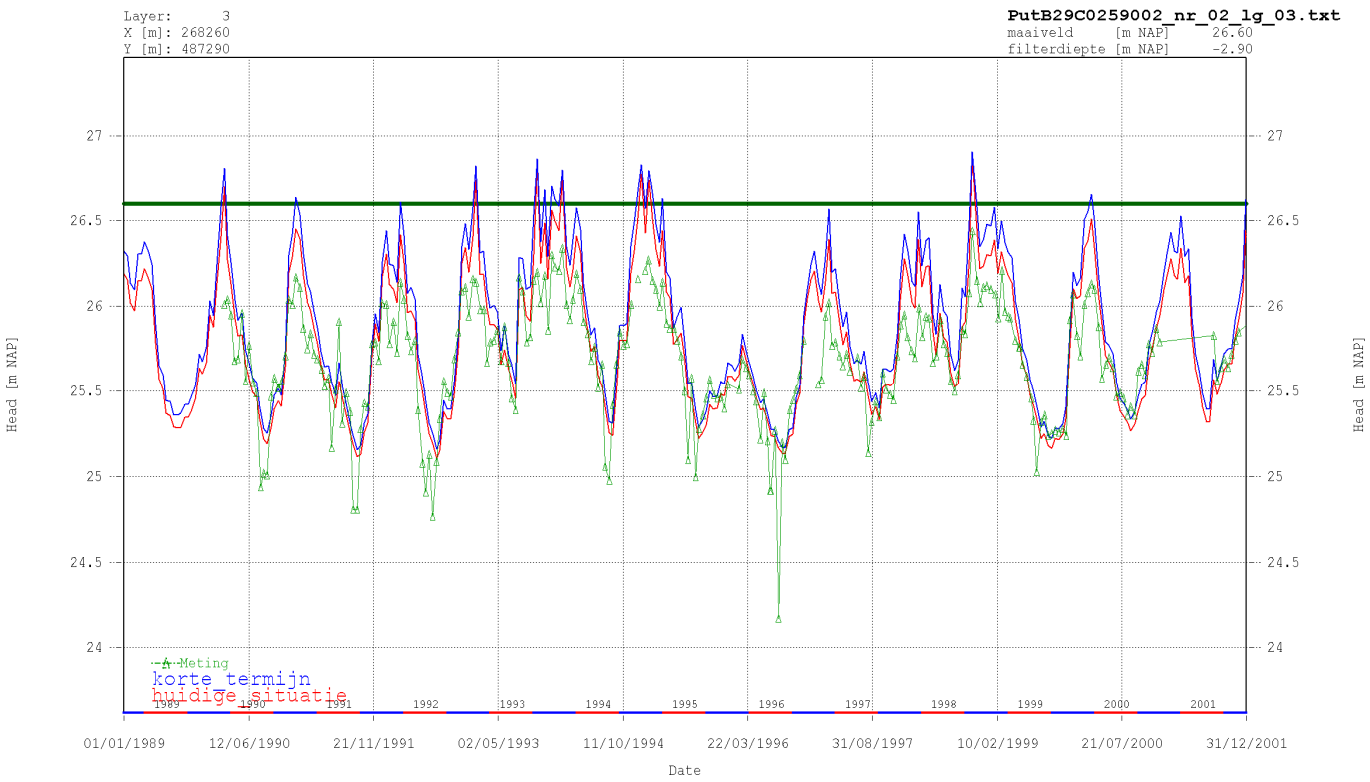

Layer: 2
X [m]: 269217
Y [m]: 485907
PutB29C0257002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.49
filterdiepte [m NAP] 27.63
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

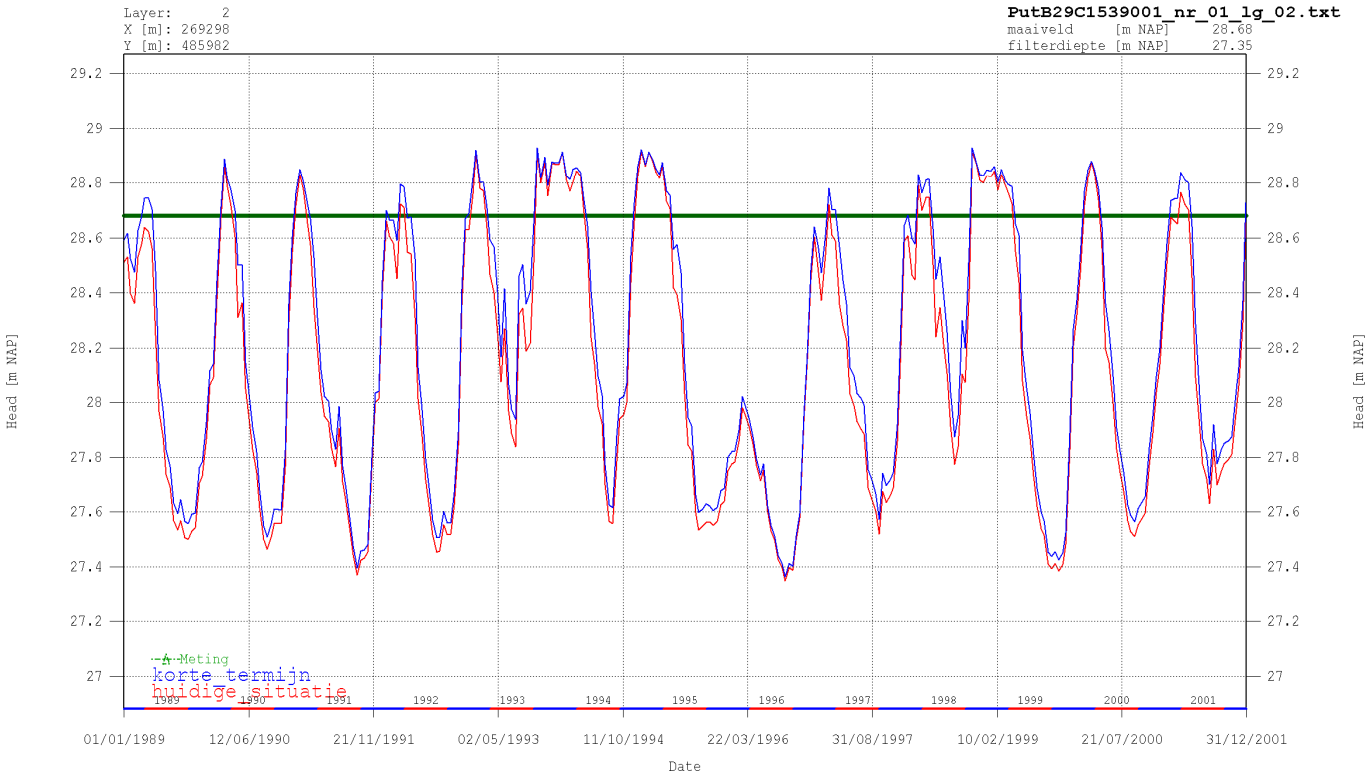

Layer: 1
X [m]: 269243
Y [m]: 485907
PutB29C0258001_nr_01_lg_01.txt
maaiveld [m NAP] 28.69
filterdiepte [m NAP] 28.40
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date


Layer: 2
X [m]: 269243
Y [m]: 485907
PutB29C0258002_nr_02_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.69
filterdiepte [m NAP] 28.13
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date


Layer: 2
X [m]: 269243
Y [m]: 485907
PutB29C0258003_nr_03_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.69
filterdiepte [m NAP] 27.44
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date


Layer: 2
X [m]: 268260
Y [m]: 487290
PutB29C0259001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 26.60
filterdiepte [m NAP] 17.60
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

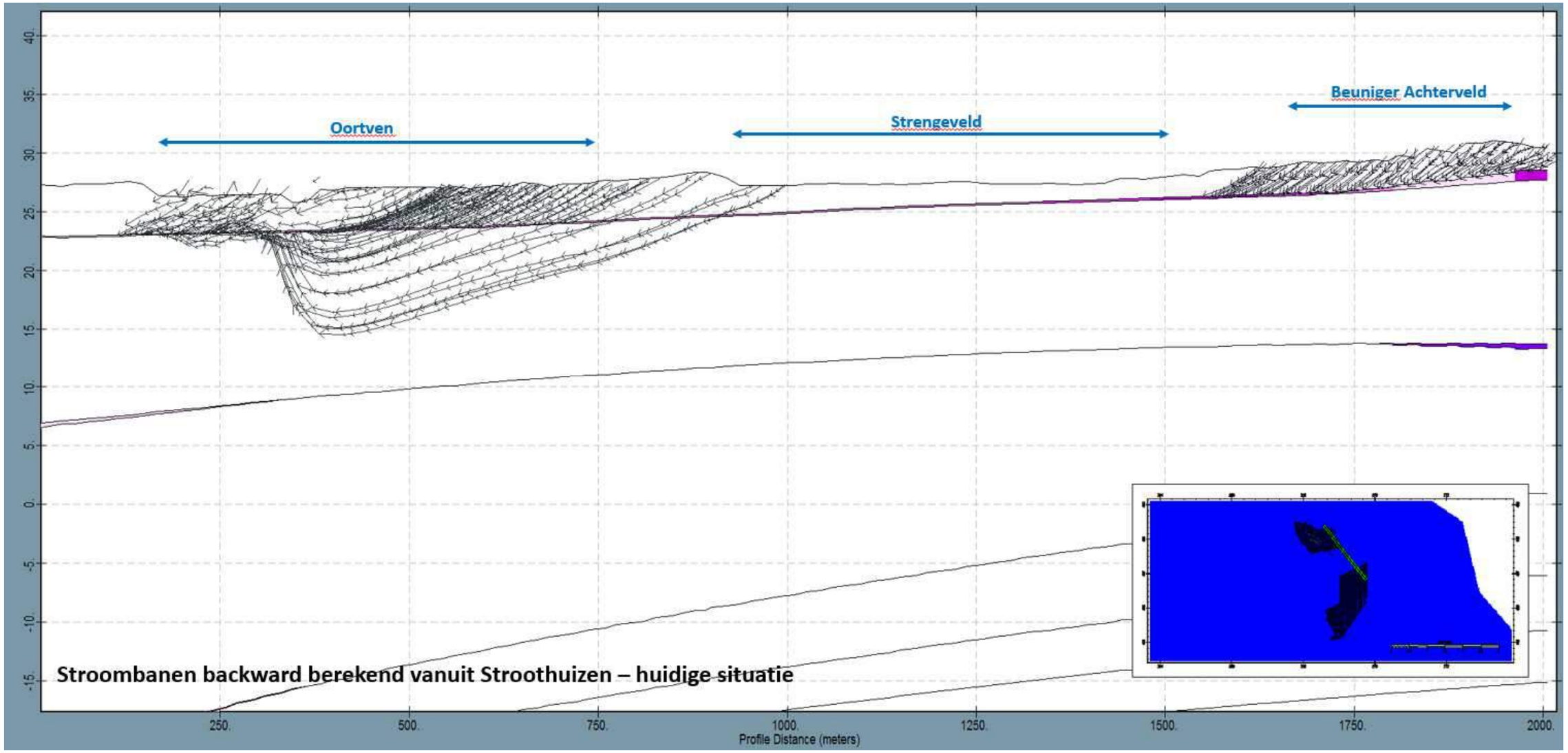

Layer: 3
X [m]: 268260
Y [m]: 487290
PutB29C0259002_nr_02_lg_03.txt
maaiveld [m NAP] 26.60
filterdiepte [m NAP] -2.90
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date


Layer: 2
X [m]: 269298
Y [m]: 485982
PutB29C1539001_nr_01_lg_02.txt
maaiveld [m NAP] 28.68
filterdiepte [m NAP] 27.35
Head [m NAP]
Meting
korte termijn
huidige situatie
01/01/1989
12/06/1990
21/11/1991
02/05/1993
11/10/1994
22/03/1996
31/08/1997
10/02/1999
21/07/2000
31/12/2001
Date

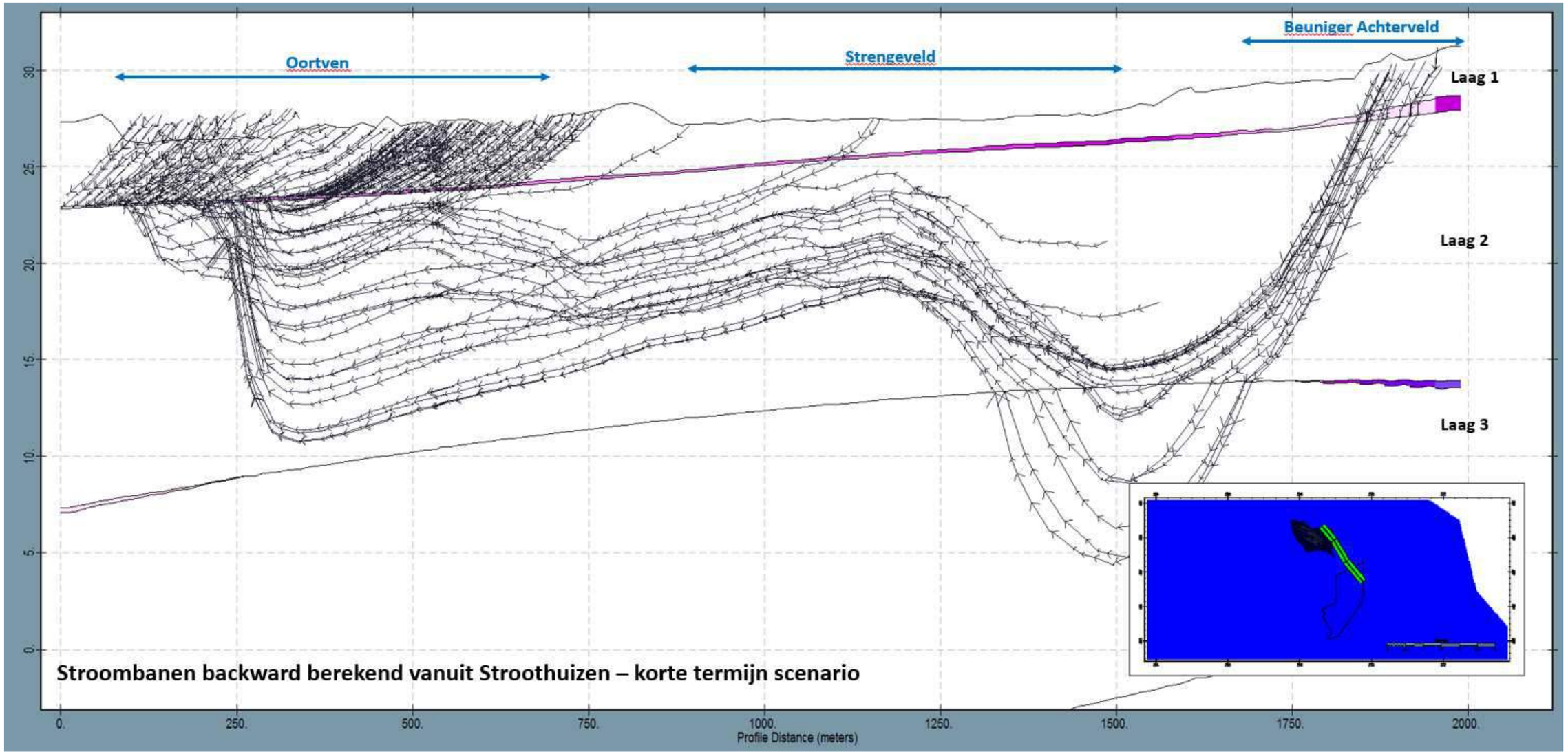
Bijlage

7

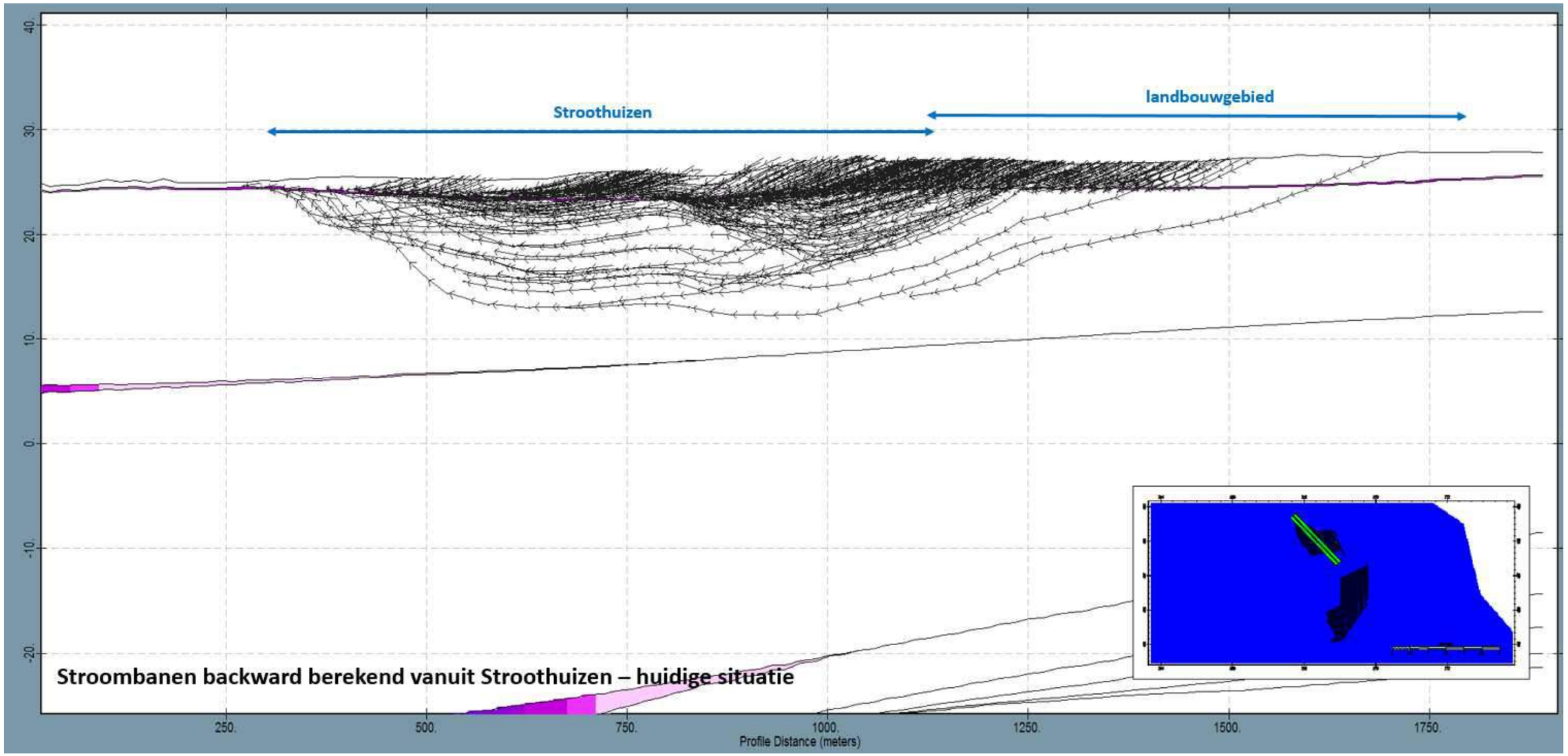
Dwarsdoorsneden met stroombanen



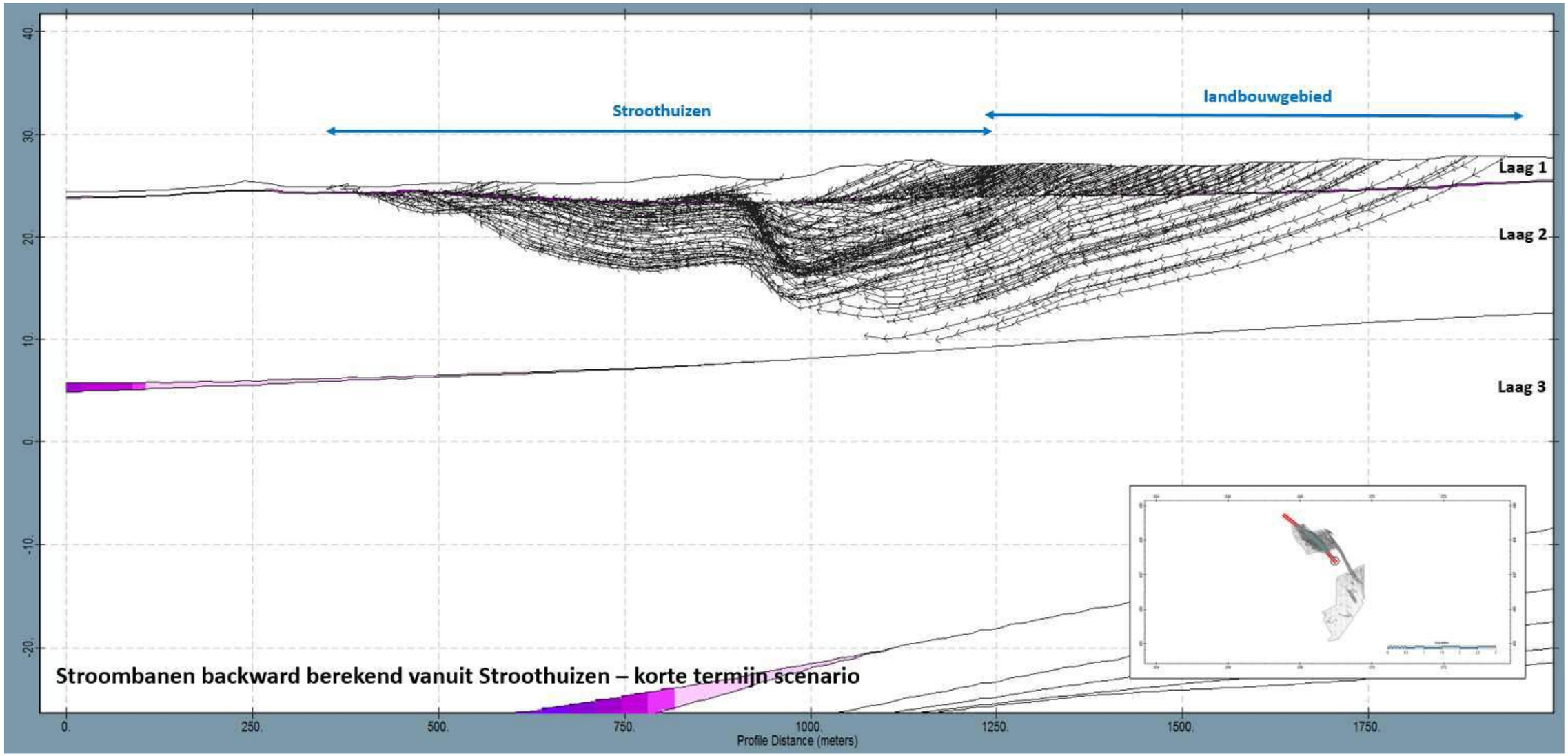
Stroombanen backward berekend vanuit Stroothuizen – huidige situatie



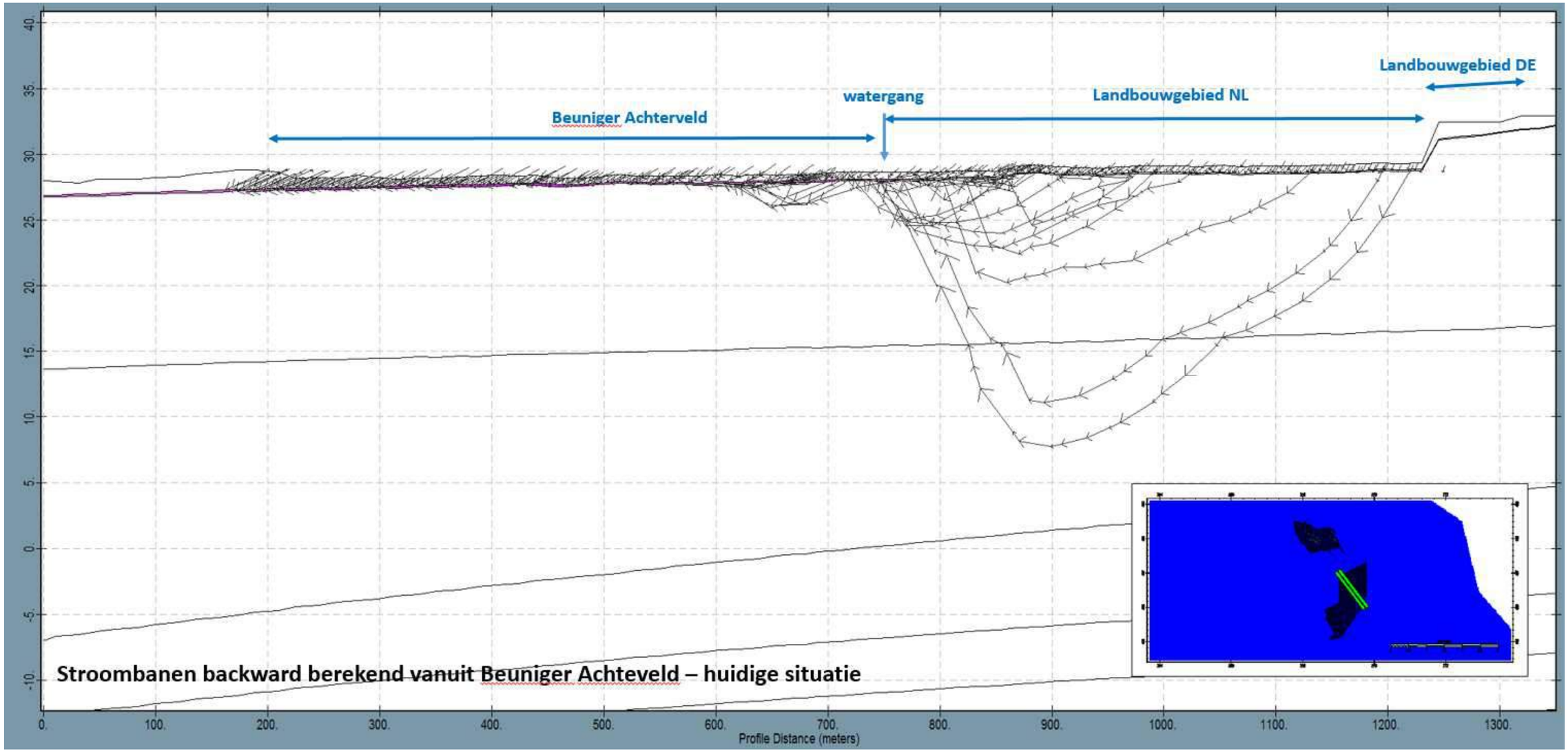
Stroombanen backward berekend vanuit Stroothuizen – korte termijn scenario



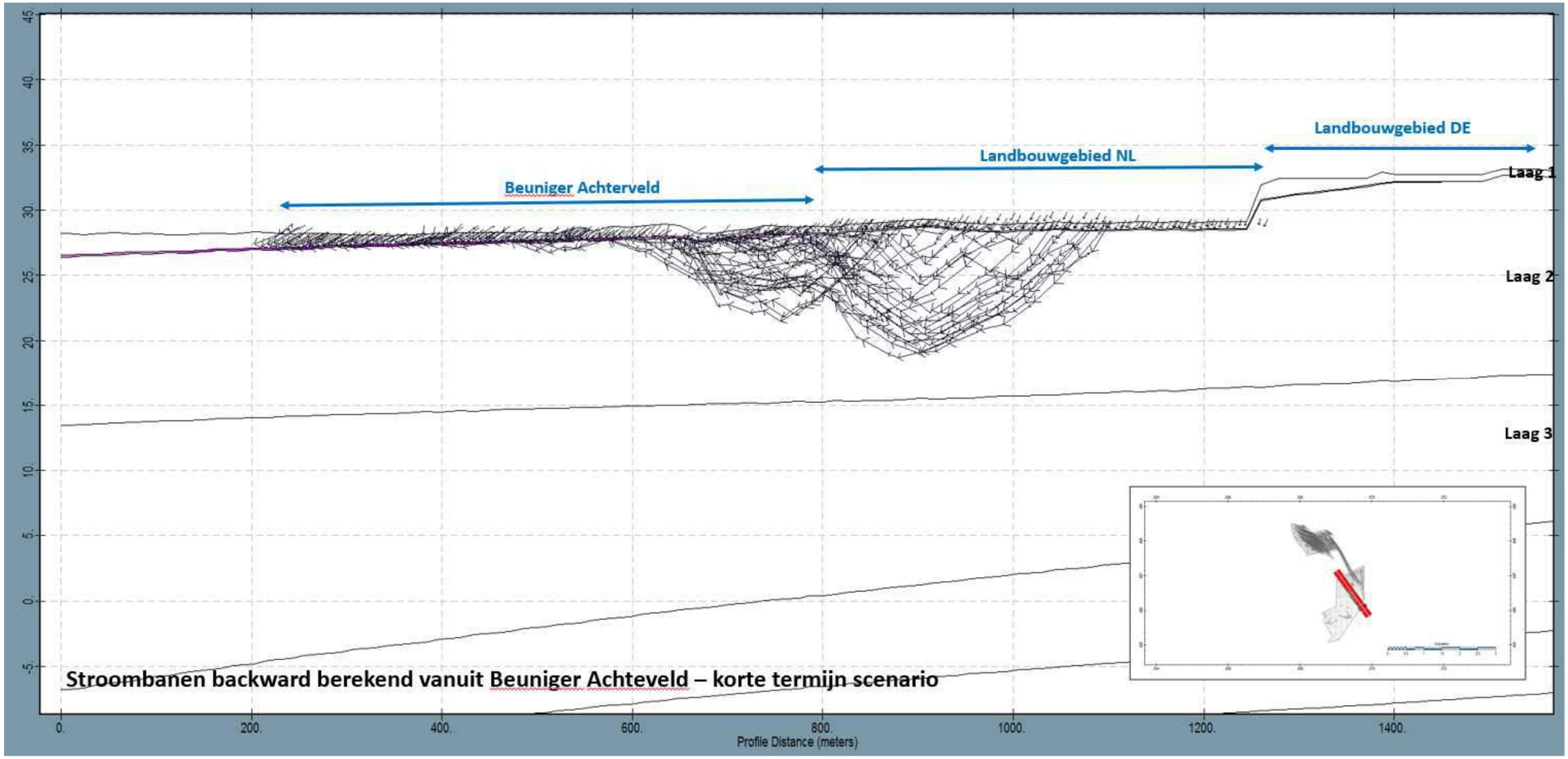
Stroombanen backward berekend vanuit Stroothuizen – huidige situatie



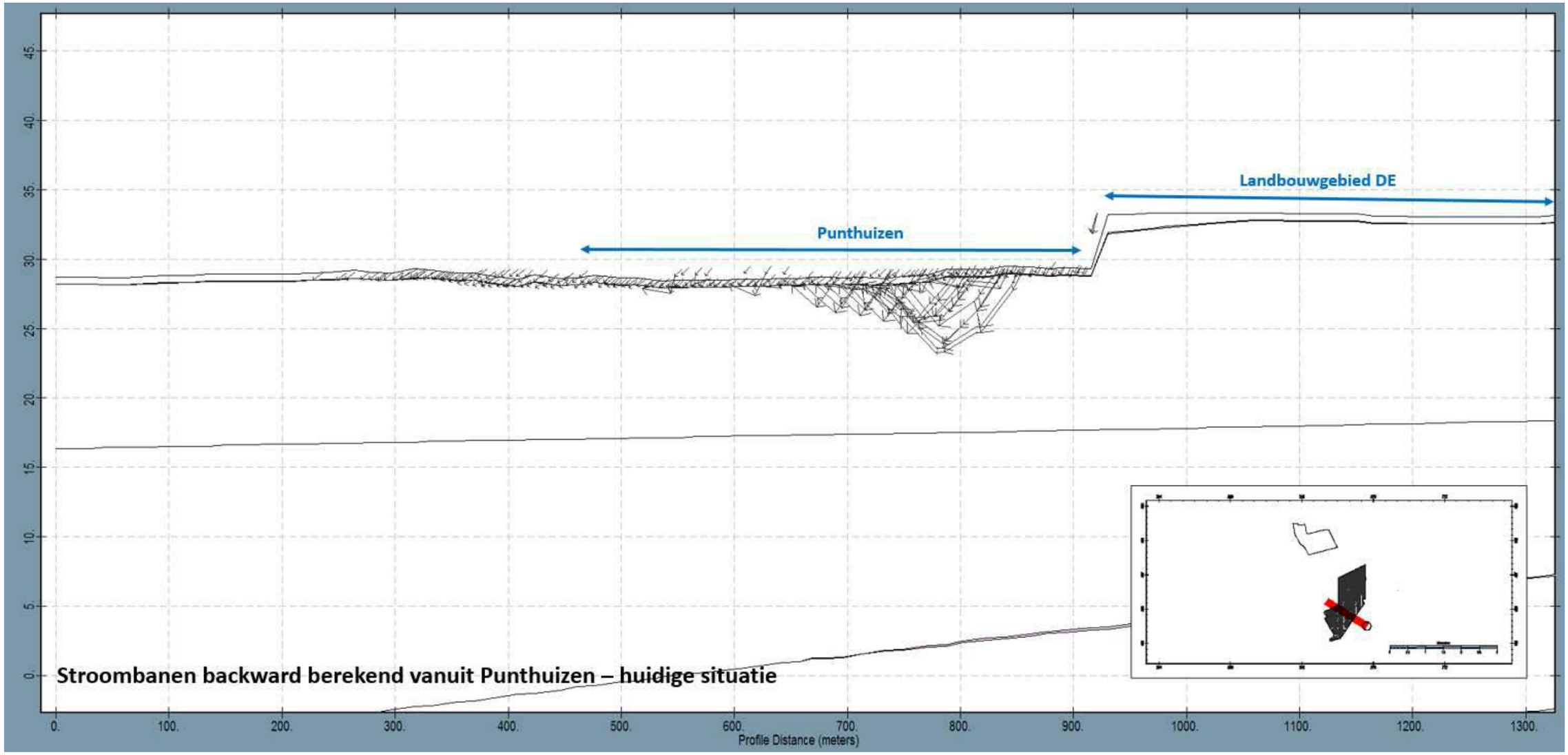
Stroombanen backward berekend vanuit Stroothuizen – korte termijn scenario



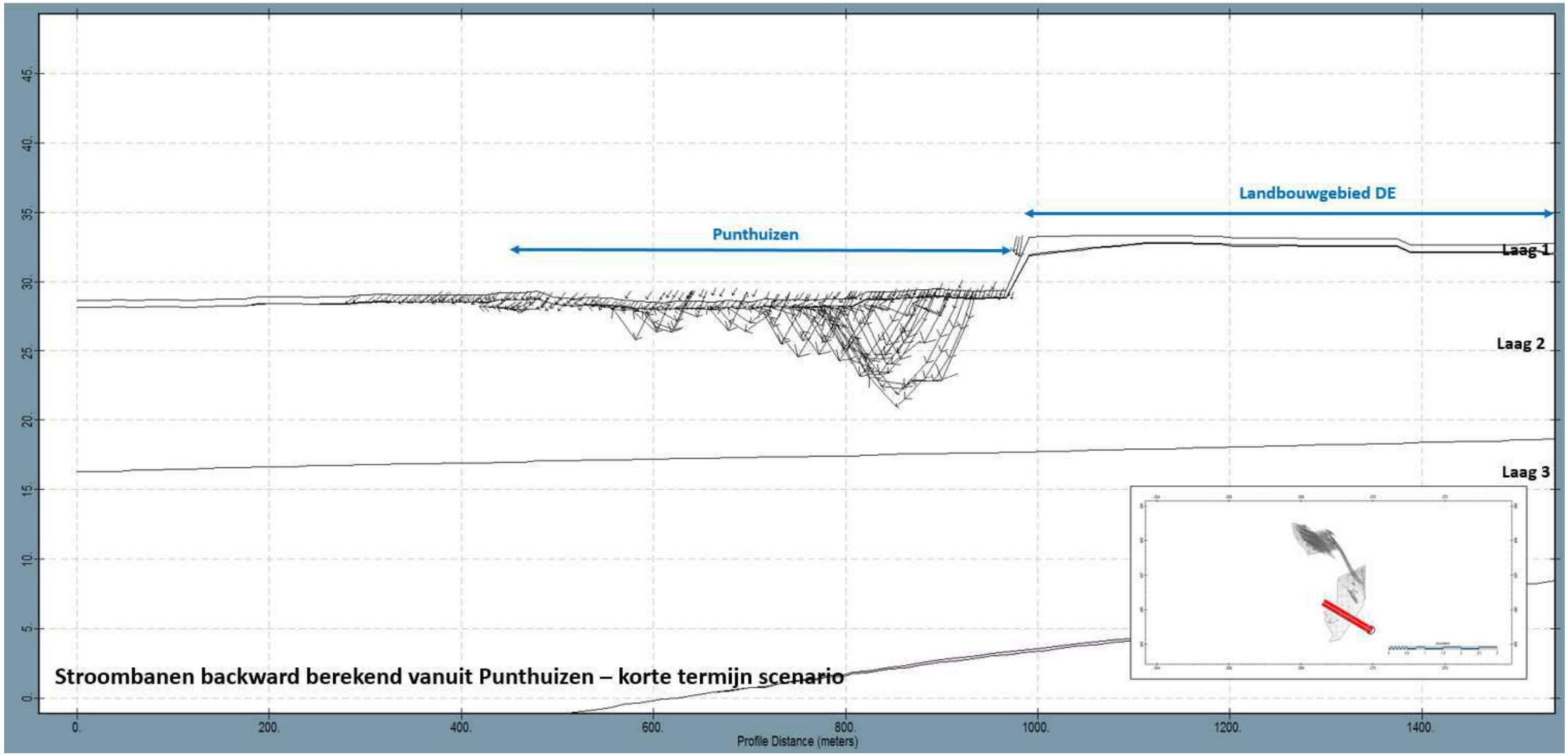
Stroombanen backward berekend vanuit Beuniger Achteveld – huidige situatie



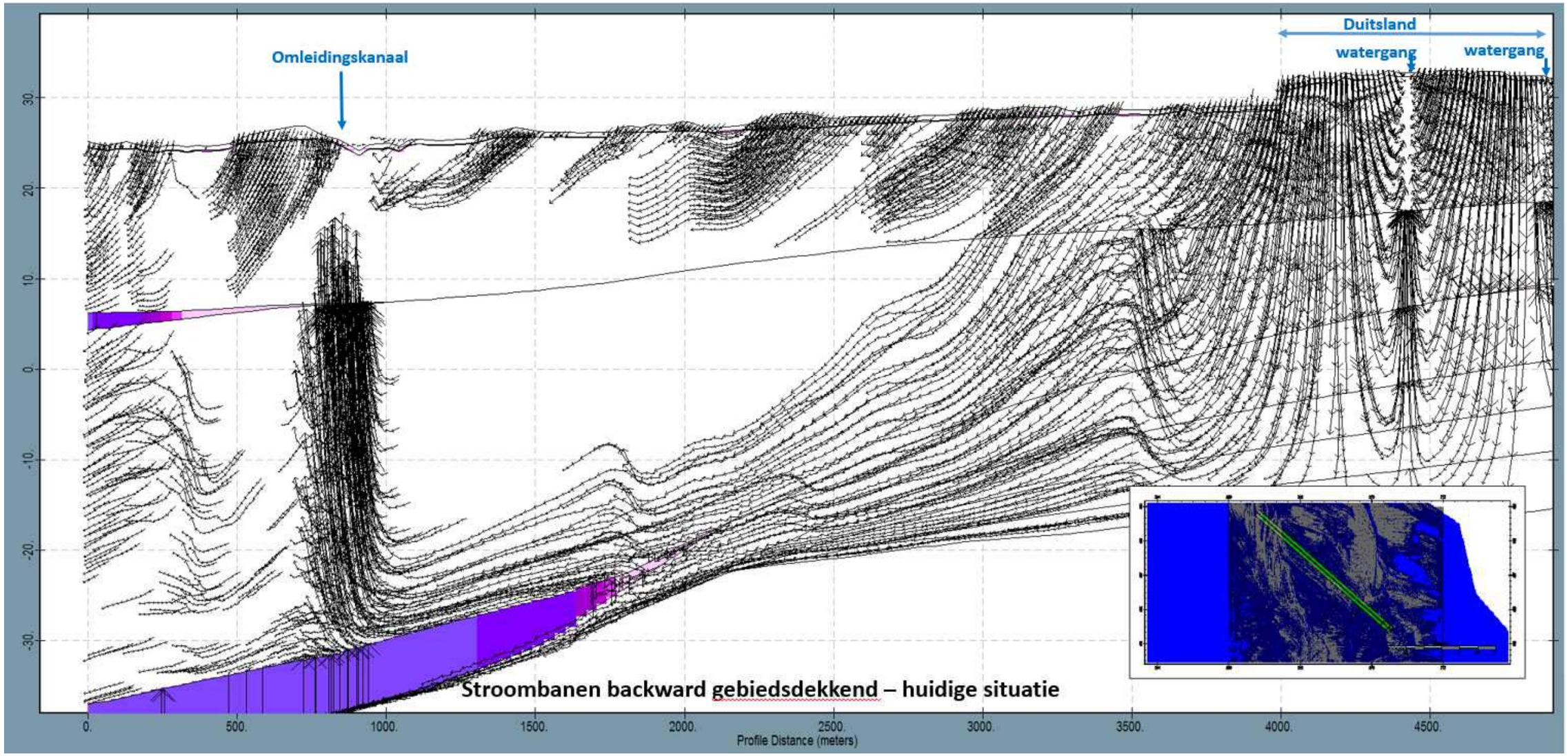
Stroombanen backward berekend vanuit Beuniger Achteveld – korte termijn scenario



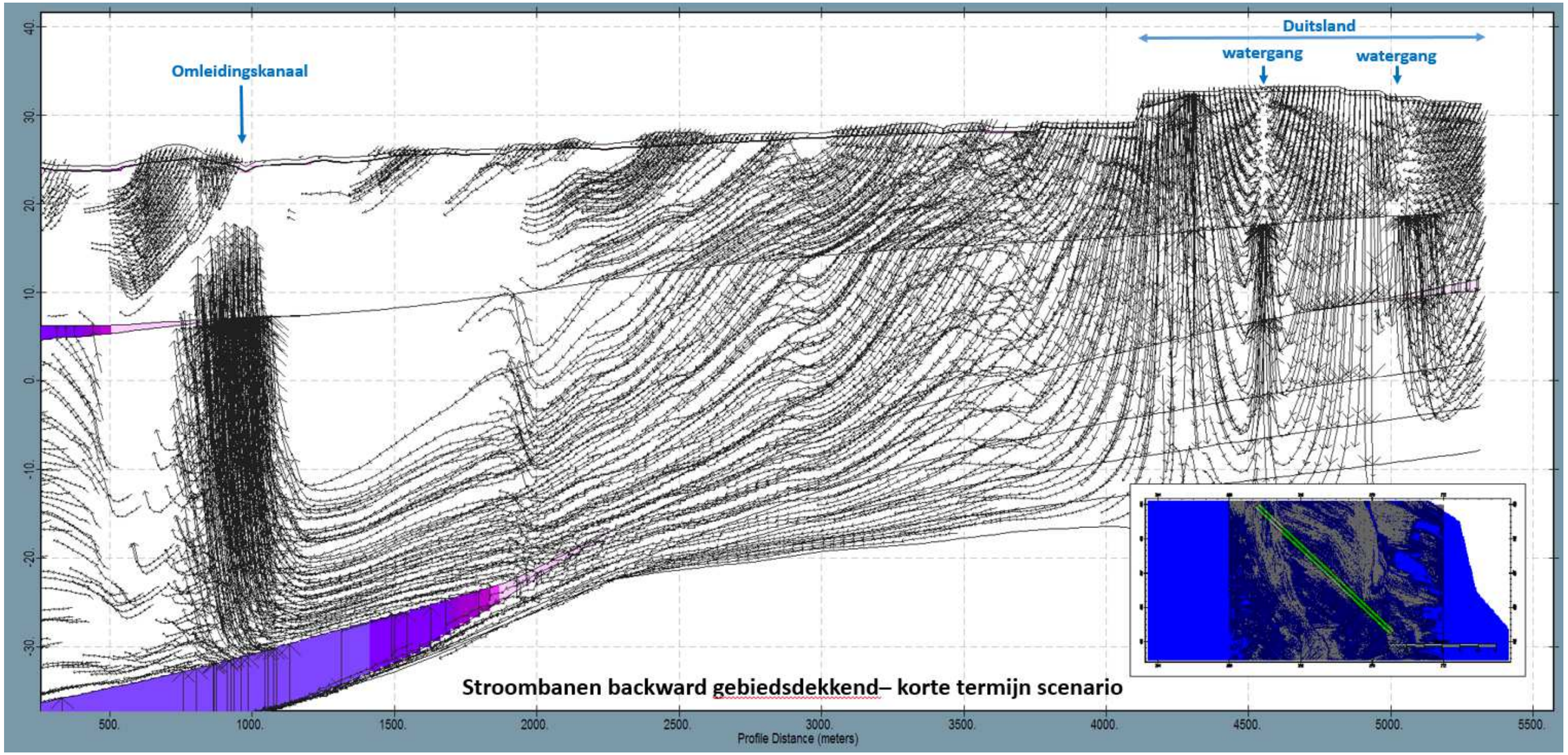
Stroombanen backward berekend vanuit Punthuizen – huidige situatie



Stroombanen backward berekend vanuit Punthuizen – korte termijn scenario



Voor gebiedsdekkende stroombanen is het moeilijk om goede dwarsdoorsneden te maken, omdat stroombanen in verschillende lagen net een andere richting op stromen en uit de dwarsdoorsnede verdwijnen. Hierdoor krijg je witte plekken waarbij het lijkt alsof de stroombanen hier stoppen, maar dit is niet het geval. Ze stromen als het ware aan de zijkanten uit de dwarsdoorsnede.



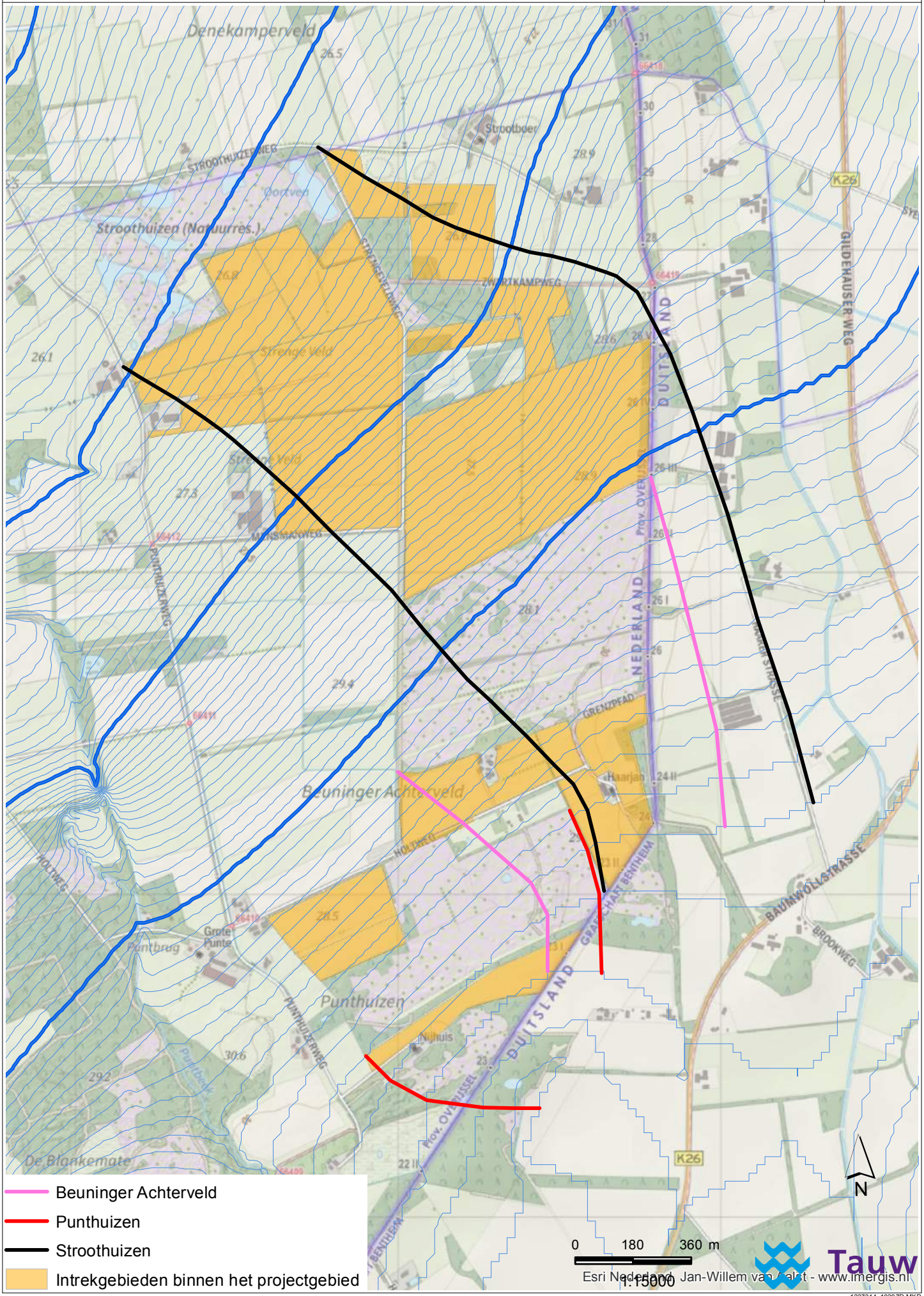
Voor gebiedsdekkende stroombanen is het moeilijk om goede dwarsdoorsneden te maken, omdat stroombanen in verschillende lagen net een andere richting op stromen en uit de dwarsdoorsnede verdwijnen. Hierdoor krijg je witte plekken waarbij het lijkt alsof de stroombanen hier stoppen, maar dit is niet het geval. Ze stromen als het ware aan de zijkanten uit de dwarsdoorsnede.

Bijlage

8

Isohypsenkaarten met afgeleide intrekgebieden

Intrekgebieden op basis van isohypsen GLG



Bijlage

9

Analyse-impact Brørup-laag op effectberekeningen

Tauw

Notitie

Contactpersoon Margrietha Bor

Datum 27 oktober 2017

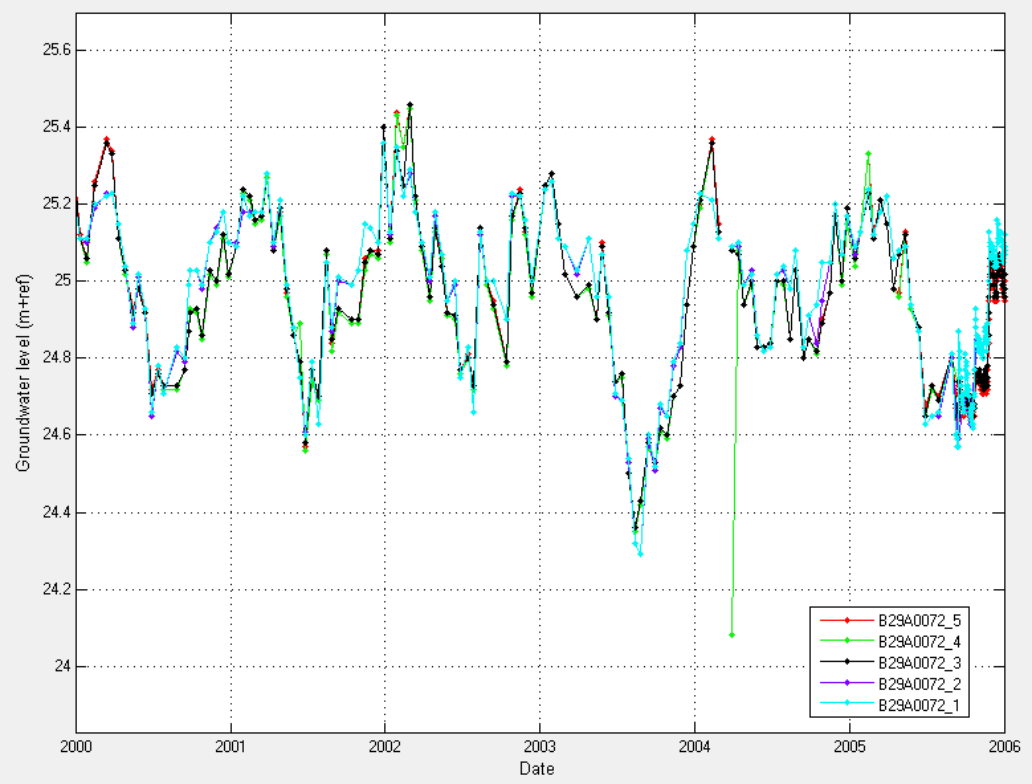
Kenmerk N015-1237344BMP-evp-V01-NL

Analyse impact Brørup-laag op effectberekeningen

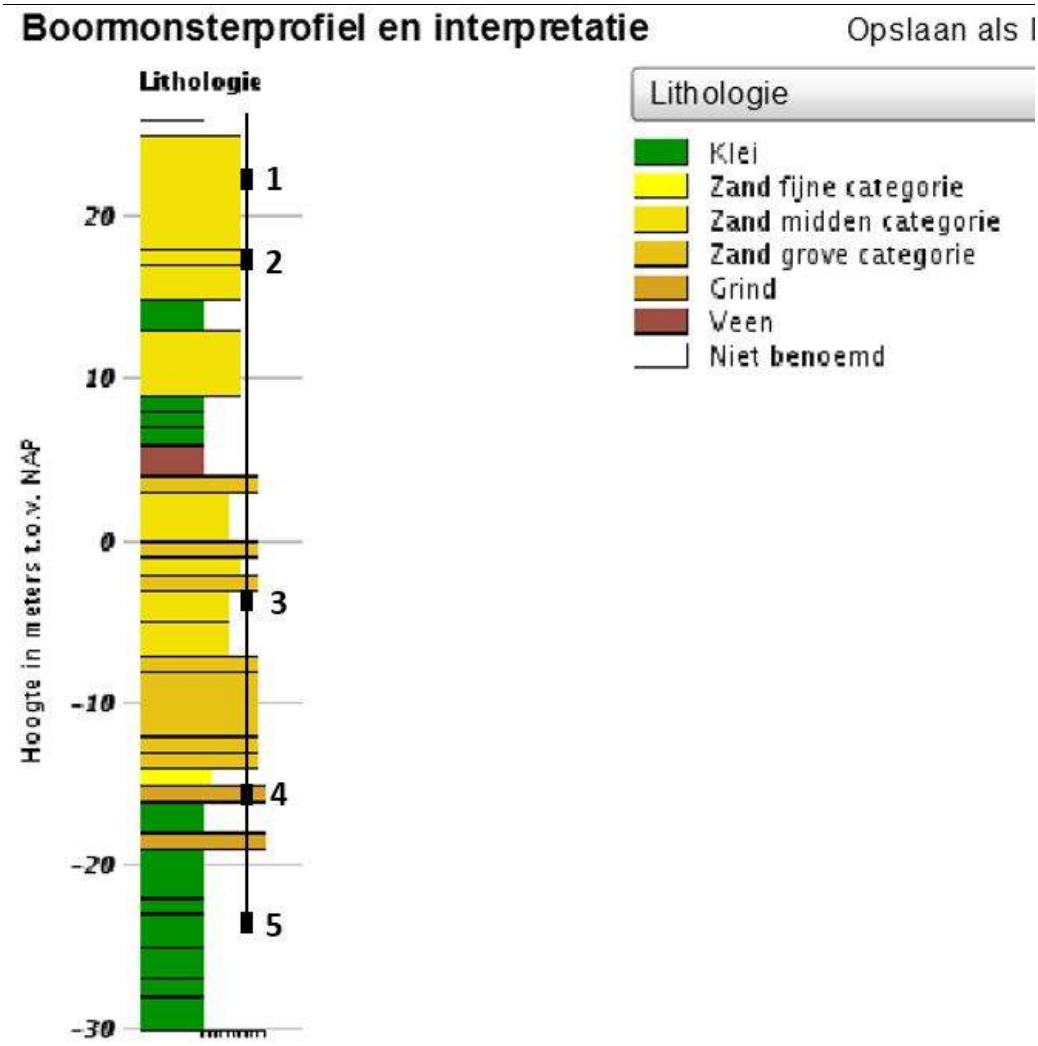
Omdat er niet bekend is of de Brørup-laag voorkomt in het onderzoeksgebied, is geprobeerd op basis van beschikbare gegevens te beredeneren wat de impact is van deze laag op de effectberekeningen.

1.1 Peilbuis B29A0072

Aan de noordzijde van Stroothuizen bevindt zich de peilbuis B29A0072 met vijf filters. In figuur 1.1 zijn de gemeten stijghoogten weergegeven. Figuur 1.2 toont het boorprofiel met daarin de filters weergegeven.



Figuur 1.1 Gemeten tijdstijghoogten peilbuis B29A0072



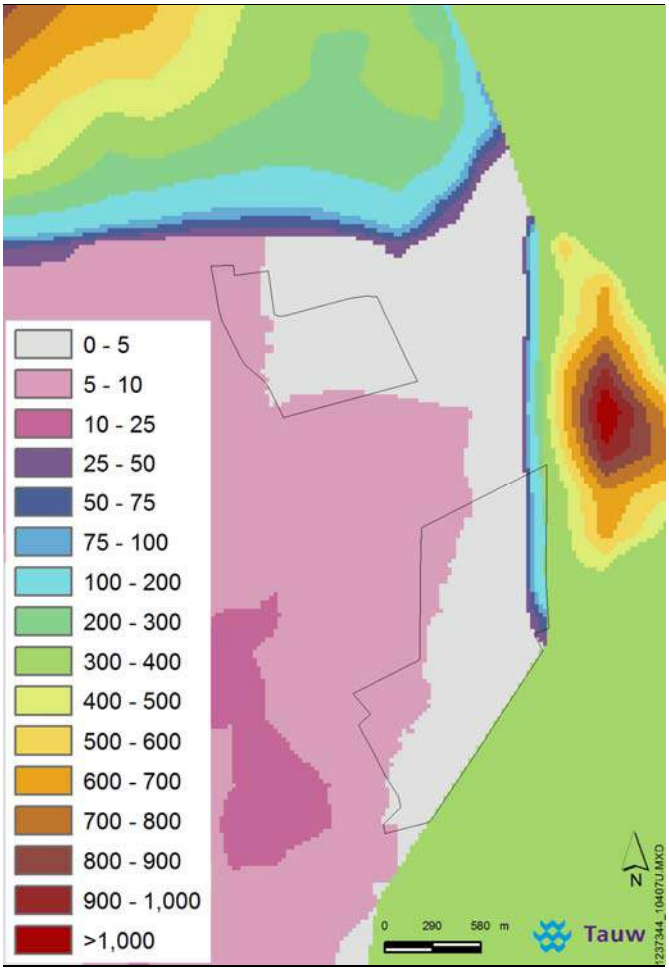
Figuur 1.2 Boorprofiel B29A0072 met de diepte van de filters

Uit figuur 1.1 blijkt dat er geen significant verschil is in de gemeten stijghoogten in de verschillende filters. Slechts in (zeer) natte winterperioden is kortdurend sprake van kleine stijghoogteverschillen tussen diepere en ondiepe filters. Hieruit wordt afgeleid dat er geen grote weerstand tussen de filters kan zitten. In het boorprofiel worden er tussen de ondiepe filters (1 en 2) en de diepere filters (3,4 en 5) wel klei- en veenlagen beschreven. Gezien de dikte van de weergegeven scheide lagen (voornamelijk klei) zal de weerstand van deze lagen grofweg zo'n 10.000 dagen (maximaal) bedragen. Dat maakt dat met deze stijghoogteverschillen de interactie op deze locatie (kwel/infiltratie) beperkt zal zijn.

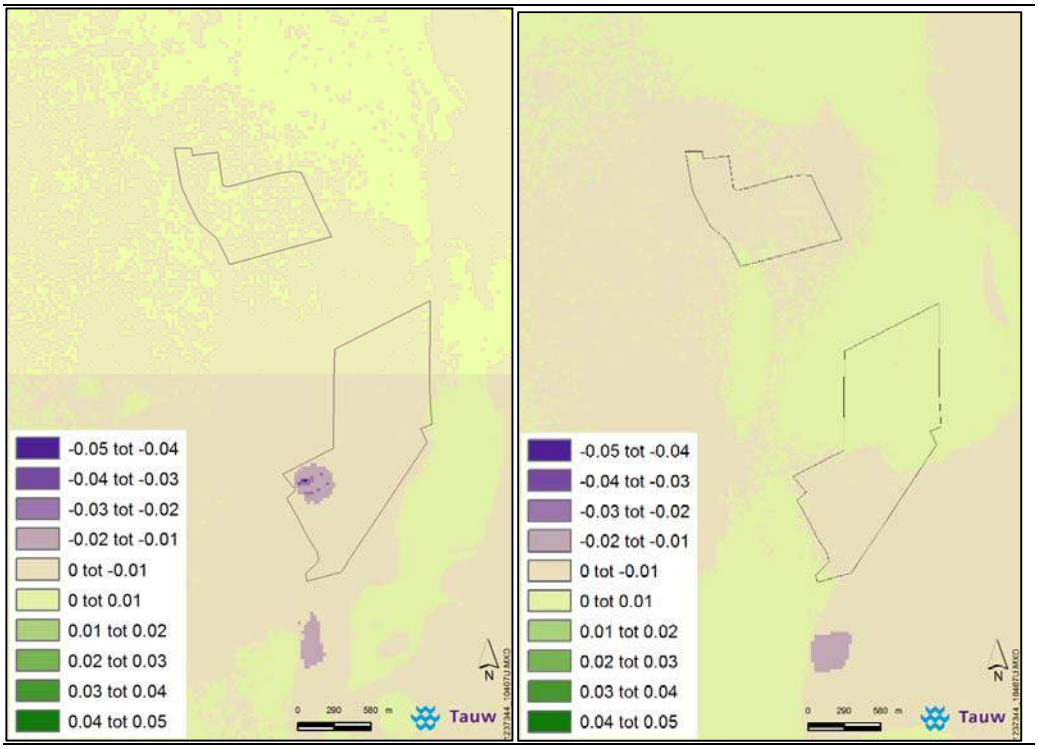
Waarschijnlijk is de verbreiding van deze klei/veenlagen beperkt omdat deze lagen niet overal zijn aangetroffen en dikte, verbreiding en samenstelling gezien de geologische ontstaansgeschiedenis (kustafzetting) sowieso variabel zullen zijn. Dat maakt dat de invloed van deze kleilaag op de grondwaterstroming (kwel, infiltratie) beperkt. De kwel die uittreedt in Stroothuizen komt is bovendien niet afkomstig van onder de Brørup-laag (zie 1.3 en bijlage 8, stroombaanberekeningen).

1.2 Effectberekening uitbreiding Brøruplaag in Duitsland

Om te onderzoeken of het noodzakelijk is om de c2 aan te passen ten behoeve van de effectberekeningen is een modelrun uitvoert met de c2 in figuur 2.17 van het hoofdrapport en één waarbij de hogere weerstand zich uitstrekt in het hele gebied waarvoor de Duitse boringen bevestigen dat hier een klei/veenlaag voorkomt. Het resultaat hiervan van figuur 1.3. Het verschil tussen de effecten met de originele c2 en de aangepaste c2 is weergegeven uit figuur 1.4. Het verschil tussen de effecten op de GHG en GLG van de korte termijn maatregelen is kleiner dan 5 cm en dus verwaarloosbaar. De uitbreiding van de Brøruplaag in Duitsland heeft dus geen effect op de uitkomst van de effectberekeningen. Dat is te verklaren door het feit dat de maatregelen beperkt blijven tot het freatisch pakket (aanpassingen in het oppervlaktewatersysteem) en het feit dat de verbreiding en weerstand van de Brørup-laag beperkt is.



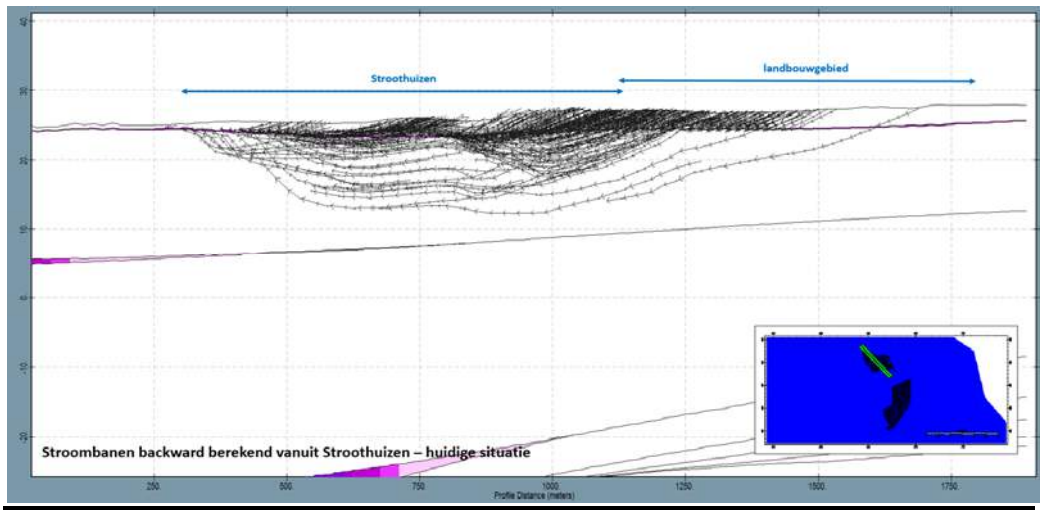
Figuur 1.3 Aangepast verbreiding c2 (Brørup-laag)



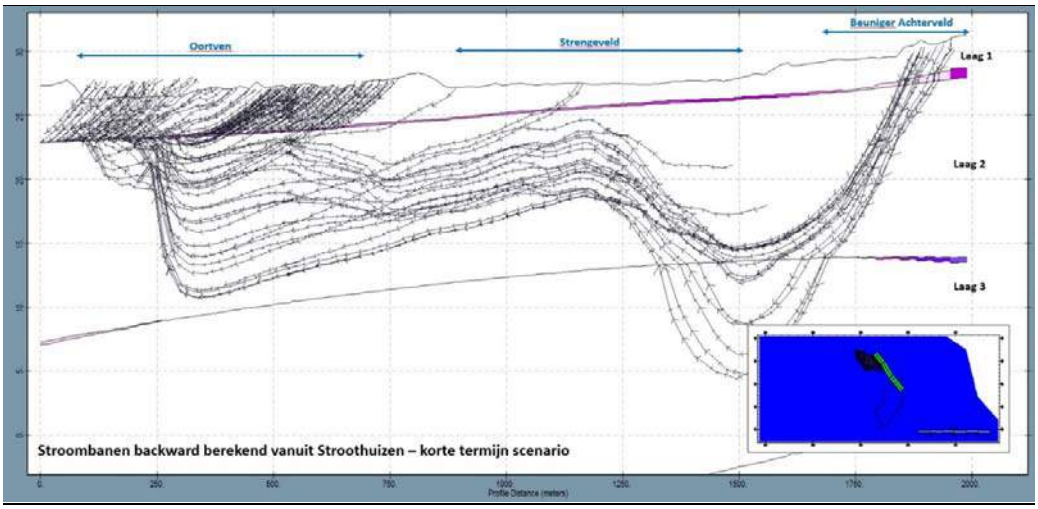
Figuur 1.4 Verschil in berekend effect met en zonder uitbreiding c2 in Duitsland (links=GHG, rechts=GLG)

1.3 Dwarsdoorsneden

In bijlage 8 zijn er verschillende dwarsdoorsneden met stroombanen weergegeven. Uit deze dwarsdoorsnede blijkt dat het overgrote deel van de stroombanen niet dieper komen dan modellagen 1 en 2. Hieruit kan worden afgeleid dat er vrijwel geen interactie is met de lagen onder de c2 (Brørup-laag). Een voorbeeld voor Stroothuizen is weergegeven in figuur 1.5. Een uitzondering hierop is weergegeven in figuur 1.6. Hierin is te zien dat een deel van de stroombanen afkomstig uit het Beuniger Achterveld in modellaag 3 komen en vervolgens weer opkwellen. Er zijn echter geen uit diepe boringen in Dinoloket en Duitsland aanwijzingen dat de Brørup-laag ook hier aanwezig is. Dit is vooral rondom Stroothuizen het geval.



Figuur 1.5 Stroombanen naar Stroomhuizen (centrale slenk) huidige situatie



Figuur 1.6 Stroombanen naar Stroomhuizen (Oortven) en Strengeveld in het korte termijn scenario

1.4 Conclusie

Op basis van de bovenstaande paragrafen worden geconcludeerd dat de impact van Brørup-laag (indien aanwezig) naar verwachting zeer beperkt is.

Uit metingen, een gevoeligheidsanalyse op de weerstand van de c2 in het model en de berekende stroombanen blijkt dat de Brørup-laag niet of nauwelijks effect heeft op het stijghoogteverloop, geen effect heeft op de voor Stroothuizen relevante grondwaterstroming (stroombanen, kwel/infiltratie) en geen effect heeft op de effectberekeningen (grondwaterstanden).

Bovendien zijn er slechts zeer beperkt diepe boringen beschikbaar waardoor onduidelijk wat de werkelijke verbreiding en weerstand van de Brørup-laag is. Er is dus geen of onvoldoende informatie voorhanden om aanpassingen te doen aan in het model die meer recht doen aan de werkelijke verbreiding van weerstand van de Brørup-laag.

Bijlage 7

Analyse van actuele en vereiste kwelfluxen voor basenminnend habitattypen in Stroothuizen en Punthuizen

(KWR, 2017b)

KWR 2016.115 | Juli 2017

Analyse van actuele en vereiste kwelfluxen voor basenminnende habitattypen in Stroothuizen en Punthuizen

KWR
Watercycle
Research
Institute

Analyse van actuele en vereiste kwelfluxen voor basenminnende habitattypen in Stroothuizen en Punthuizen

KWR 2016.115 | December 2016

Opdrachtnummer
401655

Projectmanager
Dr. Edu Dorland

Opdrachtgever
Staatsbosbeheer

Kwaliteitsborger
Prof. dr.ir. J.P.M.. Witte

Auteurs
Drs. C.J.S. Aggenbach & dr. Ir. D.G. Cirkel

Verzonden aan
Staatsbosbeheer

Jaar van publicatie
2017

Meer informatie
Drs. Camiel Aggenbach
T +31 6 22379320
E camiel.aggenbach@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

Watercycle Research Institute

KWR 2017.115 | Juli 2017 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

Inhoud **2**

1 Aanleiding en doel 3
1.1 Probleemstelling 3
1.2 Vraagstelling 3
1.3 Aanpak 3

2 Toestand basenhuishouding 9
2.1 Toestand en trends van zuurgraad en basenverzadiging 9
2.2 Ontwikkeling van voorraad organische stof en basenvoorraad in relatie tot basenverzadiging: een balans met twee-dimensies 14
2.3 Invloed verzuringscapaciteit op zuurgraad en basenrijkdom 17
2.4 Basenrijkdom van het toestomende en ondiepe grondwater 19

3 Kwantificering actuele, vereiste en toekomstige kwelfluxen 30
3.1 Analyse op basis van balansen van basen 30
3.2 Modellering kwel- en basenfluxen met SWAP 33

4 Synthese 52
4.1 Beantwoording van de vragen 52
4.2 Aanbevelingen 57

5 Referenties 58

Bijlage I SWAP modellen bodemschematisatie **59**

1 Aanleiding en doel

1.1 Probleemstelling

In het kader van de PAS-gebiedsuitwerking van de natuurterreinen Punthuizen en Stroothuizen is het nodig te bepalen of de effecten van maatregelen voldoende zijn voor het behalen van de instandhoudingsdoelen voor habitattypen. Toetsing van de ecologische vereisten maakt daar uiteraard onderdeel vanuit. Daarbij is het wenselijk om inzicht te krijgen in de basenverzadiging van de bodemtoplaag en kwelflux van basenrijk grondwater in beide natuurgebieden.

Uit vegetatiekartteringen in 2001 en 2010 (Pranger & Tolman 2011) blijkt dat vegetatietypen van relatief zure, basenarme standplaatsen in Stroothuizen zich voor een groot deel handhaven. In Punthuizen handhaven zich ook basenrijke vormen van het blauwgrasland en hier heeft het blauwgrasland zich ten koste van nattere slenkvegetatie uitgebreid. Dit laatste is een gevolg van meer drogere jaren in de periode 2001 en 2010. De basenminnende vegetatietypen in Stroothuizen vertonen echter een achteruitgang na de herstelmaatregelen die in 1988 en 1994 zijn uitgevoerd en deze ontwikkelen zich naar zuur kleine zeggenmoeras en Hennegrasruigten (Aggenbach & Jansen 2004; Pranger & Tolman 2011). Herstel van invloed van voldoende basenrijke kwel wordt daarom als grootste uitdaging gezien voor een duurzame instandhouding van basenminnende habitattypen. Daarmee is het kwantificeren van kwelfluxen van belang voor het uitwerken van de maatregelen en effecten op perceelniveau. Staatsbosbeheer vraagt daarom aan KWR om te analyseren of de huidige aanvoerflux van basen door kwel voldoende is in de huidige situatie en in de toekomstige situatie na uitvoering van maatregelen in de waterhuishouding.

1.2 Vraagstelling

Staatsbosbeheer heeft de volgende vragen:

1. Hoe is toestand van de huidige basenverzadiging en zuurbuffercapaciteit?
2. Hoe heeft de basenverzadiging en zuurbuffercapaciteit zich in de afgelopen jaren ontwikkeld? (detail afhankelijk van de lengte van de opgebouwde reeks)
3. Wat is de waterkwaliteit van het kwellende grondwater ter plaatse?
4. Hoe groot is benodigde kwelflux om die basenverzadiging op peil te brengen en te houden voor instandhouding van basenminnende habitattypen?
5. Is een schatting te maken van de huidige en toekomstige kwelflux? Zo ja, hoe groot is deze en hoe betrouwbaar is de schatting?
6. Zijn de voorgenomen maatregelen voldoende voor duurzame instandhouding van de habitattypen?

1.3 Aanpak

Te analyseren locaties

Omdat de aanpak gebaseerd is op meetgegevens van grondwaterchemie, bodemchemie en grondwaterstand worden in dit onderzoek specifieke locaties in Stroothuizen en Punthuizen geanalyseerd (Tabel 1-1). Dit betreft locaties waar in het kader van EGM/OBN en promotieonderzoek de chemie is gemeten en vegetatie is opgenomen. In het kader van EGM/OBN onderzoek (Aggenbach & Jansen 2004) zijn aan betreffende locaties doelvegetatietypen toegekend op basis van eerdere hydro-ecologische systeemanalyse en verwachtingen over de te nemen maatregelen ten einde de toenmalige maatregelen te kunnen evalueren op herstelsucces. In de tabel worden deze doeltypen vermeld inclusief het corresponderende habitattype. Tevens is bekend welke vegetatietypen in de

huidige situatie voorkomen, zodat inzichtelijk is op welke locaties het doelvegetatietype wel en niet is gerealiseerd.

De meetreeksen van de genoemde onderzoeken beslaan een periode van 1989 t/m 2009 en bieden daarmee een unieke en uitgelezen kans om de invloed van kwelfluxen op de basenhuishouding kwantitatief te analyseren. Een van de analyses voeren we uit met het model voor stroming van water in de bodem SWAP. Voor de analyse met SWAP is het noodzakelijk locaties te selecteren met waterstandsreeksen van stijghoogten in het freatische pakket en van de freatische stand. Het opstellen van SWAP-modellen die betrouwbaar kwelfluxen kunnen berekenen vergt tevens meerjarige reeksen van voldoende meetfrequentie en kwaliteit. Deze eisen beperkten sterk het aantal met SWAP te modelleren locaties. In Tabel 1-1 staat een overzicht van de locaties met hun doelvegetatietypen en welke vegetatie zich heeft ontwikkeld. Omdat de ontwikkeling van de basenhuishouding niet alleen door de kwelflux c.q. flux van basische kationen wordt bepaald, maar ook door opbouw van organische stof in de bodem, is ook onderscheid gemaakt in locaties met een oude bodem (enkele decennia of ouder) en locaties met een geplagde of afgegraven bodem. De ligging van de locaties is weergegeven in Figuur 1-1 en Figuur 1-2.

Naast locaties met een relatief basenrijk vegetatiedoeltype (P5, P15, S1 t/m S6, S19) zijn ook bewust enkele locaties geselecteerd met (relatief) basenarme doeltypen (P9, P12 en S10). Dit is gedaan om controle te hebben op of kwelfluxberekeningen duidelijk verschillen voor locaties waar basenrijke kwel en waar infiltratie van neerslagwater/ basenarm oppervlaktewater wordt verwacht op grond van systeemanalysen van Stroothuizen (Jansen & Aggenbach 1991) en Punthuizen (Jansen 1996).

Tabel 1-1: Overzicht van de geanalyseerde meetlocaties in Stroothuizen en Punthuizen. Betekenis kleuren bij doelvegetatietypen: blauw = basenminenend natuurdoeltype, oranje = zwak gebufferd doeltype. Betekenis kleuren bij vegetatie gerealiseerd: groen = doeltype gerealiseerd, oranje = doeltype niet gerealiseerd, maar wel basenminnende vegetatie; rood = doeltype niet gerealiseerd.

Gebied	locatie: locale code (gebruikt in dit rapport)	DINO code peilbuis-locatie	SBB code peilbuislocatie	geplagd	Doeltype vegetatie (tussenhaakjes corresponderend habitattype)	Vegetatie actueel	Analyse chemie	Model-lering SWAP
Punthuizen	P5	B29C0245	PU77155201B005	1988	Cirsio-Molinietum parnassietosum (H6410 Blauwgraslanden)	2009: Cirsio-Molinietum parnassietosum	J	J
	P9	B29C0249	PU77155201B009	1988	Eleocharitetum multicaulis (H3130 Zwakgebufferde vennen)	2002: Eleocharitetum multicaulis	J	J
	P12	B29C0252	PU77155201B012	begin jaren 80	Eleocharitetum multicaulis (H3130 Zwakgebufferde vennen)	2012+2009: Eleocharitetum multicaulis	J	
	P15	B29C0255	PU77155201B015	niet	Cirsio-Molinietum parnassietosum (H6410 Blauwgraslanden)	2009+2009+2012: Cirsio-Molinietum parnassietosum	J	J
Stroothuizen	S1	B29A0191	ST77155210B001	1988	Cirsio-Molinietum (H6410 Blauwgraslanden)/ Caricion davallianae	2006: Carion curtae-Agrostietum caninae met veel Sphagna	J	
	S2	B29A0192	ST77155210B002	1988	Cirsio-Molinietum (H6410 Blauwgraslanden)/ Caricion davallianae	2002+2009: RG Calamagrostis cannescens [Parvocaricetea]	J	J
	S3	B29A0193	ST77155210B003	niet	Cirsio-Molinietum (H6410 Blauwgraslanden)/ Caricion davallianae	2002: Carion curtae-Agrostietum caninae typicum	J	
	S5	B29A0195	ST77155210B005	1994	Samolo-Littorietum (H3130 Zwakgebufferde vennen)	2002: Pilularietum globuliferae/ 2009: RG Carex rostrata [Littoreletea]	J	
	S6	B29A0196	ST77155210B006	1994	Cirsio-Molinietum (H6410 Blauwgraslanden)/ Caricion davallianae	2009: RG Calamagrostis cannescens [Parvocaricetea]	J	J
	S10	B29A0200	ST77155210B010	1994	Scirpetum fluitantis/ Eleocharitetum multicaulis (H3130 Zwakgebufferde vennen)	2002+2009: Eleocharitetum multicaulis	J	
	S19	B29A0208	ST77155210B019	1994	Samolo-Littorietum (H3130 Zwakgebufferde vennen)	2002: Carion curtae-Agrostietum caninae	J	

Figuur 1-1: Ligging van de geanalyseerde locaties in Stroothuizen. Satelietbeeld is gemaakt int 2005 (Google Earth).

Figuur 1-2: Ligging van de geanalyseerde locaties in Punthuizen. Satelietbeeld is gemaakt in 2005 (Google Earth).

Chemische toestand

Aanpak van de vragen:

1. Hoe is de huidige basenverzadiging en zuurbuffercapaciteit?
2. Hoe heeft basenverzadiging en zuurbuffercapaciteit zich in de afgelopen jaar zich ontwikkeld?
3. Wat is de waterkwaliteit van het kwellende grondwater ter plaatse?

Gegevens:

- Evaluatie van bestaande data KWR: EGM/OBN-meetreeksen van Stroothuizen en Punthuizen aangevuld met data van het promotie-onderzoek van Camiel Aggenbach; Daarvoor zijn van de volgende perioden (jaartal) gegevens gebruikt: voor locatie S1 1990-2002, voor locatie S2+P5 1990-1999, voor locatie S3 1990-1999, voor locatie S6 1999-2009, voor locatie S19 1996-2009 en voor locatie P15 1993-2009.
- Waar mogelijk aanvullen met meetgegevens uit verdrogingsmeetnet provincie. Voor Stroothuizen zijn de twee meetpunten uit het verdrogingsmeetnet niet bruikbaar voor dit onderzoek omdat het zure heiden betreft. Voor Punthuizen is een meetpunt gesitueerd in blauwgrasland en de eenmalige opname zal als aanvullende informatie worden gebruikt op een meetreeks uit het OBN-onderzoek.

Werkwijze:
Er wordt gekeken naar de trend en meest recente toestand van basenverzadiging, basenvoorraad, pH en organische stof voorraad in de toplaag van de bodem. We beschouwen niet alleen de basenverzadiging en pH, maar ook de basenvoorraad, omdat daarmee inzicht ontstaat in hoeverre oplading dan wel uitloging van basen optreedt. De ontwikkeling van organische-stofvoorraad wordt ook geanalyseerd omdat opbouw dan wel afbraak van organische stof een grote rol speelt in de ontwikkeling van basenverzadiging en pH. Dit geldt zeker voor locaties die in het recente verleden zijn geplagd. Plaggen/ afgraven heeft juist in de potentieel basenrijke delen van Stroothuizen veel plaatsgevonden. Omdat de bodem doorgaans uit leem- en lutumarm zand bestaat is de kationadsorptiecapaciteit namelijk sterk afhankelijk van de hoeveelheid organische stof. In geval van opbouw van organische stof is aanvoer van basen nodig om de basenverzadiging van op voldoende hoog niveau te brengen. De trend en toestand worden geïnterpreteerd met behulp van inzichten uit het promotieonderzoek van Camiel Aggenbach. Voor het analyseren van basenverzadiging maken we ook gebruik van de ratio basische kationen/ organische stof als een proxy-variabele voor de basenverzadiging. Deze variabele heeft geen last van veelvoorkomende chemisch-analytische artefacten in de bepaling van de basenverzadiging op basis van klassieke berekeningen. Verder worden op basis van beschikbare gegevens de basenrijkdom en trends van het toestromende grondwater op een rij gezet.

Kwantificering actuele, vereiste en toekomstige kwelfluxen

Aanpak van de vragen:

4. Hoe groot is benodigde kwelflux om de basenverzadiging op peil te brengen en te houden voor instandhouding van basenminnende habitattypen?
5. Is een betrouwbare schatting te maken van de huidige en toekomstige kwelflux ? Zo ja, hoe groot is deze en hoe betrouwbaar is de schatting?

Gegevens:

- Meetgegevens uit de terreinen gelijk aan die van vraag 1 en 2; daarbij worden ook de beschikbare meetreeksen van de stijghoogte in het freatisch pakket en de freatische waterstand gebruikt.

Aanpak
De twee vragen voor kwantificering van kwelfluxen houdt de hydro-ecologie al lange tijd bezig. De grote belemmering bij het bepalen van kwelfluxen is dat 1) kwelfluxen zeer lastig zijn te kwantificeren met fysische metingen, zeker in terrestrische situaties, 2) in systemen met wisselende

waterstanden de kwelflux in de tijd sterk dynamisch is als gevolg van een in de tijd sterk variabele drainagebasis en 3) in terreinen met veel kleinschalig reliëf de kwelflux ruimtelijk sterk verschilt. Met de huidige kennis en technieken kunnen benodigde en actuele kwelfluxen alleen indirect worden geschat. We stellen voor om verschillende methoden toe te passen.

Analyse balansen van basen
Opstellen van een basenbalans van de bodemtoplaag voor diverse locaties waarvan meetgegevens beschikbaar zijn. In de balansberekening voor kwelflux wordt rekening gehouden met de concentratie basische kationen in het toestromende grondwater, de toename van de kationadsorptiecapaciteit door organische-stofaccumulatie, de afvoer van basen door maaibeheer (significante post!) en uitloging door verzurende atmosferische depositie. De snelheid van organisch-stofaccumulatie is gemeten in Stroothuizen en Punthuizen. Van de afvoerflux door maaien zijn geen metingen uit de terreinen beschikbaar. Voor een schatting van de afvoerflux gebruiken we beschikbare metingen uit vergelijkbare ecosystemen. De balansberekeningen worden uitgevoerd met aannames over organisch-stofaccumulatie, afvoer door maaien en atmosferische zuurdepositie voor zowel situaties met als zonder plaggen. Dit resulteert in een ondergrens voor de benodigde kwelflux.

Voor het bepalen van de actuele kwelflux kan op basis van bestaande meetreeksen van de basenbalans in de bodemtoplaag alleen een ondergrens voor de opgetreden kwelflux worden bepaald, omdat het mogelijk is dat er meer kwel (en dus basenflux) is opgetreden dan tot uiting komt in de dynamiek van basenvoorraad van de bodem. Een overmaat aan basenflux die niet wordt geadsorbeerd kan namelijk afgevoerd worden via afstroming over maaiveld. Verder kan op deze wijze de actuele kwelflux alleen bepaald worden voor locaties met accumulatie van organisch materiaal of in geval van een stabiele voorraad organische stof in bodems met een relatief lage basenverzadiging en die dus nog basen kunnen absorberen. Alleen dan kan de bodem de basenflux door kwel adsorberen. Al met al kunnen kwelfluxen via een benadering van de chemische balans in de bodem alleen een ondergrens schatten van de opgetreden kwelflux van basenrijk grondwater.

Modelellering kwel- en basenfluxen met SWAP
De beschikbare meetreeksen (waterstanden, grondwaterchemie, bodemchemie) uit Stroothuizen en Punthuizen lenen zich goed voor dynamische modellering met het verzadigde-onverzadigde zone model SWAP. Het gaat hierbij om een eendimensionaal model voor de toplaag, waarbij laterale fluxen via drainageformules worden verdisconteerd. Het SWAP model wordt geijkt op de gemeten grondwaterstanden in de gebieden. Daarbij wordt geprofiteerd van de parametrisering die eerder is uitgevoerd bij SWAP modellering van SBB-referentielocaties. Het SWAP model geeft een schatting van de waterbalanstermen en de dikte van de neerslaglens in de gebieden en daarmee ook een schatting van de actuele kwelflux. Voor zover mogelijk en relevant, wordt rekening gehouden met veranderingen in maaiveldhoogte door bodemvorming op geplagde locaties. De opgestelde SWAP-modellen geven inzicht in de temporele dynamiek van de waterbalanstermen en fluxen van basen en met scenarioanalyse is het ook mogelijk om de drainagebasis en stijghoogte te variëren ,wat inzicht geeft in de potentiele effectiviteit van inrichtingsmaatregelen. Voor de actuele situatie worden locaties in de (potentiele) kwelzone van basenrijk grondwater doorgerekend voor de periode waarvan grondwaterstandsmeetreeksen beschikbaar zijn. Voor de toekomstige situatie voeren we soortgelijke modeleringen uit waarbij de waterstand wordt verhoogd (aanpak 1). Daarbij worden waterstandsreeksen, die zijn berekend in scenario's van het regionale numerieke grondwatermodel, gebruikt als invoerreeks voor de gecalibeerde SWAP modellen. Een alternatief is om met aangepaste grondwaterstandsregimes te zoeken naar welk grondwaterstandregime nodig is voor voldoende herstel van de kwelflux in geval de hydrologische doorwerking van voorgenomen maatregelen onvoldoende bekend is (aanpak 2). Deze analyse geeft dan een handvat voor wat nodig is. Omdat in de aanbieding van dit onderzoek slechts één aanpak hebben aangeboden en aanpak 1 haalbaar was en geprefereerd werd door de opdrachtgever, is aanpak 2 niet uitgevoerd.

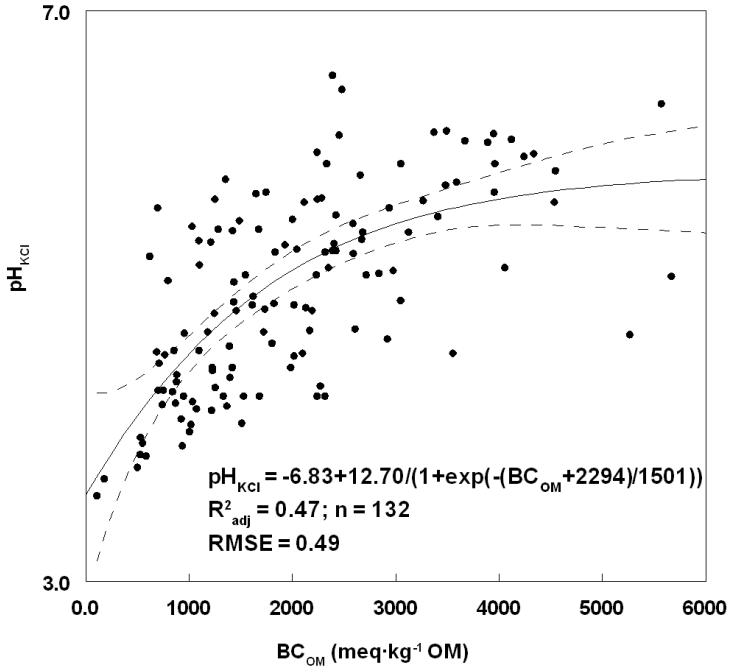
Synthese
Op basis van de verschillende onderdelen trekken we conclusies ten aanzien van benodigde en actuele kwelfluxen en geven we antwoord op de vragen. Daarbij beantwoorden we ook, zover mogelijk, de vraag of de voorgenomen maatregelen voldoende zijn voor de duurzame instandhouding

van de habitattypen. Tot slot zullen we ook aangeven welke onzekerheden er zijn ten aanzien van de actuele toestand, de evaluatie van actuele kwel- en basenfluxen, en het inschatten van de toekomstige situatie.

2 Toestand basenhuishouding

2.1 Toestand en trends van zuurgraad en basenverzadiging

Van de locaties worden de zuurgraad en basenverzadiging van de bodemtoplaag besproken. De bodemtoplaag bestaat uit de bovenste 10 cm van het minerale profiel en, indien die zich ontwikkelde, ook een laag van strooisel en wortels bovenop het minerale profiel. Voor de basenverzadiging wordt een proxyvariabele gebruikt die bestaat uit de ratio van de som van Ca, Mg, Na en K met het organische-stofgehalte. Deze ratio heeft het voordeel dat artefacten in de meting van H-uitwisselbaar en de CEC, die gebruikt worden voor berekening van de basenverzadiging, geen invloed hebben op de berekening van de ratio. Omdat het organische-stofgehalte in de zandige bodems hoofdzakelijk de kationuitwisselingscapaciteit bepaalt, kan deze ratio als maat voor basenverzadiging worden gebruikt (in meq/kg droge stof). Goed gehumificeerde organische stof heeft een ratio van ca. 3000 meq/kg DS ((Appelo & Postma 2005; Blume et al. 2010; Van Wesemael 1992). Een waarde van > 2000 meq/kg komt overeen met een hoge basenverzadiging, een waarde van 1000-2000 meq/kg met een matige basenverzadiging en waarde van <1000 meq/kg met een lage basenverzadiging. De bodem-pH wordt in kalkarme bodems sterk bepaald door de basenverzading. De ratio wordt verder aangeduid met de '***ratio BC/org.stof***'.



Figuur 2-1: De relatie van bodem pH met de ratio van basische kationen (Ca_Mg+Na+K) met organische stof in de bodemtoplaag van zandige bodems uit Twentse natuurreservaten en Middel- en Oostduinen (data KWR).

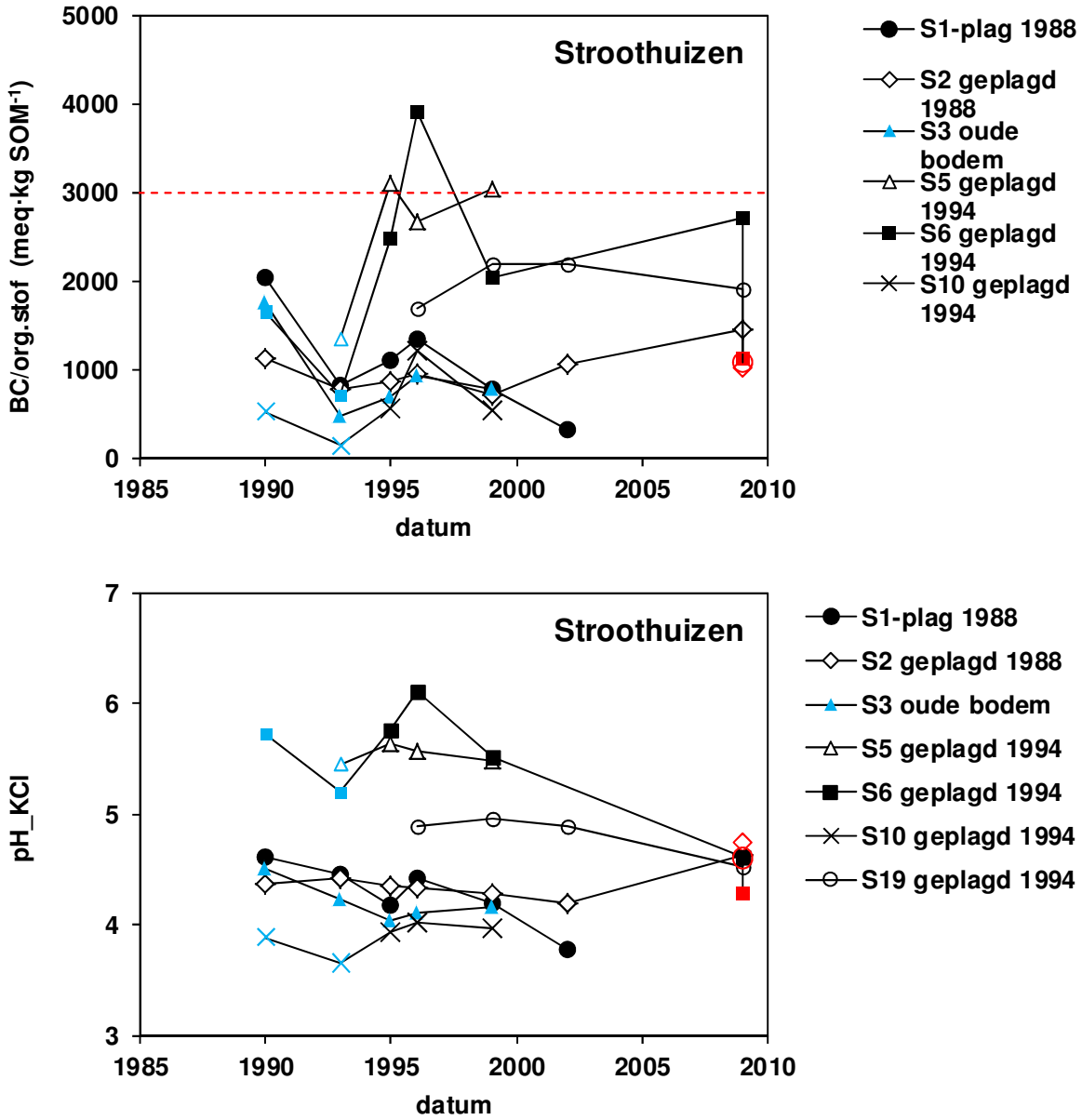
Stroothuizen

In Figuur 2-2 wordt de ontwikkeling van de ratio BC/org.stof en pH_KCl weergegeven. De niet geplagde locatie (S3) heeft een relatief lage ratio BC/org.stof en pH en beide nemen af. Bij de geplagde locaties zijn de trends variabel. De geplagde locatie S1 vertoont na het plaggen een duidelijke daling van de ratio BC/org.stof en pH tot lage waarden. Locatie S2 heeft lange tijd een matig hoge ratio BC/org.stof en pH. Beide nemen aan het eind van de tijdreeks iets toe. Bij locaties S5, S6 en S10 zijn voor het plaggen de ratio BC/org.stof in de minerale toplaag relatief laag. Bij S5 en S6 is de pH dan hoog en bij S10 laag. Bij S10 stijgen beide variabelen iets, maar blijven absoluut gezien laag. Bij S5 en S6 ontstaan juist na het plaggen hoge waarden voor de ratio BC/org.stof in de minerale toplaag. De pH is hier aanvankelijk ook nog vrij hoog, maar daalt bij S6 aan het eind. Locatie S19 in perceel Groener heeft na het plaggen een vrij constante matig hoge ratio BC/org.stof en een matig hoge pH die naar verloop van tijd iets daalt.

Een opvallend fenomeen bij de locaties S2, S6 en S19 is het ontstaan van een organische laag bestaande uit een wortelmat en strooisel boven op het minerale profiel. Deze laag werd aangetroffen in 2009 (15 tot 21 jaar na het plaggen). De ratio BC/ org.stof is lager dan die van de onderliggende minerale toplaag. Bij S6 is de pH ook iets lager dan de minerale toplaag. Blijkbaar is op betreffende locaties een organische laag met een lage basenverzadiging ontstaan. Deze laag ontstaat op de matig basenrijke locatie S2 en de locaties S6 en S19 waar de pH van de minerale laag daalt. Bij S2 en S6 gaat de ontwikkeling van de ectorganische laag samen met het ontstaan van een vegetatie gedomineerd door Hennegras. Bij S19 gaat dat samen met ontwikkeling van een zure kleine zeggenvegetatie (zie Tabel 1-1).

De meeste locaties hebben in 1993 een lage ratio BC/org. stof. Dit heeft enerzijds te maken dat dit onverzuurde plekken betreft die toen nog niet waren geplagd. Anderzijds betreft het twee in 1988 geplagde locaties waar de ratio BC/org. stof fluctueerde.

Samenvattend: met uitzondering van locatie S5 die slechts tot 1999 is onderzocht, handhaaft zich nergens een bodemtoplaag met een hoge basenverzadiging en pH. De locatie S5 had in 2002 als enige van de geanalyseerde locaties nog een zwak gebufferde vegetatie met Pilvaren (zie Tabel 1-1). In het laatste monitorjaar is locatie S6 wat betreft de minerale toplaag de meest basenrijke locatie, maar er heeft zich hier reeds een relatief basenarme, en zure organische laag gevormd.



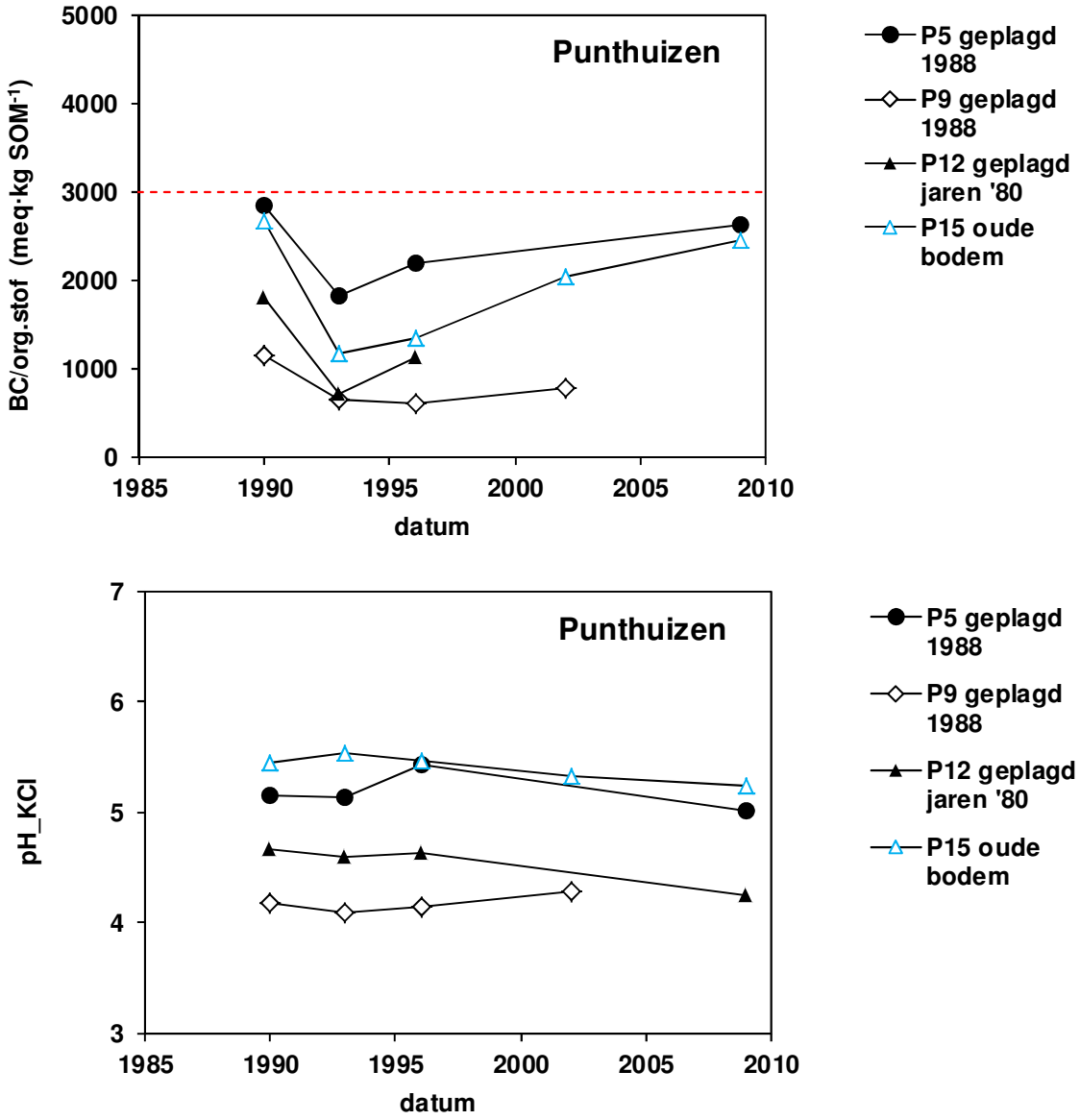
Figuur 2-2: Ontwikkeling van de basenverzadiging en de bodemzuurgraad (pH_KCl) van locaties in Stroothuizen. Als maat voor de basenverzadiging is de ratio van Ca+Mg+Na+K met organische stof genomen (BC/org.stof) Zwarte symbolen zijn metingen na het plaggen in de minerale toplaag (0-10 cm), blauwe symbolen zijn metingen voor het plaggen in de minerale toplaag (0-10 cm) en rode symbolen zijn metingen in de organische laag bovenop het minerale profiel die na verloop van tijd na het plaggen ontstaat. Grafiek boven: de rode stippelijn geeft de maximum CEC (3000 meq/kg) die bekend is van goed gehumificeerde organische stof.

Punthuizen

In Figuur 2-3 wordt de ontwikkeling van de ratio BC/org.stof en pH_KCl weergegeven.
De geplagde locaties P5 en net geplagde locatie P15 met het Cirsio-Molinietum parnassietosum hebben van de vier locaties de hoogste ratio BC/org.stof en pH. In 1993 en 1996 daalt de ratio BC/org.stof naar een matig niveau, maar herstelt zich daarna weer op een hoog niveau. Bij P15 was de tijdelijk dip het sterkst. De pH vertoont deze fluctuatie niet en daalt bij P15 licht aan het eind van de reeks. De locaties P9 en P12 zijn basenarmer en hebben een vegetatie die behoort tot het Eleocharitetum multicaulis. De niet geplagde locatie P12 heeft een matig hoge ratio BC/org.stof en pH die beide dalen. De geplagde locatie P9 heeft een dalende ratio BC/org.stof en lage vrij constante pH. Opvallend is de simultane dip van de ratio BC/org.stof die alle reeksen optreedt rond 1993-1996. De gelijktijdige stijging van de ratio BC/org.stof en gelijktijdige lichte daling van de pH sinds 1996 bij locaties P5 en P15 is ook opvallend.

Locatie P15 wordt ook gemonitord in het verdrogingsmeetnet van de Provincie Overijssel (Hommel & De Waal 2013; alias locatie PUN02). De metingen daarvan zijn niet in de grafieken opgenomen omdat toen voor bodemchemische bepalingen een afwijkende bodemhorizont is bemonsterd (5-25 cm i.p.v. 0-10 cm). In 2012 had deze locatie een pH op 5 cm diepte (in situ gemeten) van 4.7. Dat is een stuk lager dan de pH_H20 van 6.03 die in 2009 was gemeten. De pH in situ metingen in 2012 zijn echter uitgevoerd met pH-papiertjes die een structureel lagere waarde meten dan de pH_H2O in een extract. De in situ pH metingen zijn uitgevoerd tot een diepte van 125 cm en dat laat een met de diepte oplopend pH-profiel zien. Tussen 75 en 125 cm-mv worden pH waarden rond de 8 gemeten, wat duidt op de aanwezigheid van kalk. De ontkalkingsdiepte lijkt te zitten tussen 55 en 75 cm diepte. In 2012 is ook de pH_KCl gemeten in de bodemlaag van 5-25 cm. Deze bedraagt dan 6.0, wat hoger is dan de pH_KCl van 5.25 in 2009 gemeten in de 0-10 cm laag. De hogere waarde in 2012 kan te maken hebben met de bemonstering van een dikkere en diepere laag. In 2012 is de Ca-verzadiging (vermoedelijk berekend als 100*Ca-uitwisselbaar/CEC) hoog (96 %). Dit komt grofweg overeen met de hoge ratio BC/org.stof die in 2009 is gemeten.

Samenvattend: de locaties in de basenrijke zone van Punthuizen hebben een hoge, maar wel fluctuerende basenrijkdom. Deels is de bodem pH daar iets gedaald. De locaties in het lage deel van de slenk zijn relatief basenarm. Voor de simultaan optreden lage ratio BC/org. stof in 1993 is geen verklaring.



Figuur 2-3: Ontwikkeling van de basenverzadiging en de bodemzuurgraad (pH_KCl) van locaties in Punthuizen. Als maat voor de basenverzadiging is de ratio van Ca+Mg+Na+K met organische stof genomen (BC/org.stof). Zwarte symbolen zijn metingen na het plaggen in de minerale toplaag (0-10 cm), blauwe symbolen zijn metingen voor het plaggen en metingen in ongeplagde locaties in de minerale toplaag (0-10 cm). Grafiek boven: de rode stippelijn geeft de maximum CEC (3000 meq/kg) die bekend is van goed gehumificeerde organische stof.

2.2 Ontwikkeling van voorraad organische stof en basenvoorraad in relatie tot basenverzadiging: een balans met twee-dimensies

In deze paragraaf wordt de ontwikkeling van de basenverzadiging beschouwd in samenhang met de ontwikkeling van de organische stofvoorraad en voorraad basische kationen (Ca+Mg+Na+K) op het kationadsorptiecomplex in de bodemtoplaag. De bodemtoplaag bestaat uit de bovenste 10 cm van het minerale profiel en een eventuele organische laag die daarop is ontstaan.

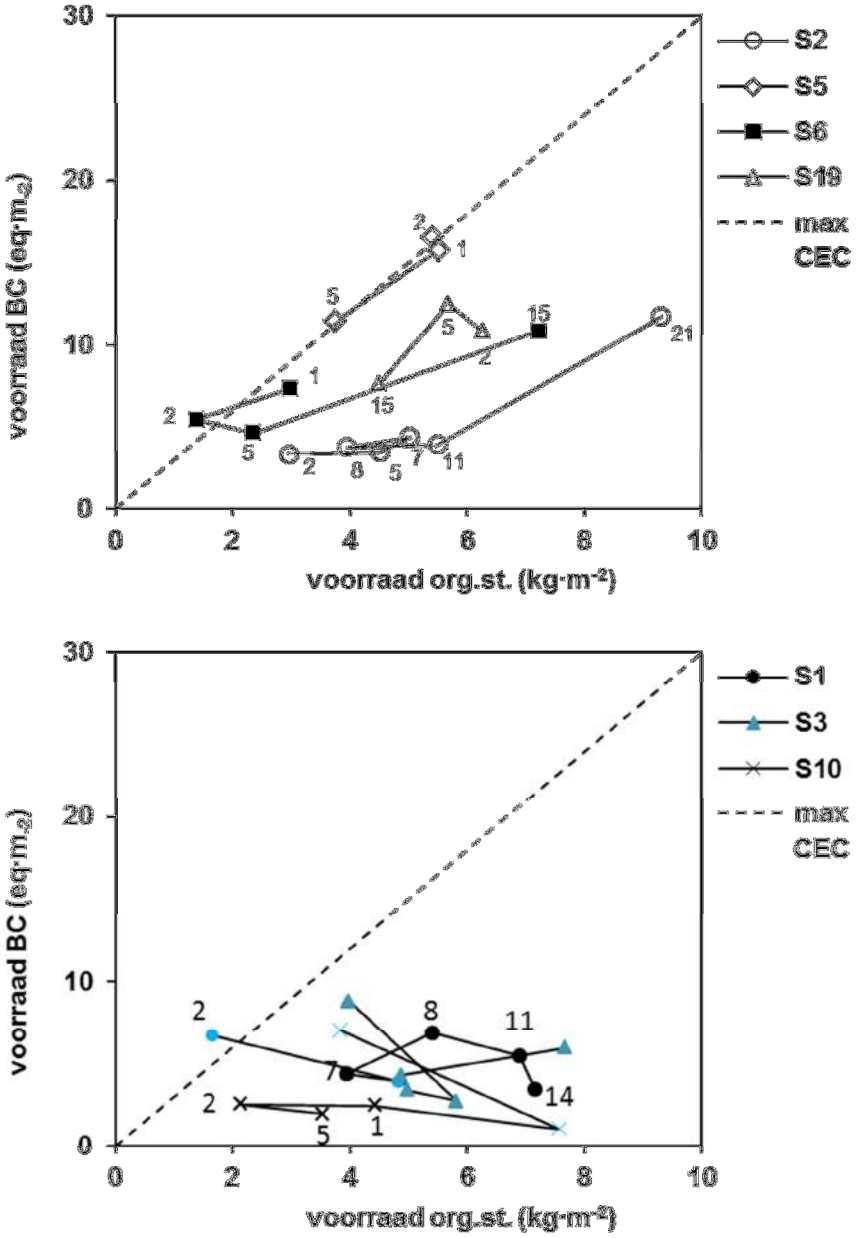
Stroothuizen

In Figuur 2-4 wordt de ontwikkeling van de voorraden organische stof en basische kationen weergegeven. Hieronder wordt de trends besproken in samenhang met het gemeten patroon van de basenverzadiging (ratioBC/org.stof in Figuur 2-2. De ontwikkelingen zijn zeer uiteenlopend:

- In de niet geplagde locatie S3 neemt de organisch-stofvoorraad toe, terwijl de basenvoorraad ongeveer gelijk blijft. De toename van de kationadsorptiecapaciteit (CEC) door bodemvorming wordt hier niet bijgehouden door de aanvoer van basische kationen door kwel. De basenverzadiging neemt daardoor af.
- Bij geplagde locatie S1 neemt na het plaggen de organisch-stofvoorraad netto toe. De voorraad basen fluctueert wat en blijft laag. Deze trends resulteren in een sterke daling van de basenverzadiging.
- Locatie S2 heeft voor het plaggen en na het plaggen een sterke toename van de organisch-stofvoorraad. De basenvoorraad blijf tot 11 jaar na het plaggen vrijwel gelijk en neemt daarna (jaar 1999) pas duidelijk toe. Deze trends resulteren in de minerale laag in een vrij constante basenverzadiging die alleen aan het in eind van de reeks wat toeneemt.
- Locatie S5 ligt met de voorraden organische stof en basen vlak na het plaggen op de CEC-grenswaarde van 3000 meq/kg en schuift langs deze lijn naar linksonder. Deze trend wordt veroorzaakt door afbraak van organische stof. Er treedt dan verlies van basen op omdat de CEC van de bodemtoplaag afneemt en door de hoge basenverzadiging geen extra basen kan adsorberen. Bijgevolg treedt via afvoer van water uitloging van basen op. Deze processen zorgen ook voor de aanwezigheid van grondwater met een hoog Ca en HCO3 gehalte ondiep in de bodem (Figuur 2-9). Ogenschijnlijk lithoclien grondwater (water dat een hoge Ca- en HCO3-concetratie heeft door oplossing van kalk) heeft hier dus niets te maken met aanvoer van basenrijk grondwater, maar met lokale biochemische processen in de bodem.
- Bij locatie S6 gebeurt aanvankelijk na het plaggen hetzelfde als in locatie S5. Het 2e jaar na het plaggen gaat echter weer accumulatie van organische stof optreden en neemt de basenvoorraad toe. Tijdens de afbraak van organische stof is de basenverzadiging zeer hoog, maar in de periode met organisch-stofaccumulatie neemt ze af omdat de CEC sterker toe neemt dan de aanvoerflux van basische kationen door kwel. De opeenvolging van processen verklaart waarom herstel van een hoge basenrijkdom niet duurzaam was.
- Locatie S10 heeft een soortgelijke ontwikkeling als S1, maar met het verschil dat na het plaggen eerst een sterke daling van de organisch-stofvoorraad optreedt. Blijkbaar resulteert het plaggen in een tijdelijke afbraak van de resterende humus. Omdat de basenvoorraad gedurende deze periode van afbraak gelijk blijft, neemt de basenverzadiging dan eerst iets toe. Daarna gaat organische stof accumuleren bij een gelijkblijvende basenvoorraad. Het gevolg is dat dan de basenverzading weer afneemt (Figuur 2-2).
- Locatie S19 heeft na het plaggen een geringe afname van de voorraad organische stof en basen. De basenverzadiging blijft hierdoor vrij hoog en constant. Zonder de afbraak van organische stof zou deze locatie verzuurd zijn. Dit proces resulteert ook in een uitloging van basen en daarmee verlies van zuurbuffercapaciteit. Ook gaan deze processen samen met de aanwezigheid van lithoclien grondwater in ondiep in de bodem (Figuur 2-11).

Samenvattend: alleen locaties S2 en S6 hebben een toename van de basenvoorraad en daarmee buffercapaciteit. Deze locaties hebben dus aanvoer van basen. Deze aanvoer trad op in de periode 1999-2009. Bij locatie S2 is de aanvoer van basen niet voldoende om de basenverzadiging naar een hoog niveau te brengen. Verder blijkt uit deze analyse dat de dynamiek van organische stof grote

invloed heeft op de basenhuishouding en dat deze dynamiek wordt beïnvloed door plaggen. Deze invloed bestaat uit 1) toename van de CEC bij accumulatie van organische stof na plaggen en ook in oude bodems 2) afname van de CEC bij tijdelijke afbraak van organische stof na plaggen. Plaggen kan door afbraak leiden tot een (tijdelijk) hoge basenverzadiging. Wanneer accumulatie van organische stof gaat optreden, neemt de CEC van de bodemtoplaag toe. De aanvoer flux van basen (vooral Ca) door toestroming van grondwater is te gering om daarbij het kationadsorptiecomplex op een hoog niveau te verzadigen met basische kationen.



Figuur 2-4: Ontwikkeling van de voorraad organische stof en uitwisselbare basische kationen in de bodemtoplaag van locaties in Stroothuizen. Zwarte symbolen zijn metingen na het plaggen, blauwe symbolen zijn metingen voor het plaggen en metingen in ongeplagde locaties. De getallen bij de punten geven de duur na plaggen in jaren. De stippelijn geeft de maximum CEC-waarde van organische stof (3000 meq/kg) die bekend is van goed gehumificeerde organische stof. Punten dicht bij deze lijn hebben een hoge basenverzadiging, punten onder die lijn een lagere. Een trend richting deze stippellijn gaat gepaard met een toename van de basenverzadiging en visa versa.

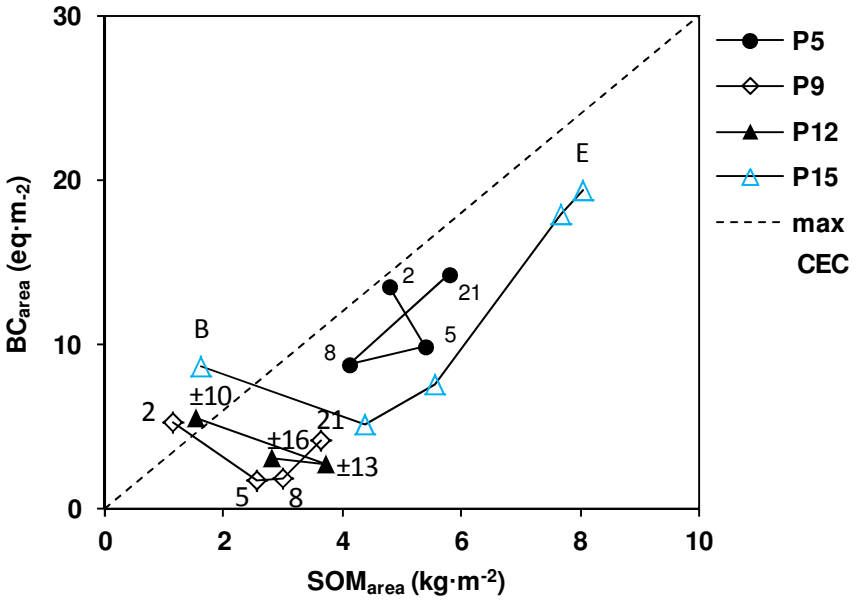
Punthuizen

In Figuur 2-5 wordt de ontwikkeling van de voorraden organische stof en basische kationen weergegeven. De ontwikkelingen zijn als volgt:

- De geplagde locatie P5: de voorraden organische stof en basen veranderen weinig en de punten liggen op en dichtbij de lijn van 3000 meq/kg. De geringe fluctuatie in voorraden gaat ook samen met een geringe fluctuatie in basenverzadiging. Op deze locatie handhaaft zich een basenrijke vorm van blauwgrasland.
- De ongeplagde locatie P15 heeft een sterke toename van de organisch-stofvoorraad en een sterk fluctuerende basenvoorraad. Tussen 1990 en 1993 treedt uitloging op en tussen 1996 en 2002 weer sterke op lading met basen. Tussen 2002 en 2009 is de toename van de organisch-stofvoorraad en basen gering. Op deze locatie handhaaft zich een basenrijke vorm van blauwgrasland.
- De geplagde locatie P9 heeft een langzame toename van de organisch-stofvoorraad. De basenvoorraad is laag en fluctueert met een gedurende 5 tot 8 jaar na het plaggen. Gedurende de gehele reeks neemt de basenverzadiging af. Op deze locatie ontwikkelde zich vegetatie van Veelstengelige waterbies waar na verloop van tijd Veelstengelige waterbies in bedekking afname en vervangen werd door de zuurminnende soort Bruine snavelbies.
- De geplagde locatie P12 heeft een lage organische-stofvoorraad die fluctueert en netto toeneemt. De basenvoorraad neemt eerst af tussen 1990 en 1993 en daarmee ook de basenverzadiging. Gedurende de hele reeks is de associatie van Veelstengelige waterbies aanwezig waarin ook de zeldzame Moerassmele groeit.

Synthese: Samenvattend: de dynamiek van de basenvoorraad op de basenrijke locaties is matig groot tot groot waarbij uitloging en oplading elkaar afwisselen op een tijdschaal van ca. 5 jaar. Na sterke uitloging kan het systeem zich weer herstellen naar een hoge basenverzadiging. De uitloging bij locatie P12 en P15 vindt plaats in jaren met een relatief korte inundatieduur in de slenk en daardoor relatief gering kwelflux (Figuur 3-6 en Figuur 3-7). De sterke oplading met basen bij P15 vindt plaats in een periode met vrij langdurige inundatie en een aanzienlijke opwaartse kwelflux. Opvallend is dat hier de zeer natte winter-voorjaar periode van 1994/95 met langdurige, hoge opwaartse fluxen niet geleid hebben tot een sterke toename van de basenvoorraad tussen 1993 en 1996 (Figuur 3-6 en Figuur 3-7). De reden hiervoor is het optreden van sterke uitloging van basen in de zomer van 1995 t/m de zomer van 1996 toen er sprake was van een zeer droge periode (Figuur 3-2). In deze droge periode trad door oxidatie van sulfiden zuurvorming op. Dit blijkt uit sterk oplopende sulfaatgehalte van het grondwater in de periode mei 1995 - april 1997 (Figuur 2-12). Een toename van de basenvoorraad na de natte perioden van 1994/95 en 1995/1996 kon niet gemeten worden door de timing van de meetmomenten.

Deze patronen geven aan dat de basentoestand van de bodem in Punthuizen sterk afhankelijk is van de weersgesteldheid. Droge winters beperken de toevoer van basen in de kwelzone. Droge zomers en extreem droge winters bevorderen oxidatie van sulfiden en daarmee zuurvorming. Het zuur maakt de basen dan vrij in de bodemtoplaag en die kunnen vervolgens uitlogen in perioden met inzijging. De aard van het hydrologische systeem (waarbij hoge kwelfluxen afhankelijk zijn van inundatie van de slenk en opbolling van de freatische stand in de dekzandrug) en de hoge verzuringscapaciteit van de bodem (paragraaf 2.3) maken het systeem sterk gevoelig voor fluctuaties in weergesteldheid. De meest gevoelige periode voor oxidatie van sulfiden is de zomer en het najaar, omdat redoxreacties in sterke mate via micro-organismen lopen waarvan de activiteit temperatuurafhankelijk is. Verzuring en uitloging zullen daarom vooral door een lage grondwaterstand in de zomer en het najaar worden gestimuleerd. Omdat het hydrologische systeem zorgt voor hoge kwelfluxen in de kwelzone gedurende natte periode, kan de basenvoorraad in nattere jaren snel worden aangevuld. Regelmatig voorkomen van jaren met langere, flinke opwaartse kwelfluxen in de winter en voorjaar zijn daarom belangrijk om de basenrijkdom op peil te houden en te herstellen van perioden met uitloging.



Figuur 2-5: Ontwikkeling van de voorraad organische stof en uitwisselbare basische kationen in de bodemtoplaag van locaties in Punthuizen. Zwarte symbolen zijn metingen na het plaggen, blauwe symbolen zijn metingen voor het plaggen en metingen in ongeplagde locaties. De getallen bij de punten geven de duur na plaggen in jaren. Bij ongeplagde locaties is B de start van de reeks en E het einde. De stippelijn geeft de maximum CEC-waarde van organische stof (3000 meq/kg) die bekent is van goed gehumificeerde organische stof. Punten dicht bij deze lijn hebben een hoge basenverzadiging, punten onder die lijn een lagere. Een trend richting deze stippellijn gaat gepaard met een toename van de basenverzadiging en visa versa.

2.3 Invloed verzuringscapaciteit op zuurgraad en basenrijkdom

Een opvallend verschil tussen Stroothuizen en Punthuizen is het grote verschil in dynamiek van de basenvoorraad in de bodemtoplaag. In Punthuizen trad tijdelijk een sterke uitloging van basen op (dip in 1993). Deze uitloging is alleen mogelijk als er ofwel veel aanvoer van zuur optreedt, ofwel dat veel zuur intern in de bodem gevormd wordt. Aanvoer van zuur treedt op door atmosferische depositie. Sterke zuurvorming in de bodem kan optreden door oxidatie van gereduceerde zwavel en ijzerverbindingen. In 2002 is in het kader van OBN-onderzoek in natte schraallanden op enkele locaties het pyrietgehalte gemeten met een sequentiële extractie (metingen R. Kemmers). In Tabel 2-1 worden de meetwaarden gegeven met een omrekening naar de voorraad per oppervlakte-eenheid bodem. Alhoewel het om een gering aantal metingen gaat, kan hier een grof patroon uit worden afgeleid. Uit deze metingen blijkt dat in Punthuizen de pyrietgehalten in de bodemtoplaag veel hoger zijn dan in Stroothuizen. Doordat door oxidatie van 1 meq pyriet (FeS_2) 2 meq H^+ wordt gevormd ,is de verzuringscapaciteit gelijk aan tweemaal de voorraad pyriet in meq/m^2. In Punthuizen is de verzuringscapaciteit 1 tot 2 ordegrootte meer dan in Stroothuizen. Om de omvang van de verzuringscapaciteit te vergelijken met die van de uitwisselbare basen in de toplaag is de verzuringscapaciteit omgerekend naar die van de 0-10 cm toplaag (proportioneel voor de dikte van de monsters). Op locatie S1 in Stroothuizen is de verzuringscapaciteit te verwaarlozen t.o.v. de zuurbuffercapaciteit door kationuitwisseling. Voor locatie P15 is de verzuringscapaciteit wel significant (1.2 eq/m^2), maar nog te gering om hier de fluctuatie in buffercapaciteit (ca. 10 eq/m^2) te verklaren. Het is wel mogelijk dat dieper in de bodem een nog grotere voorraad aan gereduceerde zwavelverbindingen aanwezig is. Het daar gevormde zuur kan bij het opgang komen van kwel naar de toplaag worden getransporteerd. Bij locatie P9 overstijgt de verzuringscapaciteit (ca. 18 eq/m^2) sterk de fluctuatie van de buffercapaciteit (ca. 3 eq/m^2).

Een verklaring voor de hoge gehalten aan gereduceerd zwavel in Punthuizen drieledig. Ten eerste: naar de slenk van Punthuizen stroomde decennia lang sulfaatrijk landbouwater toe via een sloot. Deze sloot voert in natte perioden nog steeds vervuild water aan. Dit water stroomde vooral de slenk

in gedurende natte perioden met inundatie. Het sulfaat kon dan in de anaerobe bodem reduceren. Ten tweede heeft de slenk van Punthuizen een gebrekkige afvoer van het neerslagoverschot. Daardoor zal zwavel dat via de sloot en door atmosferische depositie werd aangevoerd slechts in geringe mate het systeem kunnen verlaten. Onder de anaerobe condities gedurende de langdurige inundatieperioden konden daardoor veel sulfiden worden gevormd. De slenk in Stroothuizen had geen last van aanvoer van landbouwoppervlaktewater, maar wel van zwaveldepositie. Vanaf halverwege de jaren '90 begint wel bij een deel van de locaties met periodieke kwel toestroming van sulfaatrijk grondwater op te treden dat afkomstig is uit bemest intrekgebied (Aggenbach & Cirkel 2016). Een additionele verklaring is dat in Stroothuizen grote delen in de slenk zijn geplagd waarmee ook sulfiden in de oude bodemtoplaag zijn verwijderd. Een aanwijzing hiervoor is het patroon van de sulfaatconcentratie in het ondiepe grondwater bij locatie S5. Hier treedt wel voor het plaggen een sulfaatpiek op, maar nauwelijks na het plaggen (Figuur 2-9). Stroothuizen heeft echter vermoedelijk ook lokale variatie in sulfidengehalte. Dit blijkt uit verschillen in de hoogte van sulfaatpieken tussen locaties (Figuur 2-6 t/m Figuur 2-12). Ook treedt bij diverse geplagde locaties wel een hoge sulfaatpiek op na het plaggen (S1, S2, S6, S19). Deze lokale verschillen kunnen te maken hebben met variatie tussen plekken met afstroming en plekken met stagnatie van oppervlaktewater en met de diepte in de bodem waar sulfiden zijn geaccumuleerd. In Stroothuizen werd stagnatie bevorderd door de aanwezigheid van drempels (zowel natuurlijk door een hoogte in de slenk, als door de mens aangebrachte dammetjes).

Tabel 2-1: Gemeten pyrietgehalte op enkele locaties in Stroothuizen en Punthuizen.

Locatie	diepte	S-pyriet	S-pyriet	verzurings-capaciteit	verzurings-capaciteit omgerekend naar 0-10 cm laag
	cm	meq/kg DW	eq/m2	eq/m2	eq/m2
S1	0-7	4.61	0.03	0.06	0.22
S1	7-12	4.13	0.13	0.26	
P15	1-7	1.75	0.04	0.09	1.22
P15	7-17	16.36	1.89	3.77	
P9	0-12	93.69	10.92	21.84	18.20

2.4 Basenrijkdom van het toestomende en ondiepe grondwater

Om patronen van basenrijkdom van het ondiepe grondwater te kunnen begrijpen worden per locatie de trends van chloride (Cl^-) calcium (Ca^{2+}), bicarbonaat (HCO_3^-), sulfaat (SO_4^{2-}) besproken voor de filterdiepten waarvan monsters zijn geanalyseerd. Tevens is een afgeleide hydrochemische variabele berekend die indicatief is voor de mate waarin alkalinisatie of zuurvorming is opgetreden door andere processen dan oxidatie en reductie van zwavel (zie Tekstkader 1). De hydrochemie van het ondiepe grondwater worden niet alleen door de balans van grondwater, infiltratie van neerslagwater en infiltratie van oppervlaktewater bepaald. Biogeochemische processen die samenhangen met de dynamiek van de freatische waterstand en met afbraak dan wel opbouw van organische stof hebben ook grote invloed op de hydrochemie van het ondiepe grondwater. Om de patronen te begrijpen moet daarom met de volgende processen rekening worden gehouden:

- Aanvoer van basenrijk, diep grondwater. Dit uit zich in CaHCO3-watertype waarbij Ca^{2+}+Mg^{2+} en HCO_3^- in meq/l in evenwicht zijn. Wanneer dit water een diepe herkomst heeft en niet is beïnvloed door vermesting, is de Cl^--concentratie laag (ca. 200 µmol/l in Stroothuizen). In de grafieken van locaties in Stroothuizen worden de lokale referentiewaarden gegeven van diep grondwater (+2 tot -10 m NAP) dat niet vervuild is (data diepste minifiltermonsters 1990; Jansen & Aggenbach 1990).
- Wegzijging van basenarm neerslagwater kan in geval van een geringe invloed van biogeochemische processen in de bodem leiden tot lage Ca^{2+} en HCO_3^-concentraties.
- Door verdamping treedt concentratie van stoffen op. De indamping is af te leiden uit de Cl^- concentratie omdat chloride zich als inert ion gedraagt (bindt niet aan het sediment). Regenwater in het binnenland heeft een gemiddelde concentratie van ca. 100 µmol/l. Zolang het water niet is vervuild met chloride (kunstmest bestaande uit kaliumchloride, wegenzout) is de Cl^--concentratie een indicator voor indamping.
- Oxidatie van sulfiden in droge perioden waarbij SO_4^{2-} en zuur wordt gevormd. Het zuur consumeert HCO_3^- en dat resulteert in een lagere HCO_3^--concentratie dan de 2x de Ca^{2+}-concentratie. Door de zuurvorming kan ook Ca^{2+} van het adsorptiecomplex desorberen waardoor de Ca^{2+}-concentratie in het grondwater oploopt.
- Reductie van SO_4^{2-} in natte perioden resulteert in lagere SO_4^{2-}-concentratie en een hogere HCO_3^--concentratie
- Oxidatie van andere stoffen dan sulfiden in droge perioden resulteren in een ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) < 1 eq/eq.
- Reductie van andere stoffen dan sulfaat resulteert in een ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) > 1 eq/eq.
- Kationuitwisseling met het adsorptiecomplex kan de Ca^{2+}-concentratie van het grondwater sterk beïnvloeden. Sorptie van Ca^{2+} verlaagd de Ca^{2+}-concentratie van het grondwater.
- Afbraak van organische stof verlaagt de kationuitwisselingscapaciteit. In geval van een hoge basenverzadiging zorgt voor verhoging van de Ca^{2+}-concentratie van het grondwater. In geval van anaerobe afbraak gaat dat ook gepaard met een toename van de HCO_3^--concentratie.
- Accumulatie van organische stof genereert kationadsorptiecapaciteit en kan daarmee ‘ruimte’ scheppen voor sorptie van Ca^{2+} en desorptie van H^+ in de bodemtoplaag. Dit kan de Ca^{2+} en HCO_3^-concentratie verlagen.

Tekstkader 1: de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4)

Als afgeleide variabele is de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) (eq/eq) berekend. Deze ratio bevat drie processen. Het eerste proces is de oplossing van kalk ($CaCO_3$) en dolomiet ($MgCO_3$) in het watervoerende pakket waarbij in eq evenveel HCO3 als Ca+Mg in oplossing gaan. Als alleen oplossing van kalk/dolomiet de hydrochemie beïnvloedt, dan bedraagt de ratio 1 eq/eq. Het tweede proces is de oxidatie van ijzersulfiden. IJzersulfiden in de ondergrond bestaan vooral uit FeS en oxidatie daarvan levert 1 SO_4^{2-} en 2 H^+. De gevormde H^+ reageert met HCO_3^- waardoor de HCO_3^- concentratie afneemt. Het derde proces betreft de reductie van sulfaat waarbij HCO_3^- wordt gevormd wat zuur neutraliseert. De ratio houdt rekening met zowel zuurvorming door oxidatie van sulfiden, als met alkalinisatie door reductie van SO_4^{2-}., zodat de ratio waarde 1 eq/eq blijft houden. Wanneer door andere processen zuur wordt gevormd (bv door aerobe afbraak van organisch materiaal of door oxidatie van Fe(II)-hydroxiden) dan wordt de ratio < 1eq/eq. Een ratio van <1 eq/eq duidt daarom op de invloed van extra zuurvorming bovenop die door oxidatie van sulfiden. Wanneer in de ondergrond stoffen worden gereduceerd (zoals de reductie van Fe(III)-hydroxiden), wordt HCO_3^- gevormd. Dit effect wordt alkalinisatie genoemd. De HCO_3^- ontstaat doordat de oxidatoren een redoxkoppel vormen met het organisch materiaal. Het organische materiaal wordt dan anaeroob afgebroken. In dat geval is de ratio >1 eq/eq.

Stroothuizen

*Ongeplagde locatie S3 (*Figuur 2-8*)*
In het begin zijn de Cl-concentraties laag, vanaf 1994 stijgen ze. In 1989 heeft het grondwater vrij hoge Ca, HCO3 en SO4-concentraties. De ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) is hoog, wat duidt op extra alkalinisatie, mogelijk door anaerobe afbraak van organische stof. In de jaren 1993 en 1994 die natte winters hebben daalt de SO4-concentratie. In de jaren met droge winters die daarop volgen schiet de SO4-concentratie omhoog in al de drie filters. In de twee diepere filters gaat dat ook samen met daling van Ca- en HCO3 concentratie als gevolg van zuurvorming. De lage ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) van deze filters duidt ook op invloed van zuurvormende processen. Het diepere filter heeft in de jaren 1994-1997 een zeer lage HCO3 concentratie en de middelste filter daalt dan ook gestaag naar dat niveau. In 1999 stijgt de HCO3 concentratie van de ondiepe en diepere filter weer en bereikt dan een waarde gelijk aan die van de diepe filter. Het ondiepe filter vertoont deze trend ook voor de Ca-concentratie en de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) gaat richting 1 eq/eq. Het herstel van de basenrijkdom in de ondiepe filters kan samenhangen met de terugkeer van 'natte' winters na de droge periode van 1995-1997.

*Geplagde locatie S1 (geplagd in 1988) (*Figuur 2-6*)*
In het begin (1989) zijn de Cl-concentraties laag, ze zijn hoog van 1993-1997 en dalen daarna weer. In 1989 heeft het grondwater een vrij hoog Ca, HCO3 en SO4-concentratie. De ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) is hoog, wat duidt op extra alkalinisatie, mogelijk door anaerobe afbraak van organische stof na het plaggen. In de zomer van 1993 zijn in de middelste en diepe filter de Ca- en HCO3-concentratie hoog, terwijl die van de ondiepe filter (vooral HCO3 veel lager is). In het middelste en diepere filter is de SO4-concentratie dan zeer laag. Dit laatste hangt vermoedelijk samen met een periode van natte jaren en ook een natte zomer in 1993. Dat resulteert in 1994 ook in een lage SO4-concentratie in het ondiepe filter. Gedurende 1995-1996 treedt een duidelijke stijging op van de SO4-concentratie en een daling van de HCO3-concentratie als gevolg van lage grondwaterstanden. Deze trends zijn het sterkst in het ondiepe filter, wat duidt op sulfideoxidatie in de toplaag en andere zuurvormende processen. Als het weer natter wordt treedt vanaf 1997 treedt een daling op van de SO4-concentratie en stijging van de HCO3-concentratie. Calcium volgt dit patroon afgezwakt. Er treedt dan reductie van sulfaat op. In de laatste natte periode herstelt de Ca- en HCO3-concentratie zich niet meer tot het oude niveau. De dan nieuw gevormde humeuze toplaag in de bodem heeft dan ook een lage basenverzadiging. De verlaging daarvan (Figuur 2-2) zette in de periode van droge jaren met sulfidenvorming en een geringe kwelflux.

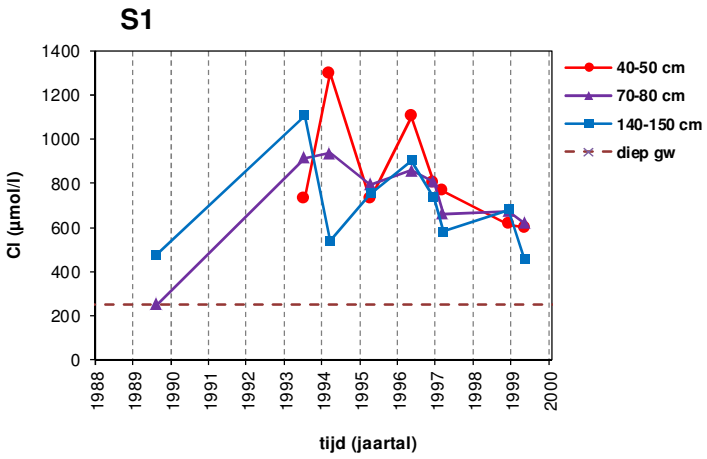
*Geplagde locatie S2 (geplagd in 1988) (*Figuur 2-7*)*
De chemische trends van deze locatie lijken sterk op die van S1. Een belangrijk verschil is in het begin van de reeks de Ca- en HCO3-concentraties veel lager zijn dan die van S1. Blijkbaar is de invloed van wegzijging van neerslagwater in S2 groter. In het begin is het Cl-gehalte ook hoger wat duidt op sterkere indikking door verdamping. Na de droge jaren met zuurvorming stijgen in de ondiepe en middelste filter in 1999 de HCO3- en Ca-concentratie iets. Dit gaat samen met een stijgende basenvoorraad in de bodemtoplaag sinds 1999. Daarvoor was die nauwelijks gestegen (Figuur 2-4).

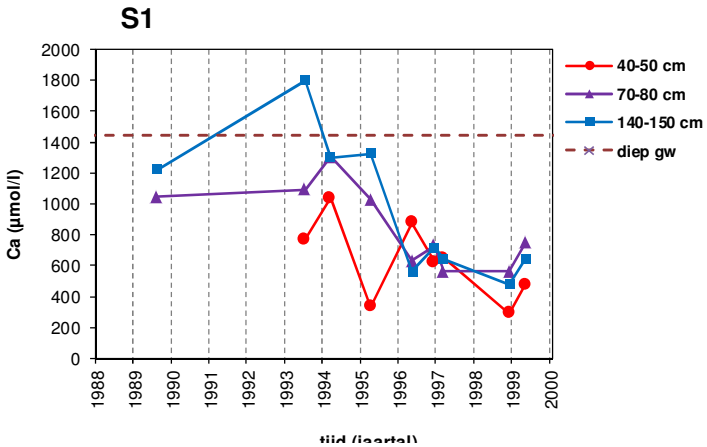
*Geplagde locatie S5 (geplagd in 1994) (*Figuur 2-9*)*
De Ca- en HCO3-concentraties van alle filters zijn hoog voor Stroothuizen. De middelste en ondiepe filter hebben ook steeds relatief hoge Cl-concentraties, wat duidt op een sterk indampeffect. Locatie S5 wijkt sterk af van de vorige locaties door een hoge SO4-piek van de ondiep en middelste filter in de zomer van 1993 met een indicatie voor extra zuurvormende processen (ongeplagde situatie, met nog veel sulfiden in de bodemtoplaag). Dit uit zich ook in een extreem hoge Ca-concentratie in de ondiepe en middelste filter, hetgeen duidt op desorptie van calcium. Daarentegen is de SO4-piek in de periode 1995-1996 gering en treedt geen extreme daling van HCO3 op in het ondiepe filter. Blijkbaar was een groot deel van de sulfidenpool weggeplagd. Verder is de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) dan vaak > 1 eq/eq wat duidt op alkalinisatie. Deze patronen hangen samen met afbraak van organische stof met een hoge basenverzadiging na het plaggen in 1994 (Figuur 2-4). De Ca-concentratie blijft daardoor ook hoog en er is dan zelfs sprake van uitloging van calcium. De droge zomer van 1999 uit zich in verzurende processen met een dip van de HCO3-concentratie.

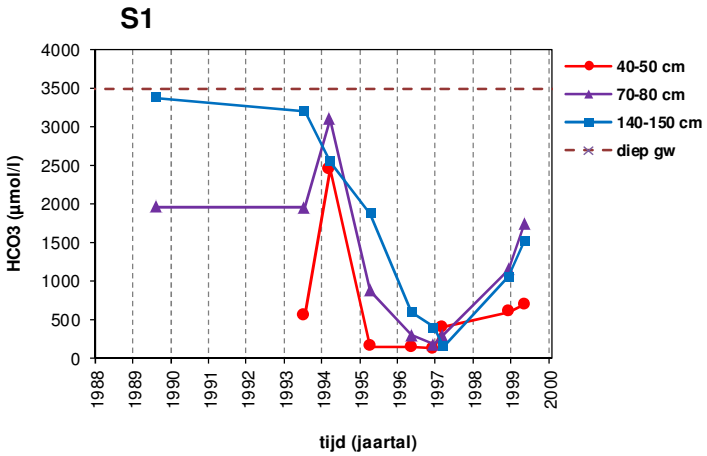
*Geplagde locatie S6 (geplagd in 1994) (*Figuur 2-10*)*
De Ca- en HCO3-concentraties van alle filters zijn hoog voor Stroothuizen. De middelste en ondiepe filters hebben ook steeds relatief hoge Cl-concentraties, wat duidt op een sterk indampeffect. Deze locatie verschilt t.o.v. de vorige locatie door een geheel andere reactie van de SO4-concentratie. In de ongeplagde situatie van 1993 treedt geen SO4-piek op, terwijl in de droge periode 1995-1996 de SO4-concentratie sterk piekt in het middelste en diepere filter. In hete ondiepe filter dalen dan de Ca - en HCO3-concentraties (zonder echt laag te worden) en herstellen weer ten dele in het voorjaar van 1997. In 1999 treedt nogmaals een piek op van SO4 in het ondiepe filter.

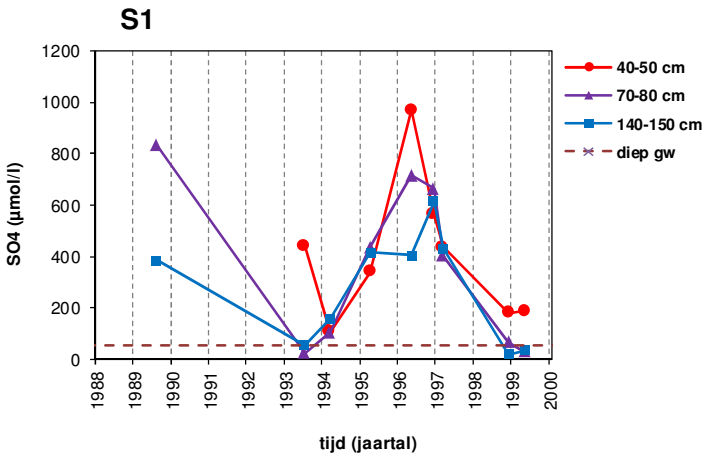
*Geplagde locatie S19 (geplagd in 1994) (*Figuur 2-11*)*
De filters op 80-90 en 140-150 cm hebben een relatief hoog Cl-gehalte, wat duidt op een sterk indampeffect. Opvallend is dat, in tegenstelling tot de vorige locaties, gedurende 1995-1998 het ondiepere filter een hoger Ca- en HCO3 gehalte heeft dan de diepere filters. In die periode geeft de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) ook vaak een indicatie voor extra alkalinisatie. Dit patroon gaat samen met de geconstateerde afbraak van organische stof in de bodemtoplaag na het plaggen. Deze afbraak zorgt voor alkalinisatie en het desorberen van calcium.

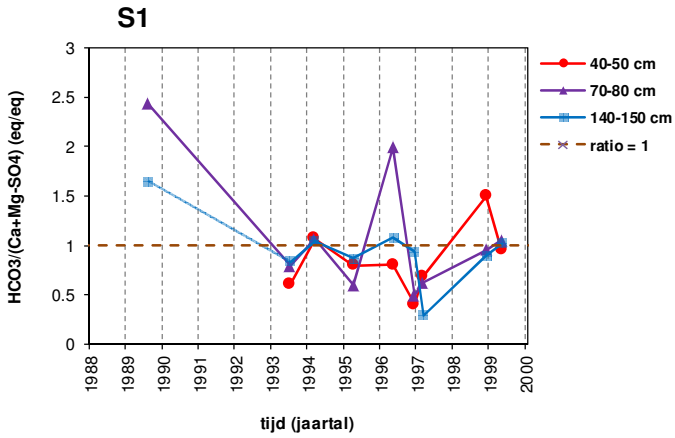
Conclusies
De locaties verschillen duidelijk in basenrijkdom van het ondiepe grondwater (Ca en HCO3 concentratie). S5 en S6 zijn het meest basenrijk en S2 is het meest basenarm. S1, S3 en S19 zitten daar tussen in. Daarbij heeft S1 een sterk dalende trend van de basenrijkdom en treedt bij S2 (alle filters) en S6 (alleen de ondiepe filter) een sterk fluctuatie op. De lage basenrijkdom en dalende trend bij locatie S2 heeft te maken met sterke stagnatie en wegzijging van regenwater. De hydrochemie wordt sterk beïnvloed door fluctuaties in grondwaterstand als fluctuaties van de weersgesteldheid (Figuur 3-2), waarbij in drogere perioden zuurvorming door oxidatie van belang is en in nattere periode alkalinisatie. Bij locatie S5 (eerste 5 jaar na plaggen) en S19 (langere tijd na plaggen) blijft de basenrijkdom van het grondwater ondiep in de bodem (40-50 cm -mv) hoog door afbraak van organische stof na het plaggen. Dit gaat gepaard met uitloging van calcium in de bodemtoplaag.



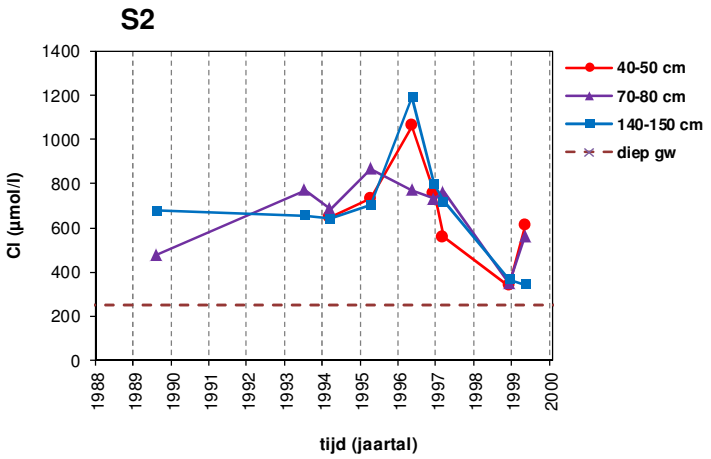


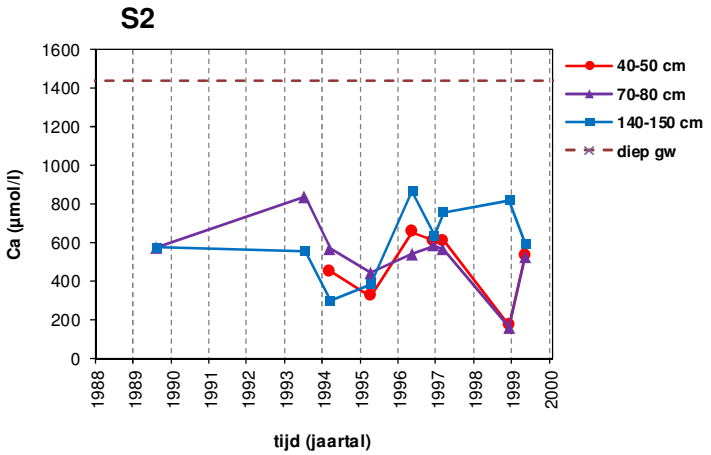


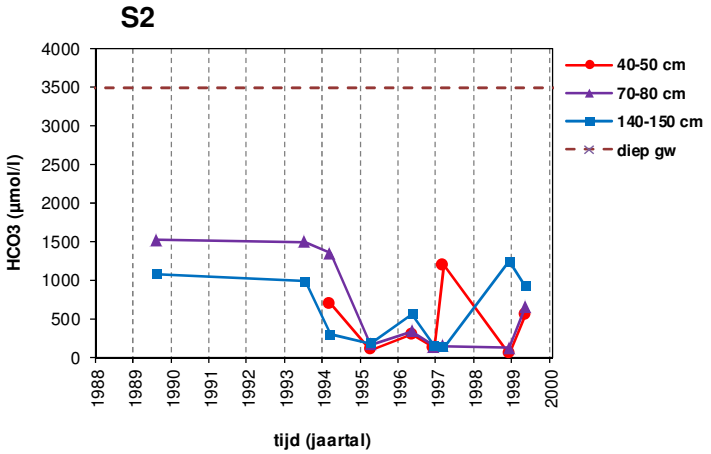


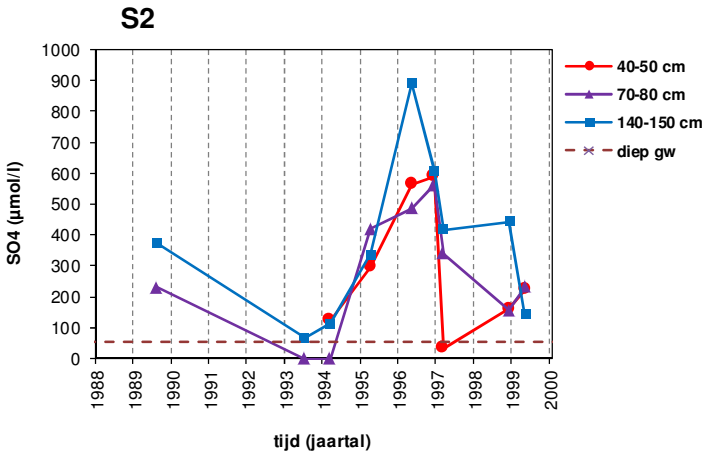


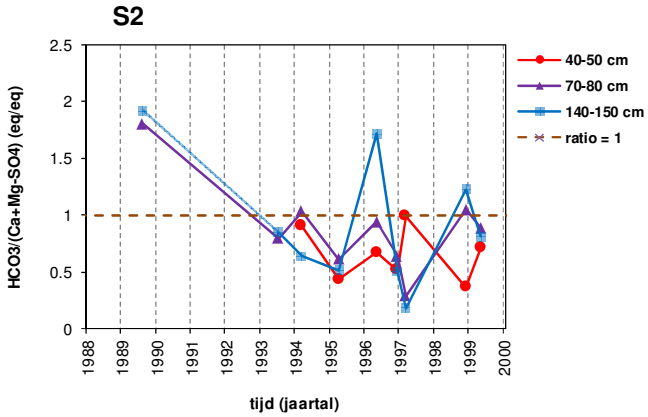
Figuur 2-6: Het verloop van de Cl, Ca, HCO3 en SO4-concentratie en de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) van het grondwater voor locatie S1.



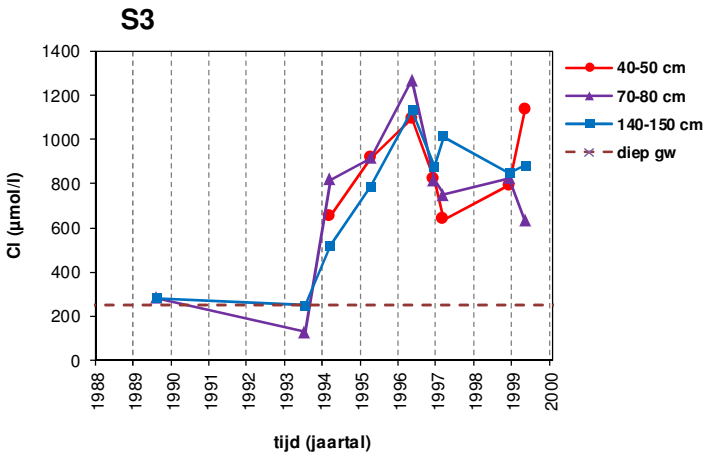


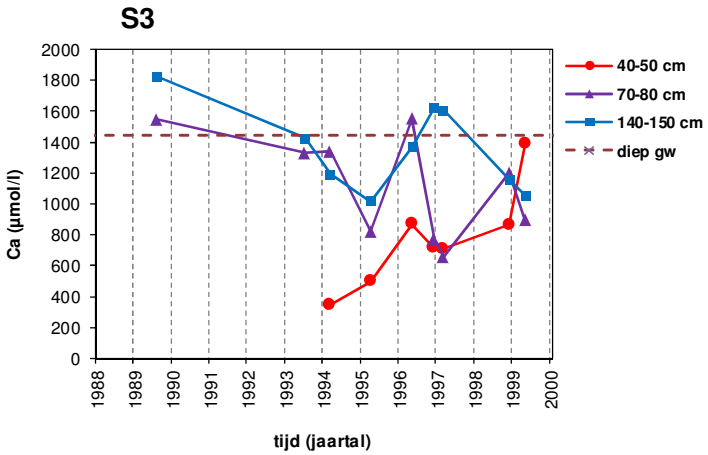


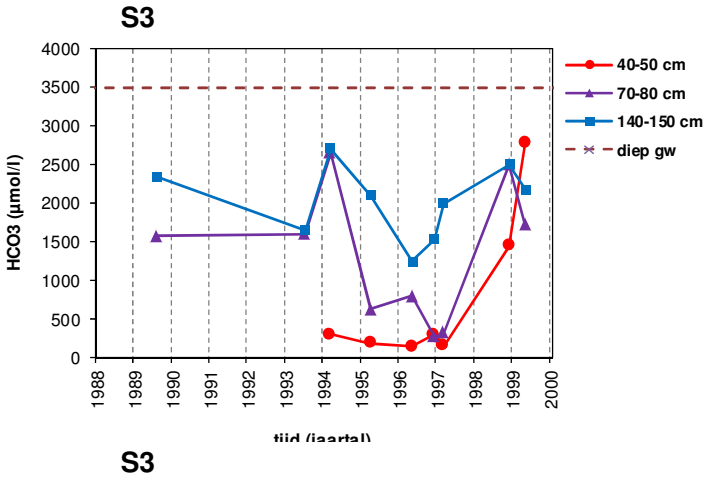


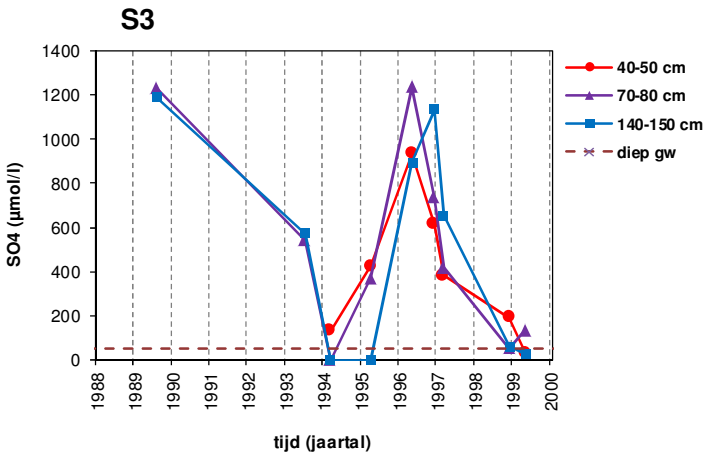


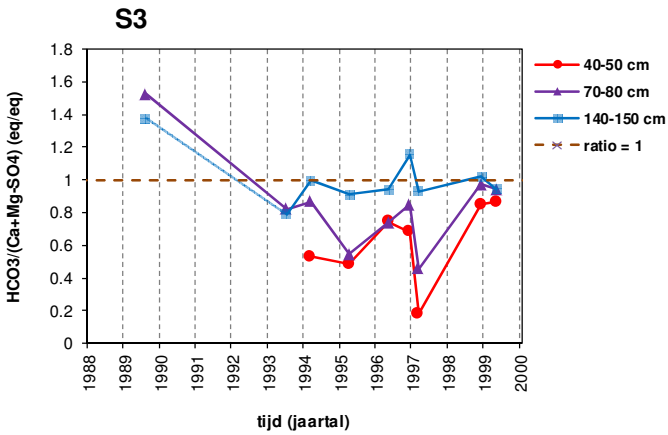
Figuur 2-7: Het verloop van de Cl, Ca, HCO3 en SO4-concentratie en de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) van het grondwater voor locatie S2.



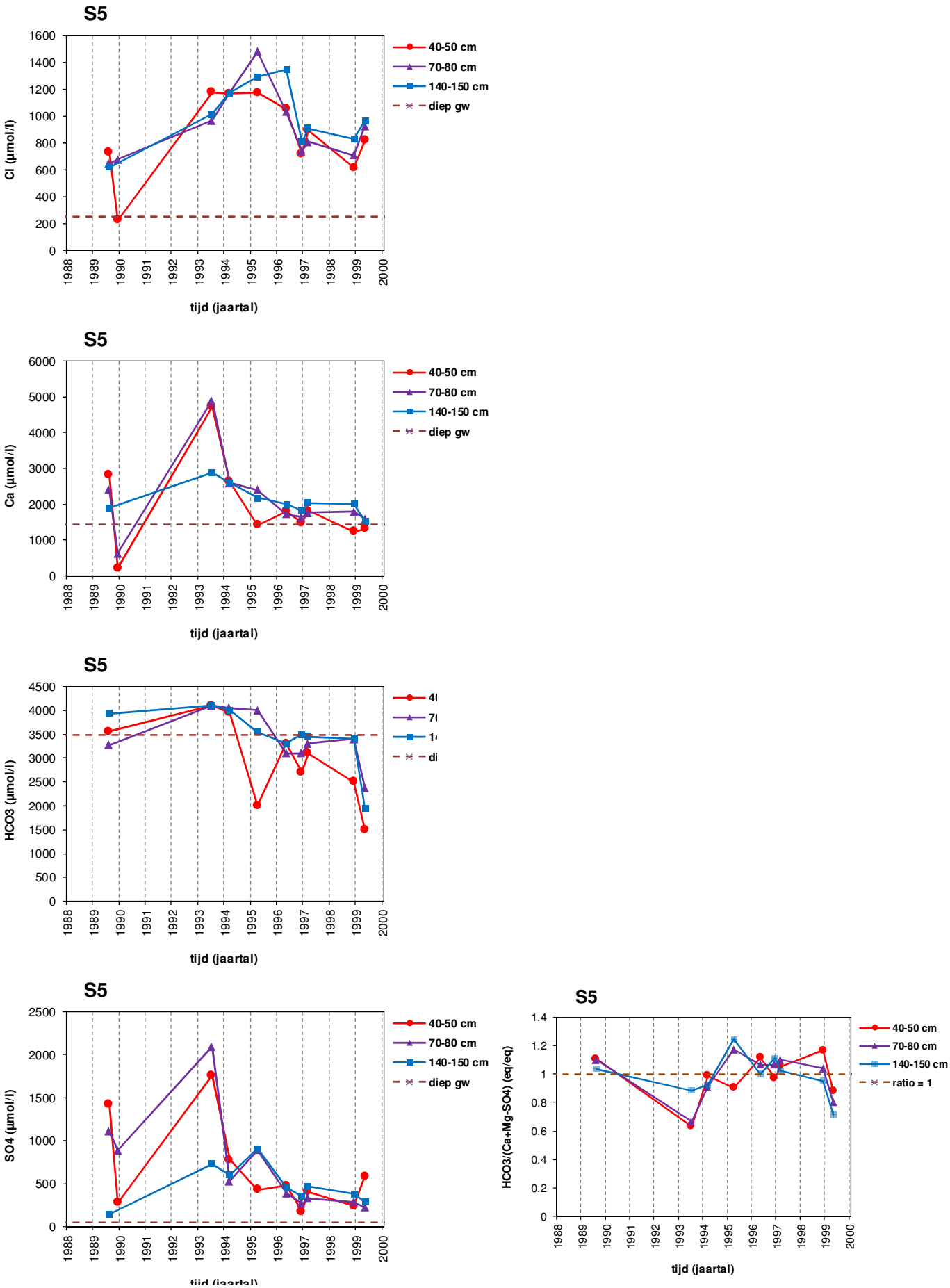




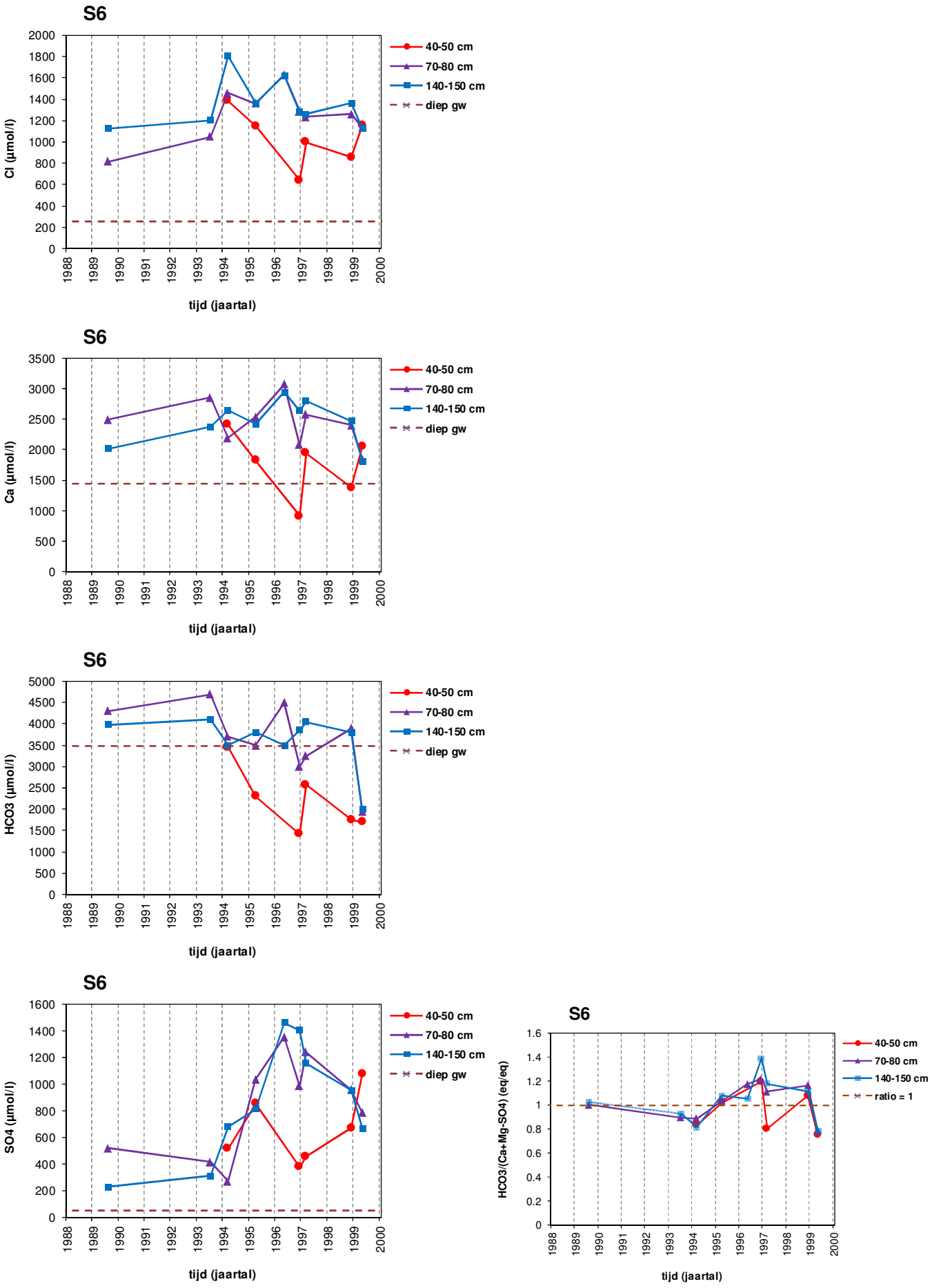




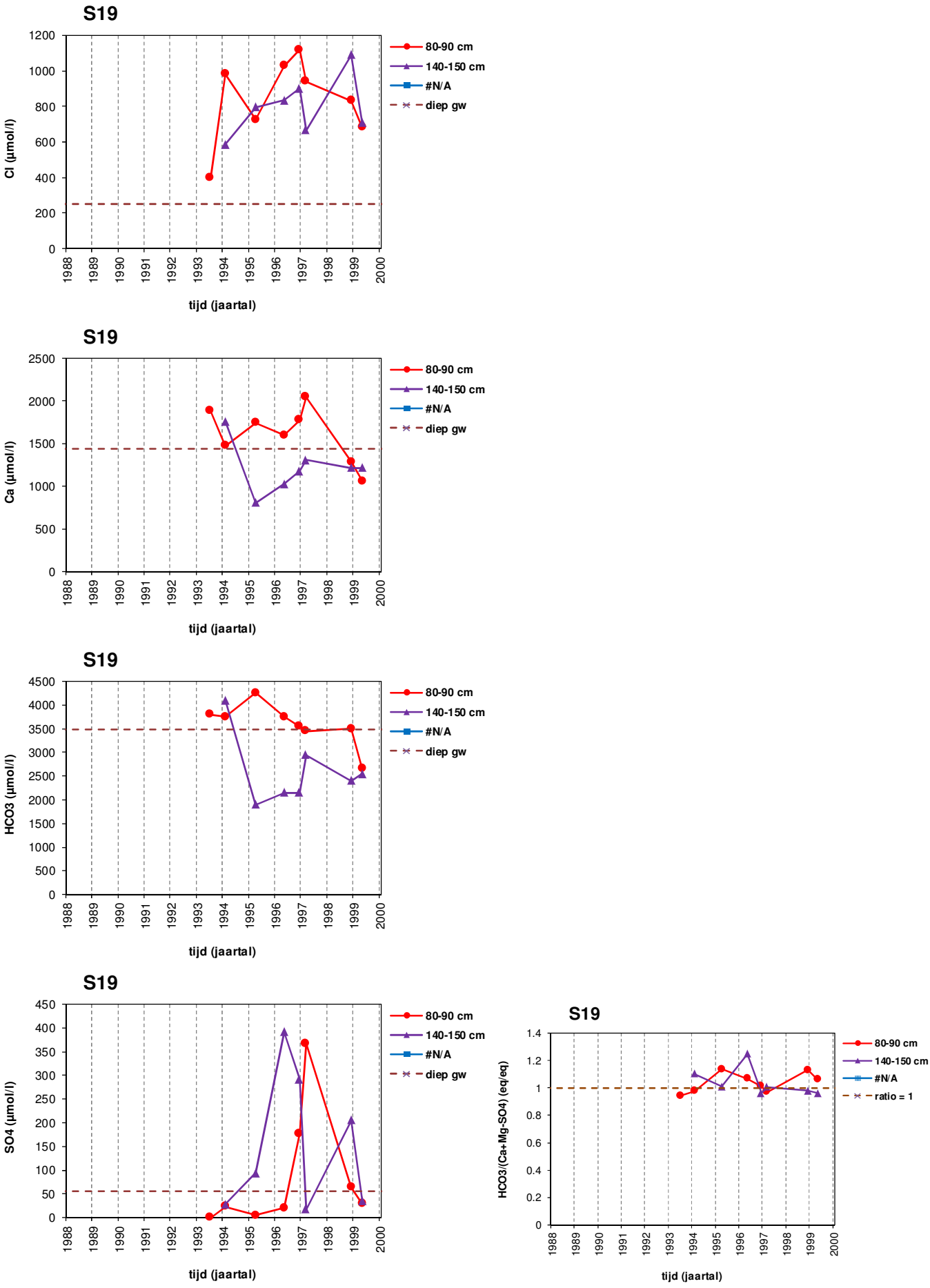
Figuur 2-8: Het verloop van de Cl, Ca, HCO3 en SO4-concentratie en de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) van het grondwater voor locatie S3.



Figuur 2-9: Het verloop van de Cl, Ca, HCO3 en SO4-concentratie en de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) van het grondwater voor locatie S5.



Figuur 2-10: Het verloop van de Cl, Ca, HCO3 en SO4-concentratie en de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) van het grondwater voor locatie S6.

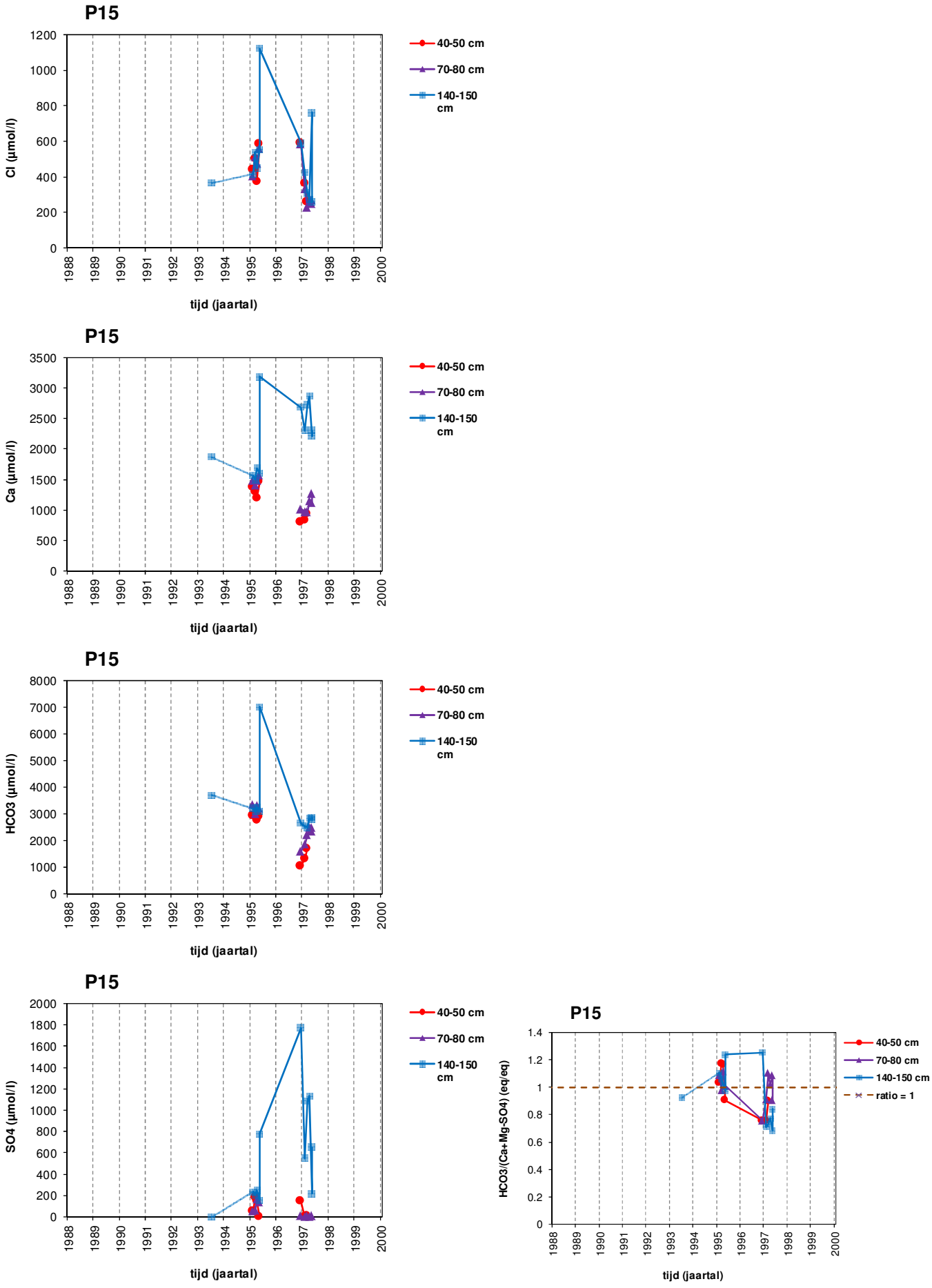


Figuur 2-11: Het verloop van de Cl, Ca, HCO3 en SO4-concentratie en de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) van het grondwater voor locatie S19.

Punthuizen

*Locatie P15 (niet geplagd) (*Figuur 2-12*)*
Deze locatie ligt aan de oostrand van de slenk in de zone waar periodiek gedurende de winter en het voorjaar kwel optreedt van basenrijk grondwater. Deze kwel treedt op door de combinatie van opbolling van de freatische stand in de aangrenzende dekzandrug en door inundatie van de slenk. Deze meeste metingen zijn beschikbaar van de winter/ voorjaarsperiode 1995 die werd vooraf gegaan door enkele natte winters, en van de winter/ voorjaarsperiode 1996/97 die volgde op de extreem droge winter van 1995/96. De Ca- en HCO3-concentratie in beide perioden zijn vrij hoog. De meeste metingen uit 1995 vertonen weinig verschillen tussen de drie filterdiepte. Een uitzondering is de laatste meting van die periode waarbij de concentratie van HCO3 en Ca in het diepe filter sterk stijgt. Dit gaat ook gepaard met een sterke stijging van de SO4-concentratie. Na de droge winter van 1995/96 stijgt de SO4 concentratie nog meer en is dan in het diepe filter gedurende de winter/ voorjaarsperiode 1996/97 hoog. In het diepe filter is de Ca-concentratie dan ook nog hoog en veel hoger dan die van de ondiepe en middelste filters. De HCO3-concentraties van het diepe filter zijn dan wel weer lager. Een verklaring voor het gevonden patroon is dat in de winter en het voorjaar 1995 basenrijk grondwater opwaarts stroomt door sterke kwel (Figuur 3-6) en afwezigheid van bijmenging van neerslag (Figuur 3-12). Door de droge winter van 1995/96 treedt sterke oxidatie van sulfiden op waarbij door zuurvorming calcium in de bodem desorbeert. Door wegzijging van Ca- en SO4-rijk water nemen in de diepe filter de concentraties van deze stoffen toe. In de winter/ voorjaarsperiode 1996/97 herstelt de Ca- en HCO3 concentratie nog niet volledig door een geringe kwelflux (Figuur 3-6) en bijmenging met neerslagwater (Figuur 3-12). Betreffende winter was namelijk ook relatief droog.

Geconcludeerd kan worden dat de hydrochemie sterk beïnvloed wordt door de weersgesteldheid. De basenrijkdom kan door een periode van droogte snel afnemen a en zich bij een daarop volgende nattere periode weer snel herstellen.



Figuur 2-12: Het verloop van de Cl, Ca, HCO3 en SO4-concentratie en de ratio HCO3/ (Ca+Mg-SO4) van het grondwater voor locatie P15.

3 Kwantificering actuele, vereiste en toekomstige kwelfluxen

3.1 Analyse op basis van balansen van basen

3.1.1 Berekening van kwelflux op basis ontwikkeling basenvoorraad in de bodemtoplaag

Wanneer de basenvoorraad in de bodemtoplaag toeneemt en de basenconcentratie van het toestromende grondwater bekend is, kan daaruit indicatief een gemiddelde kwelflux naar de bemonsterde bodemlaag worden afgeleid: toename in meq.m^{-2}d^{-1} gedeeld concentratie in meq.l^{-1} is kwelintensiteit in mm.d^{-1}. Aanname bij deze berekening is dat het adsorptiecomplex tussentijds niet wordt ontladen. Het betreft daarom een kwelflux die minimaal is opgetreden. De werkelijke kwelflux kan groter zijn geweest. Er zijn drie tijdreeksen waarbij dat mogelijk is: S2, S6 en P15. Uit de tijdreeksen van deze locaties wordt alleen de periode geselecteerd met een toename van de basenvoorraad (zie Figuur 2-4 en Figuur 2-5). Voor locatie S2 is de tijdreeks gesplitst in een periode met zwakke toename van de basenvoorraad en een met sterkere toename. In alle geselecteerde tijdreeksen neemt de voorraad organische stof ook toe. De resultaten staan in Tabel 3-1. De grootste kwelflux treedt op bij locatie S2 in de periode 1999-2009. Opvallend is dat in de periode 1990-1999 de kwelflux ca. een factor 10 lager was. Die van S6 en P15 zijn relatief laag en verschillen niet veel.

Wanneer de ratio van de toename van de voorraad basische kationen en de toename van de organisch-stofvoorraad worden berekend blijkt dat alleen in Punthuizen bij locatie P15 de aanvoer van basische kationen de toename van de het kationadsorptiecomplex (3000 meq/kg org.stof) overschrijdt. Op deze locatie kan daarom een hoge basenverzadiging worden bereikt bij een toenemende organisch-stofvoorraad. In Stroothuizen houdt de flux van basische kationen de toename van de CEC niet bij, zeker niet in de eerste periode. De verschillen tussen locaties worden ook veroorzaakt door grote verschillen in accumulatiesnelheden van organische stof, die in Stroothuizen hoog zijn en in Punthuizen laag. De kationfluxen verschillen juist weinig voor de drie locaties wanneer voor locatie S2 de tweede periode wordt beschouwd.

Tabel 3-1: Berekening van de opgetreden kwelflux in tijdreeksen met toename van de basenvoorraad. De kwelfluxen betreffen een gemiddelde van de opwaartse flux van basenrijk grondwater naar de wortelzone over de beschouwde periode.

Loc	Tijd na plaggen	Periode	Ca+Mg+Na+K grondwater	toename Ca+Mg+Na+K bodem	opgetreden kwelflux	toename organische stof	toename Ca+Mg+Na+K bodem/ toename org.stof
	jaar		meq·l^{-1}	meq·m^{-2}·j^{-1}	mm·d^{-1}	kg·m^{-2}·j^{-1}	meq·kg^{-1}
S2	2-11	1990-1999	1.84	67	0.10	0.219	308
S2	11-21	1999-2009	1.84	770	1.15	0.410	1876
S6	5-15	1999-2009	6.21	700	0.31	0.686	1020
P15	6-21	1993-2009	5.28	885	0.46	0.226	3910

3.1.2 Berekening van de vereiste kwelflux op basis van toename basenvoorraad

De berekening van vereiste kwelflux is gebaseerd op de benodigde aanvoerflux van basische kationen en de concentratie basische kationen van het toestromende grondwater. In deze balansberekeningen heeft calcium de grootste rol en zijn magnesium en natrium van geringer belang. De bijdrage van kalium in de aanvoer van grondwater is te verwaarlozen. Bij de benodigde basenflux wordt uitgegaan dat het kationadsorptiecomplex van de bodemtoplaag 0-10 cm volledig bezet wordt met basische kationen (3000 meq per kg organische stof) en afvoerfluxen van basen compenseert. Voor de basische kationen wordt uitgegaan van de gemiddelde concentratie van grondwatermonsters uit de filter van 140-150 cm-mv. De benodigde kwelfluxen worden uitgedrukt mm/d en dat betreft de gemiddelde opwaartse flux van basenrijk grondwater die over de hele periode nodig is.

De volgende termen bepalen de benodigde aanvoerflux van basische kationen:

- Het verhogen van de basenverzadiging naar 100% van het organische stof dat aan het begin van de beschouwde tijdreeks aanwezig is. Voor de berekening van deze post worden de gemeten organische-stofvoorraad aan het begin en de ratio BC/org.stof gebruikt.
- Nieuw gevormde organische stof moet een basenverzadiging van 100% krijgen. Voor deze berekening wordt gebruik gemaakt van de gemeten accumulatiesnelheid van organische stof en uitgegaan dat de gehumificeerde organische stof een CEC van 3000 meq/kg heeft.
- Afvoer van basische kationen in de vegetatie via het maaisel wordt gecompenseerd door aanvoer van basen via het grondwater. De hoeveelheid kalium in de vegetatie wordt daarbij niet meegeteld omdat het overgrote deel van de kalium in de biomassa vrijkomt door verwering van mineralen. De aanvoer door grondwater is te gering om in de kaliumbehoefte van de vegetatie te voorzien. Er zijn geen lokale metingen van Ca-, Mg- en Na-gehalten in de bovengrondse biomassa beschikbaar. Op basis van meetwaarden van Ca en Mg in de literatuur (Oelmann et al. 2009; vochtige hooilanden) en eigen data uit duinvalleien van de Middel- en Oostduinen (natte en vochtige duinvalleien) en beekdalen in Nederland en Vlaanderen (moerasvegetatie) is een waarde voor laagproductieve vegetatie (150 meq/m^2/j) en een waarde voor een meer productieve vegetatie (500 meq/m^2/j) gekozen. Voor natrium konden geen meetwaarden in natuurlijke vegetatie worden gevonden en afvoer van dit element wordt daarom niet meegerekend. Voor elke locatie zijn twee varianten met respectievelijk de lage en hoge waarde doorgerekend. De lage waarde is meer representatief voor het laagproductieve Punthuizen en de hoge waarde voor het meer hoogproductieve Stroothuizen.
- Compensatie van potentieel zuur door atmosferische depositie. Hiervoor zijn gemodelleerde waarden uit landelijke model van het RIVM gebruikt ter plekke van Stroothuizen (275 meq H^+/m^2/j) en Punthuizen (325 meq H^+/m^2/j) voor situatie in 2014 (http://geodata.rivm.nl/gcn/). Omdat de zuurdepositie sinds begin jaren '90 sterk is afgenomen wordt met relatief gunstige zuurdepositiegetallen gewerkt die representatief zijn voor de huidige situatie. Recent (sinds 2007) treedt echter een stijging op van de ammoniakconcentraties in Punthuizen en Stroothuizen (meetnet MAN;http://man.rivm.nl/gebied/dinkelland). De gebruikte waarden kunnen daarom de toekomstige zuurdepositie onderschatten.

Deze balansberekening houdt geen rekening met compensatie van verlies van basische kationen door tijdelijke verzuring in droge perioden. De analyse van de hydrochemie van het grondwater laat zien dat periodiek uitloging van basen kan optreden als gevolg van oxidatieprocessen die zuur vormen, en waardoor vervolgens desorptie van basische kationen optreedt (paragraaf 2.4). Door wegzijging in de bodem of afvoer van oppervlaktewater kunnen vervolgens de vrijgekomen basen worden afgevoerd. Deze afvoerflux kan echter niet goed locatiespecifiek gekwantificeerd worden met de beschikbare gegevens. In Punthuizen waar periodieke uitloging groot kan zijn door een hoge verzuringscapaciteit kan de benodigde kwel voor het compenseren van verlies van basen aanzienlijk zijn. De totaal berekende benodigde kwel geeft daardoor nog een onderschatting.

De resultaten zijn als volgt. De berekende totale benodigde kwelfluxen liggen in de ordegrootte van 1 tot enkele mm/d. In het algemeen is de totale benodigde kwelflux voor de locaties in Stroothuizen groter dan die in Punthuizen. Factoren die bijdragen aan de hoge kwelfluxbehoefte van Stroothuizen zijn het meestal lagere basengehalte van het toestromende grondwater, de aanwezigheid een

organisch-stofvoorraad met een lage of matige basenverzadiging, hoge accumulatiesnelheden van organische stof in zowel geplagde als ongeplagde locaties en de hoge productiviteit van de vegetatie in Stroothuizen en daardoor een hoge afvoer van basische kationen door maaibeheer. Omdat de basenrijkdom van het toestromende grondwater ca. een factor 3 kan verschillen werkt dit sterk door op al de vier berekende kwelfluxposten. Het aanvullen van de basenverzadiging van de in het begin aanwezige organische stof en accumulatie van organische stof dragen het sterkst bij aan een de totale 'kwelbehoefte'. Deze twee balansposten vertonen tussen locaties grote verschillen die samen hangen met de toestand van het bestaande humusprofiel en de dynamiek van de voorraad organische stof. De bijdrage van afvoer door maaien en verzurende depositie zijn relatief kleine posten, maar niet te verwaarlozen in de basenbalans.

De perioden waarvoor de benodigde kwelfluxen zijn berekend variëren van 6 tot 12 jaar en werden bepaald door de beschikbaarheid van geschikte meetreeksen. De benodigde kwelflux voor het aanvullend van de basenverzading van het initiële organische-stofgehalte is echter afhankelijk van de periode waarin herstel van de basenverzadiging moet plaatsvinden. Deze kwelpost tikt juist flink aan in de totale benodigde kwel. Daarnaast kan bij het werken met langere perioden de gemiddelde accumulatiesnelheid van organische stof afnemen, door verschuiving van het evenwicht tussen primaire productie en afbraak. Uitgaan van een langere herstelperiode heeft echter risico's. Die gelden sterk in situaties waarin ook plaggen wordt toegepast als herstelmaatregel. De aanwezigheid van een tijdelijk kale bodem en lage bedekking van de vegetatie is het moment waarop doelplantensoorten zich vaak het beste kunnen vestigen (Bekker, 2008). Na langere tijd sluit de vegetatie weer. Als de basenrijkdom pas voldoende is hersteld na een lange periode en de vegetatie vervolgens gesloten is, is de kans voor vestiging sterk verminderd. De factor tijd is vooral in Stroothuizen belangrijk, waar de vegetatie zich snel naar een gesloten begroeiing ontwikkelt door de relatief hoge productiviteit.

Tabel 3-2: Gebruikte invoerwaarden en berekende benodigde kwelfluxen voor diverse locaties in Stroothuizen en Punthuizen. De rood gekleurde varianten zijn de meest aannemelijke opties voor de gebruikte waarde voor afvoer van basische kationen door maaien.

Invoervariabelen

Locatie	periode	duur	Ca+Mg+Na+K grondwater	zuur depositie	initieel org.stof	ratio BC/ SOM initieel org. stof	aanvullen basenverzadiging bestaande org.stof	toename org. stof	toename CEC org. stof	afvoer Ca+Mg+K door maaien
		j	meq/l	meq H/m2/j	kg/m2/j	meq/kg	meq/m2/j	kg/m2/j	meq/m2/j	meq/m2/j
S1	1990-2002	12	2.53	275	1.65	2039	1583	0.437	1311	150
S1	1990-2002	12	2.53	275	1.65	2039	1583	0.437	1311	500
S2	1999-2009	10	1.84	275	5.50	718	12550	0.410	1230	150
S2	1999-2009	10	1.84	275	5.50	718	12550	0.410	1230	500
S3	1990-1999	9	3.25	275	3.98	1752	4963	0.411	1233	150
S3	1990-1999	9	3.25	275	3.98	1752	4963	0.411	1233	500
S6	1999-2009	10	6.21	275	2.36	2045	2251	0.686	2058	150
S6	1999-2009	10	6.21	275	2.36	2045	2251	0.686	2058	500
S19	1996-2009	13	3.28	275	6.26	1684	8242	0.000	0	150
S19	1996-2009	13	3.28	275	6.26	1684	8242	0.000	0	500
P5	1990-2009	19	6.15	325	4.79	3216	0	0.052	157	150
P5	1990-2009	19	6.15	325	4.79	3216	0	0.052	157	500
P15	1993-2009	16	5.28	325	5.56	1349	9177	0.226	678	150
P15	1993-2009	16	5.28	325	5.56	1349	9177	0.226	678	500

Berekende kwelfluxen

		kwelflux nodig				
Locatie	periode	aanvullen basenverzadiging bestaande org.stof	toename CEC org. stof	afvoer Ca+Mg+K door maaien	zuur depositie	totaal
		mm/d	mm/d	mm/d	mm/d	mm/d
S1	1990-2002	0.14	1.42	0.16	0.30	2.02
S1	1990-2002	0.14	1.42	0.54	0.30	2.40
S2	1999-2009	1.87	1.83	0.22	0.41	4.33
S2	1999-2009	1.87	1.83	0.74	0.41	4.85
S3	1990-1999	0.46	1.04	0.13	0.23	1.86
S3	1990-1999	0.46	1.04	0.42	0.23	2.16
S6	1999-2009	0.10	0.91	0.07	0.12	1.19
S6	1999-2009	0.10	0.91	0.22	0.12	1.35
S19	1996-2009	0.53	0.00	0.13	0.23	0.88
S19	1996-2009	0.53	0.00	0.42	0.23	1.18
P5	1990-2009	0.00	0.07	0.07	0.14	0.28
P5	1990-2009	0.00	0.07	0.22	0.14	0.44
P15	1993-2009	0.30	0.35	0.08	0.17	0.90
P15	1993-2009	0.30	0.35	0.26	0.17	1.08

3.2 Modellering kwel- en basenfluxen met SWAP

3.2.1 Inleiding

Een betrouwbare schatting maken van de huidige en toekomstige kwelflux is een vraag die hydrologen en ecologen al lange tijd bezighoudt. De grote belemmering bij het bepalen van kwelfluxen is dat 1) kwelfluxen in terrestrische situaties zeer lastig zijn te kwantificeren met fysische metingen, 2) in systemen met wisselende waterstanden de kwelflux in de tijd sterk dynamisch is als gevolg van een in de tijd sterk variabele drainagebasis en 3) in terreinen met veel kleinschalig reliëf de kwelflux ruimtelijk sterk verschilt. Met de huidige kennis en technieken kunnen benodigde en actuele kwelfluxen in terrestrische systemen alleen indirect worden geschat. Tenslotte is de definitie van “kwel” niet eenduidig. In de volgende paragrafen beschrijven we een eerste poging om kwelfluxen

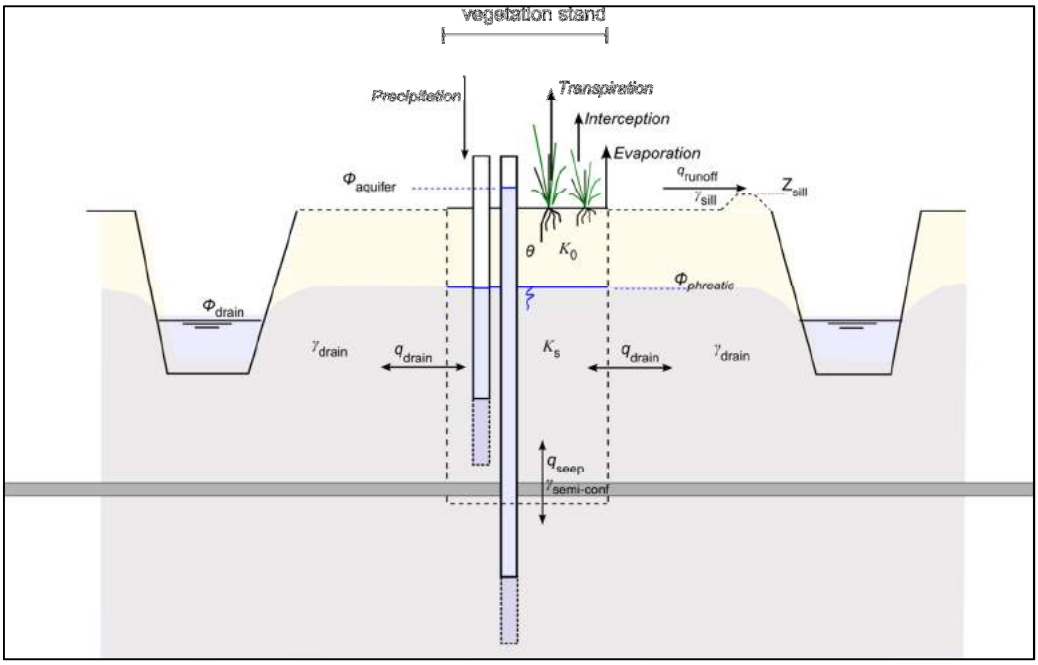
te schatten door SWAP modellen te combineren met op verschillende dieptes gemeten stijghoogtes. We benoemen de flux die de modellen via de onderkant binnenkomt hierbij de kwelflux, maar kwantificeren tevens de flux met een grondwaterachtige samenstelling die de wortelzone binnenkomt. De modelberekeningen zijn nadrukkelijk bedoeld om inzicht te krijgen in de werking van het systeem. De resultaten van deze methode worden vergeleken met de in paragraaf 3.1.1 geschatte fluxen op basis van gemeten trends in basenvoorraad in de toplaag van de bodem.

3.2.2 Aanpak

Modelconcept

Op een aantal locaties in Punthuizen en Stroothuizen is op verschillende dieptes in het profiel de stijghoogte over een lange periode gemeten. Deze meetreeksen lenen zich voor het schatten van de kwelfluxen doormiddel van dynamische modellering met het verzadigde-onverzadigde zone model SWAP (Kroes et al., 2008) conform de methode beschreven in (Cirkel et al., 2010).

In SWAP zijn hiervoor 1-dimensionale modellen voor de toplaag (bovenste 1.4 meter) op de verschillende locaties opgesteld. In Figuur 3-1 staan de voor de modellering relevante parameters weergegeven. De laterale fluxen voor drainage en oppervlakte afvoer worden in de SWAP-modellen via analytische drainageformules verdisconteerd. De kwel wordt verondersteld de modellen van onderen binnen te stromen. Regulering van deze kwelflux (q_{seep}) vindt plaats door het opgeven van een gemeten stijghoogtereeks en een te kalibreren voedingsweerstand ($\gamma_{semi-conf}$) als onderrandvoorwaarde aan het model. Vervolgens wordt het SWAP model geijkt op de gemeten freatische grondwaterstanden ($\phi_{phreatic}$) op de verschillende locaties. Voor de freatische standen is gebruikgemaakt van ondiepe peilbuizen (filterdiepte 40-50 cm-mv). Voor de stijghoogte aan de onderrand van het model ($\phi_{aquifer}$) wordt gebruik gemaakt van de op de locaties in het diepe filter gemeten stijghoogtes (filterdiepte 140-150 cm-mv).



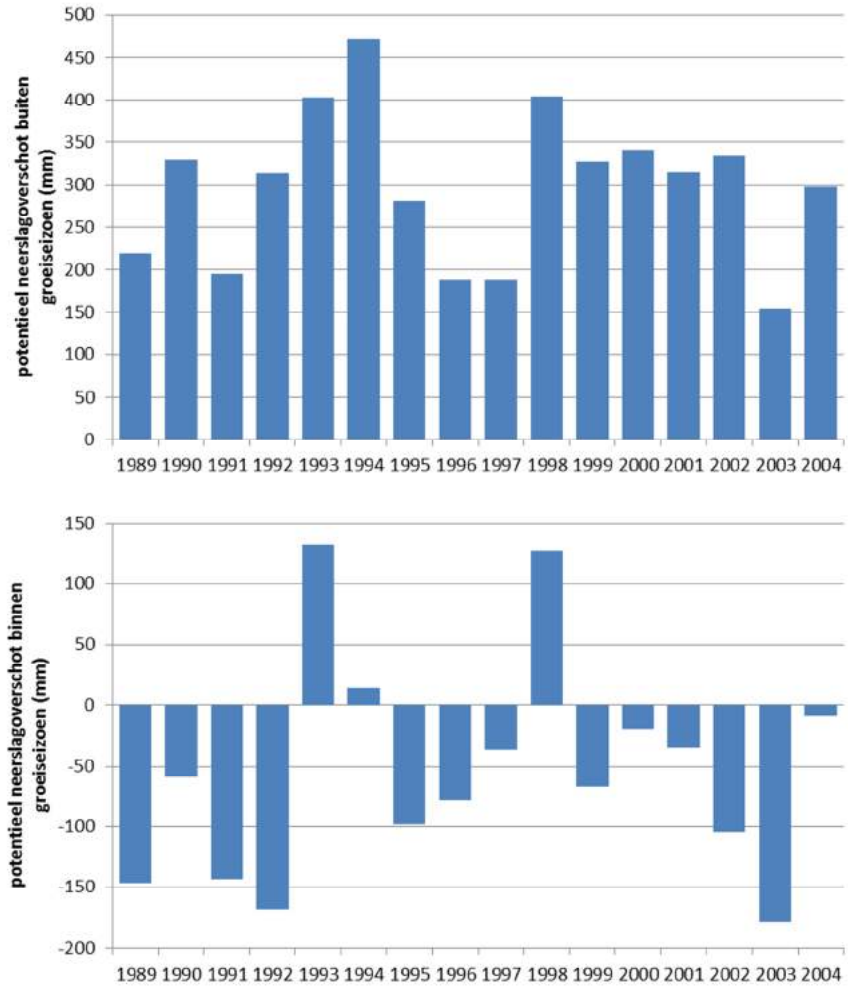
Figuur 3-1: Schematisatie van het SWAP model, inclusief aanduidingen van voor deze studie relevante parameters (Cirkel et al., 2010).

Gezien de beschikbare gegevens is besloten voor de drainageniveaus (ϕ_{drain}) gebruik te maken van met Menyanthes (Von Asmuth et al., 2012) uit grondwaterstandsreeksen afgeleide waarden. Uit de Menyanthes analyse komt in de meeste gevallen een tweetal drainageniveaus naar voren, een lokaal oppervlakkig systeem en een grootschaliger dieper drainagesysteem zoals sloten in de omgeving van het reservaat. Daarnaast treedt er periodieke inundatie en oppervlakkige afstroming die wordt bepaald door zeer lokale overstroomniveaus. Voor de profielbeschrijving en bodemfysische parameters is gebruik gemaakt van bodemprofielbeschrijvingen uit 2009 (data Aggenbach) en metingen van siltgehalten in 1990 (Data KWR EGM) en eerdere SWAP schematisaties voor de referentiepunten Bartholomeus et al. (2009). De voedingsweerstand, drainageweerstanden (γ_{drain}) en het overstroomniveau (Z_{sill}) worden vastgesteld door calibratie. Omwille van de rekentijden en gezien de onzekerheid over de ingrepen en maaiveldsontwikkeling en bodemfysische eigenschappen is besloten de calibratie tot deze parameters te beperken en gebruik te maken van PEST (Doherty, 2015) voor de calibratie van de parameters in plaats van het door (Cirkel et al., 2010) toegepaste SCEM-UA algoritme. Hiermee wordt een eerste grove schatting verkregen; in een later stadium kan de analyse eventueel verder worden verfijnd als de resultaten voldoende vertrouwen geven om door te gaan met deze methode.

De gecalibreerde SWAP modellen geven een schatting van de waterbalanstermen en de dikte van de neerslaglens. Door het toevoegen van een tracer in de modellen kan tevens een eerste schatting worden gemaakt van de flux van basenrijk water naar de wortelzone.

Gemodelleerde locaties

Voor het toepassen van de methodiek is gezocht naar locaties met meerjarige meetreeksen op twee dieptes (ondiep (freatisch) filter en een diepere filter). Daarnaast is geselecteerd op locaties in delen van de reservaten waar kwel van basenrijk grondwater is te verwachten en waarvan ook meetreeksen van vegetatie en basenchemie van de bodemtoplaag beschikbaar zijn van OBN/EGM monitoringslocaties (Aggenbach & Jansen 2004; data Aggenbach). Inspectie van de reeksen resulteerde in selectie van twee locaties in Punthuizen (P5 en P15) en twee locaties in Stroothuizen (S2 en S6). In een later stadium is een locatie in Punthuizen (P9) met duidelijke chemische en ecologische indicatie voor sterke wegzijging ter verificatie toegevoegd. Met behulp van tijdreeksanalyse zijn voor de diepere reeksen (derde peilfilter op ca. 140 cm-mv) de drainageniveaus geschat (Tabel 3-3). Op basis van informatie over de profielopbouw zijn vervolgens numerieke modellen in SWAP opgesteld. Gezien de lokaal optredende verschillen in profielopbouw en bodemeigenschappen zijn voor P5 twee varianten opgesteld en voor S6 drie varianten. Bij variant S6_var3 is op basis van de waterstandsfluctuaties een maaiveldhoogte na plaggen geschat, wat resulteerde in een 15 cm lager maaiveld dan bij de andere S6 varianten. In Bijlage I zijn de opgestelde bodemprofielen, bodemfysische eigenschappen en initiële waarden voor het drainagesysteem opgenomen.
Met de modellen zijn jaren waarvoor grondwaterstandsmetingen beschikbaar waren doorgerekend in de periode 1989-2004. Hierbij is 1989 gebruikt als inloopjaar voor de modellen. In Figuur 3-2 is het potentieel neerslagoverschot buiten en binnen het groeiseizoen (apr t/m sep) voor de betreffende jaren weergegeven



Figuur 3-2: Potentieel neerslagoverschot buiten (bovenste figuur) en binnen het groeiseizoen (apr t/m sep) (onderste figuur).

Tabel 3-3: Met *Menyanthes* afgeleide drainageniveaus (niveaus van drainerende watergangen/ greppels of laagten (Figuur 3-1).

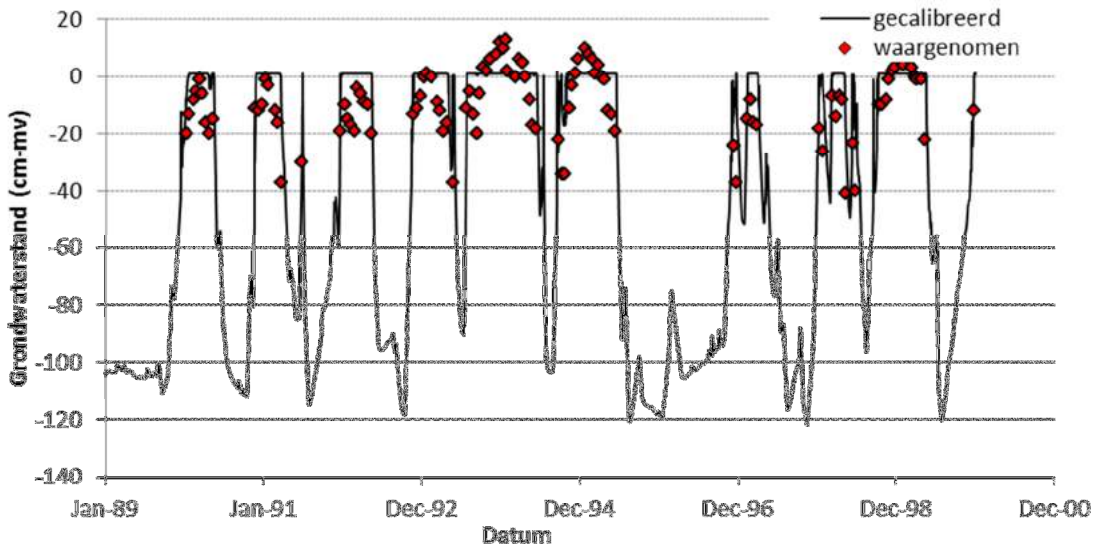
Model	Locatie	ϕ_{drain}_1 (cm+mv)	ϕ_{drain}_2 (cm+mv)
P5_var1	Punthuizen	-3.0	-117.3
P5_var2	Punthuizen	-3.0	-117.3
P9	Punthuizen	-55.0	-
P15	Punthuizen	-5.0	-106.0
S2	Stroothuizen	-4.0	-30.0
S6_var1	Stroothuizen	-27.0	-50.0
S6_var2	Stroothuizen	-27.0	-50.0
S6_var3*	Stroothuizen	-12.0	-35.0

*Maaiveld verlaagd met 15 cm

3.2.3 Resultaten calibratie van overstroomniveau (Z_{sill}) en voedingsweerstand ($\gamma_{semi-conf}$)

Als eerste stap zijn de modellen gecalibreerd door alleen het overstroomniveau (Z_{sill}) en de voedingsweerstand ($\gamma_{semi-conf}$) te variëren en voor de drainageweerstanden de met *Menyanthes* afgeleide waarden te gebruiken. Deze eerste calibratie geeft voor Stroothuizen al een goede fit op de

gemeten freatische standen. Bij Punthuizen is de overeenkomst tussen de met de gecalibreerde modellen gesimuleerde freatische grondwaterstanden en de waarnemingen minder goed (Tabel 3-4 en Figuur 3-3). Analyse van de waterbalanstermen van deze modellen laat zien dat in alle gevallen een netto-kwelflux het model binnenkomt. Als echter wordt gecorrigeerd voor laterale drainage (q_{drain}) blijkt dat bij Stroothuizen S6 meer water via laterale drainage de profielen verlaat dan dat er netto via kwel binnenkomt. De berekende flux bij de voor Punthuizen onderzochte locaties lijkt ook aan de hoge kant. Om deze reden en de achterblijvende fit van deze modellen is besloten om als volgende stap ook de drainageweerstanden mee te calibreren en tevens ter controle een extra locatie (P9) mee te nemen in de analyse. Op basis van veldobservaties en gemeten grondwaterstanden zou op locatie P9 netto wegzijging op moeten treden.



Figuur 3-3: Voorbeeld van gemeten en berekende grondwaterstanden voor locatie P15 bij calibratie op $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}. De rode punten geven de in het ondiepe filter (40-50 cm-mv) gemeten standen weer (diepe standen onder filterniveau van ondiepe peilbuis zijn niet gemeten). De zwarte lijn geeft de door SWAP berekende freatische stijghoogte na calibratie weer.

Tabel 3-4: Fit van de modellen en de geschatte fluxen bij calibratie op $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}. Een positieve waarde geeft een opwaartse flux weer, een negatieve waarde een neerwaartse flux. De fit heeft betrekking op de gemeten en gesimuleerde grondwaterstand.

Model	Locatie	Fit (R^2)	Gemiddelde opwaartse flux (mm/d)	Gemiddelde neerwaartse flux (mm/d)	Netto kwelflux (mm/d)	Netto kwelflux – drainageflux (mm/d)
P5_var1	Punthuizen	0.555	8.6	-0.5	8.1	7.0
P5_var2	Punthuizen	0.557	5.7	-0.4	5.3	4.2
P15	Punthuizen	0.692	4.8	-0.5	4.4	3.7
S2	Stroothuizen	0.881	4.4	-0.3	4.1	1.3
S6_var1	Stroothuizen	0.797	1.8	-0.4	1.4	-0.6
S6_var2	Stroothuizen	0.877	2.3	-0.7	1.6	-0.6
S6_var3	Stroothuizen	0.795	1.9	-0.4	1.5	-0.4

3.2.4 Resultaten calibratie van overstroomniveau (Z_{sill}), voedingsweerstand ($\gamma_{semi-conf}$) en drainageweerstand (γ_{drain})

Het meenemen van de drainageweerstanden in de calibratie geeft voor de meeste modellen een verbetering van de overeenkomst tussen de gemodelleerde freatische stijghoogte (Tabel 3-6, Figuur 3-4, Figuur 3-6, Figuur 3-8, Figuur 3-10). De afwijkingen zijn wederom bij Punthuizen wat groter dan bij Stroothuizen. Een voorbeeld van afwijkingen tussen model en observatie zijn de inundatiedieptes in de winter van 1993-1994 (Figuur 3-6). Daarnaast blijkt in de Punthuizen modellen iets eerder water aan maaiveld uit te treden dan de observaties aangeven. In tegenstelling tot bij P5 en P15 treedt volgens het gecalibreerde model voor P9 slechts een kleine netto opwaartse kwelflux op. Als wordt gecorrigeerd voor laterale drainage blijkt dat bij P9 meer water via laterale drainage het profiel verlaat dan dat er netto via kwel binnenkomt. Bij beide varianten van P5 resulteert het meenemen van de drainageweerstanden in de calibratie in zowel een lagere netto kwelflux als in een iets hogere drainageflux. Bij P15 neemt de netto kwelflux iets af en de drainageflux toe. Bij de Stroothuizen locaties neemt de berekende netto kwelflux toe. Doordat echter ook de laterale drainageflux toeneemt, blijft er bij al deze locaties (nu ook bij S2) meer water via laterale drainage het profiel verlaten dan dat er netto via kwel binnenkomt. Grofweg de helft van de laterale flux verlaat hierbij het profiel via het diepere drainagesysteem. Bij S6 komt in 2003 wel netto meer kwel het profiel binnen dan dat er lateraal via drainage uitstroomt. Dit heeft te maken de relatief natte start van 2003, gevolgd door een warme droge zomer met veel verdamping.

Als in meer detail naar de reeksen van netto kwel minus drainage wordt gekeken (Figuur 3-5 en Figuur 3-7), valt op dat in de slenk bij Punthuizen (P5 en P15) vooral netto aanvoer van grondwater plaatsvindt als er in de slenk inundatie optreedt en in de aangrenzende dekzandrug opbolling van de freatische stand. Dit vindt plaats in de winterperiode en het vroege voorjaar. Buiten deze periodes is de flux die het model aan de onderzijde in- en uitgaat beperkt. Het wel of niet optreden van netto-grondwateraanvoer is bij Punthuizen sterk afhankelijk van de winterneerslag. Deze observaties sluiten aan bij het door (Jansen et al., 2001) beschreven mechanisme waarbij een significante stijging van de freatische grondwaterspiegel in de omringende dekzandkoppen noodzakelijk is voor het aanvoeren van basenrijk grondwater naar de lage delen van Punthuizen. Opvallend is hierbij het effect van de

droge winter van 1995-1996 op zowel de grondwaterstanden als de kwelflux. Door de droge winterperiode treedt in deze winter geen inundatie op en wordt er ook nagenoeg geen grondwater aangevoerd. Ook in de winter 1996-1997 is de inundatieperiode en de kwelflux zeer beperkt,. Vermoedelijk werkte de droge periode hier nog vertraagd door op de stijghoogten van het regionale systeem. De lagere stijghoogte in het regionale systeem beperkt dan de opbolling van de freatische stand in de dekzandrug en daarmee de stijghoogtegradiënt voor het optreden van de kwel.

In het westelijke deel van de slenk van Punthuizen (P9) is de netto kwelflux relatief laag en de drainageflux verhoudingsgewijs groot. De verhoudingsgewijs grote drainageflux wordt veroorzaakt door de nabijheid van diepe sloten in de dekzandrug aan de westzijde en de Puntbeek die de regionale drainagebasis vormt. Met *Menyanthes* is voor P9 overigens maar één drainageniveau gevonden (Tabel 3-3); met SWAP-Pest is vervolgens een geringe drainageweerstand afgeleid voor dit systeem (Tabel 3-6). Het nabijgelegen ontwateringssysteem heeft hiermee grote invloed op de lokale waterbalans bij P9.

Bij Stroothuizen (Figuur 3-9, Figuur 3-11) is het patroon veel grilliger en treedt afwisselend zowel kwel als wegzijging op. Bij Stroothuizen vindt netto aanvoer van grondwater (netto kwelflux minus drainageflux is positief) plaats in het late voorjaar en is de flux aanzienlijk kleiner dan bij de locaties P5 en P15 in Punthuizen. In Stroothuizen treedt in de winter en het vroege voorjaar dus netto wegzijging op. Over het jaar gezien domineert hier ook een (beperkte) neerwaartse flux. De droge winter 1995-1996 heeft op Stroothuizen geen grote invloed op de berekende netto kwelflux minus de drainageflux. Dit komt doordat weliswaar de netto kwelflux afneemt, maar door de daling van de grondwaterstand neemt de drainageflux eveneens af.

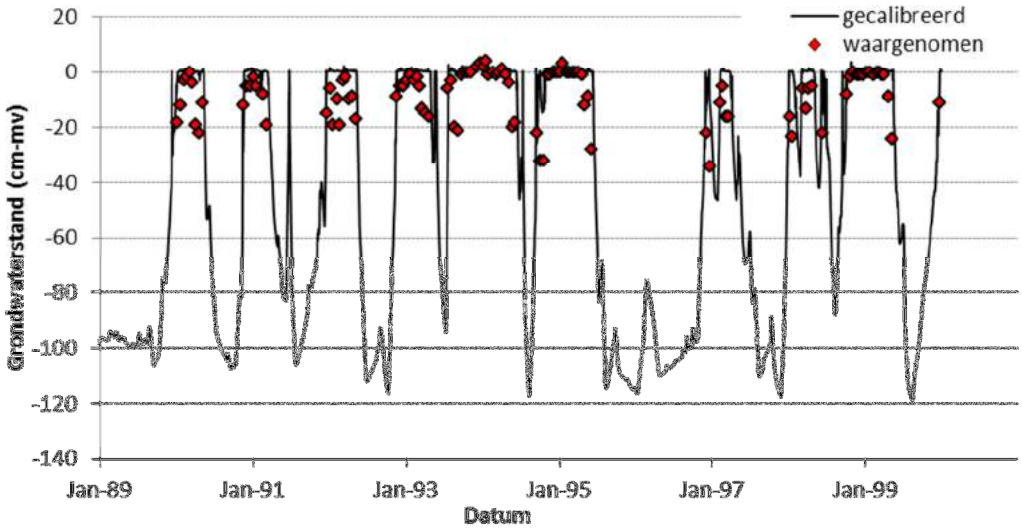
Tabel 3-5: Fit van de modellen en de geschatte fluxen bij calibratie op γ_{drain}, $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}. Een positieve waarde geeft een opwaartse flux weer, een negatieve waarde een neerwaartse flux.

Model	Locatie	Fit (R^2)	St. dev. residuen (cm)	Opwaartse flux (mm/d)	Neerwaartse flux (mm/d)	Netto kwelflux (mm/d)	Netto kwelflux – drainageflux (mm/d)
P5_var1	Punthuizen	0.702	7.4	7.8	-0.4	7.4	5.6
P5_var2	Punthuizen	0.664	7.4	5.5	-0.4	5.1	3.7
P9*	Punthuizen	0.995	8.6	1.3	-0.7	0.6	-0.3
P15	Punthuizen	0.728	8.6	4.7	-0.4	4.3	2.9
S2	Stroothuizen	0.894	6.4	4.4	-0.2	4.2	-0.7
S6_var1	Stroothuizen	0.811	3.4	2.4	-0.3	2.1	-0.6
S6_var2	Stroothuizen	0.859	6.1	3.1	-0.5	2.7	-0.6
S6_var3	Stroothuizen	0.793	5.6	2.5	-0.3	2.2	-0.5

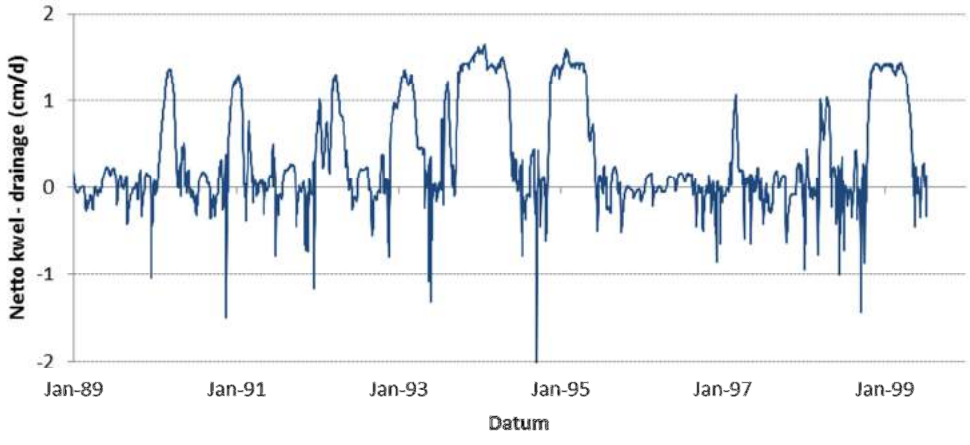
* *In de meetreeks van het diepste filter bij P9 ontbreken gedurende enkele periodes observaties. Deze periodes zijn buiten beschouwing gelaten voor het berekenen van de fluxen*

Tabel 3-6: Met PEST geschatte inundatieniveaus en drainage- en voedingsweerstanden. Schuin gedrukte waarden bevinden zich op de boven- of ondergrens van het vooraf bepaalde parameterinterval. Bij deze waarden is verdere optimalisatie eventueel mogelijk door de zoekruimte van het model te verruimen. Gezien de fit van de modellen zijn grote veranderingen niet te verwachten.

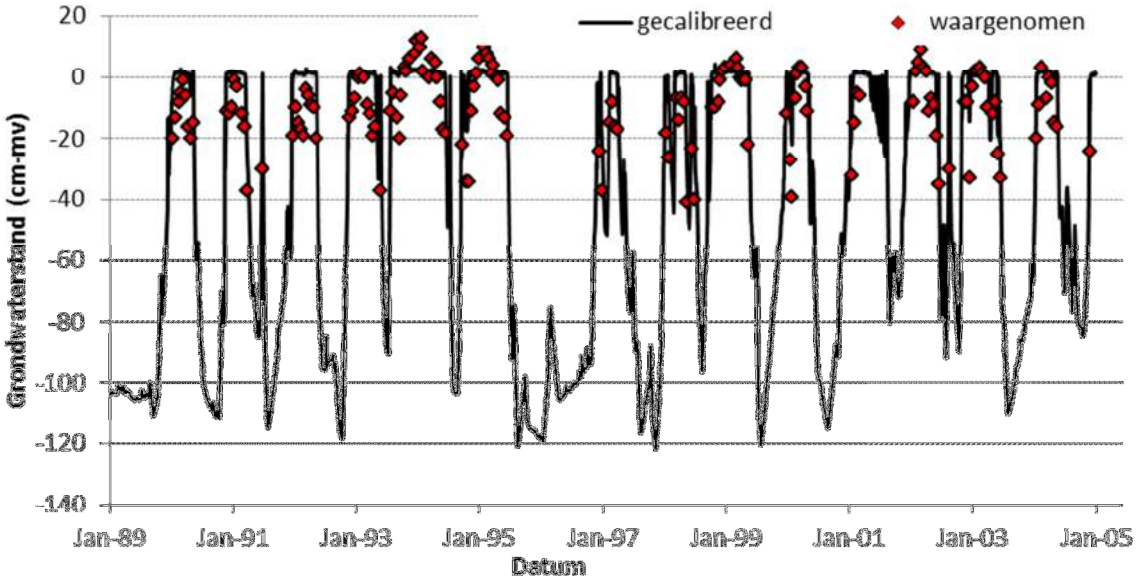
Model	Locatie	Z_{sill} (cm+mv)	γ_{drain}_1 (d)	γ_{drain}_2 (d)	$\gamma_{semi-conf}$ (d)
P5_var1	Punthuizen	*0.01*	15	*900*	0.67
P5_var2	Punthuizen	*0.01*	27	*900*	0.43
P9*	Punthuizen	*0.01*	*150*	-	0.10
P15	Punthuizen	1.0	25	*900*	0.14
S2	Stroothuizen	10.6	11	665	0.05
S6_var1	Stroothuizen	*0.01*	*10*	*750*	0.08
S6_var2	Stroothuizen	*0.01*	12	*250*	1.00
S6_var3	Stroothuizen	*0.01*	12	*250*	0.03



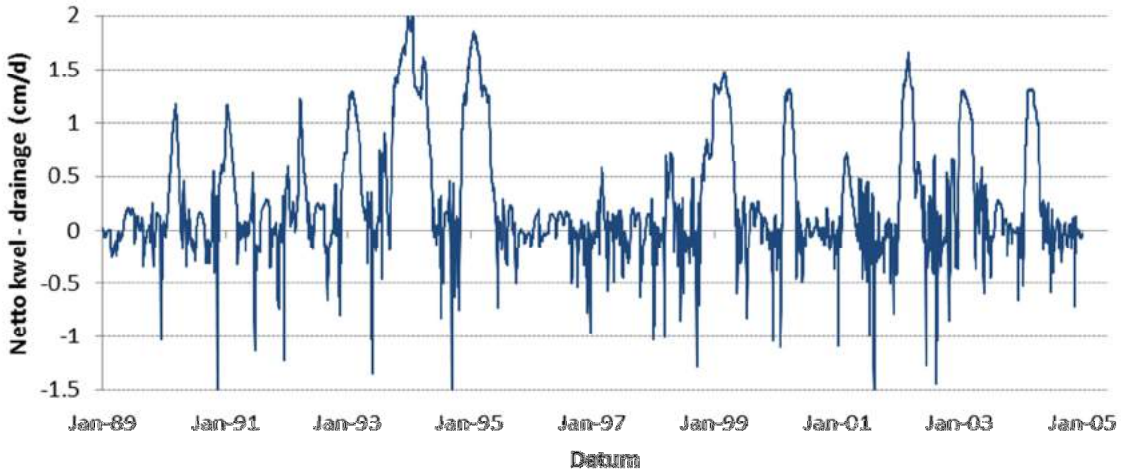
Figuur 3-4: Gemeten en berekende grondwaterstanden voor locatie P5, variant 2 bij calibratie op γ_{drain}, $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}. De rode punten geven de in het ondiepe filter (40-50 cm-mv) gemeten standen weer (diepe standen onder filterniveau van ondiepe peilbuis zijn niet gemeten). De zwarte lijn geeft de door SWAP berekende freatische stijghoogte na calibratie weer



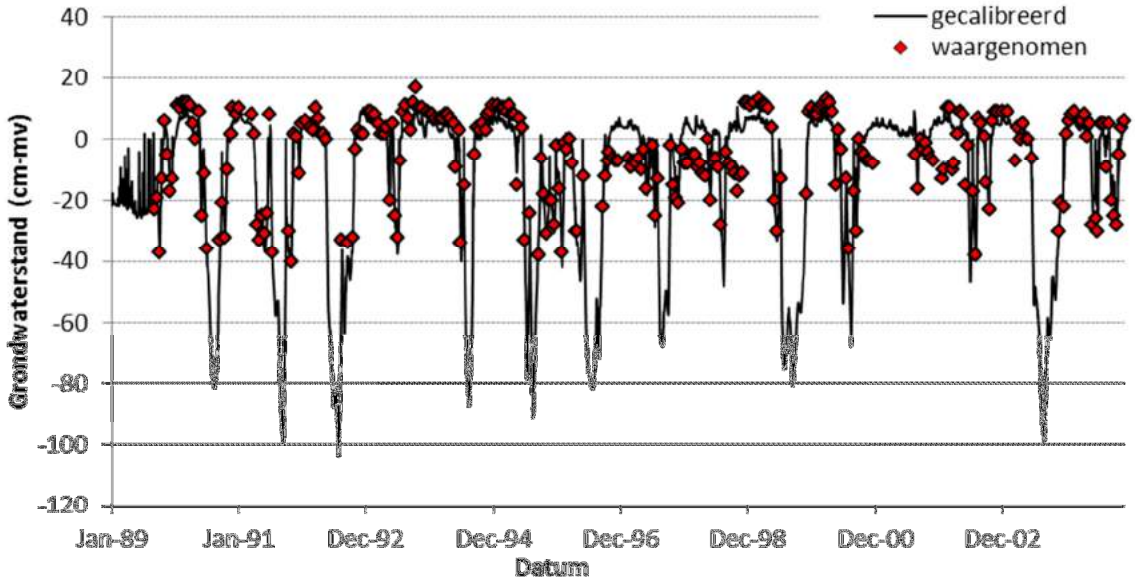
Figuur 3-5: Netto kwelflux minus de drainageflux (cm/d) voor locatie P5, variant 2 bij calibratie op γ_{drain}, $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}.



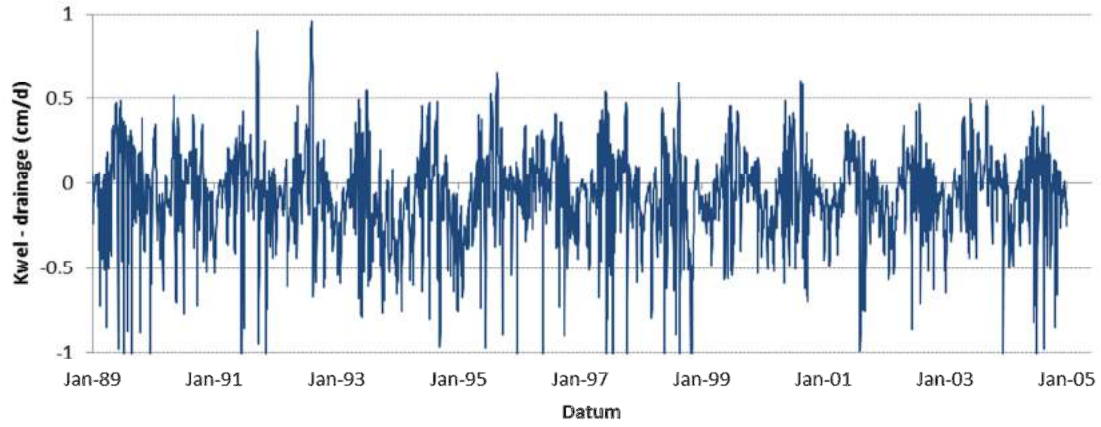
Figuur 3-6: Gemeten en berekende grondwaterstanden voor locatie P15 bij calibratie op γ_{drain}, $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}. De rode punten geven de in het ondiepe filter (40-50 cm-mv) gemeten standen weer (diepe standen onder filterniveau van ondiepe peilbuis zijn niet gemeten). De zwarte lijn geeft de door SWAP berekende freatische stijghoogte na calibratie weer.



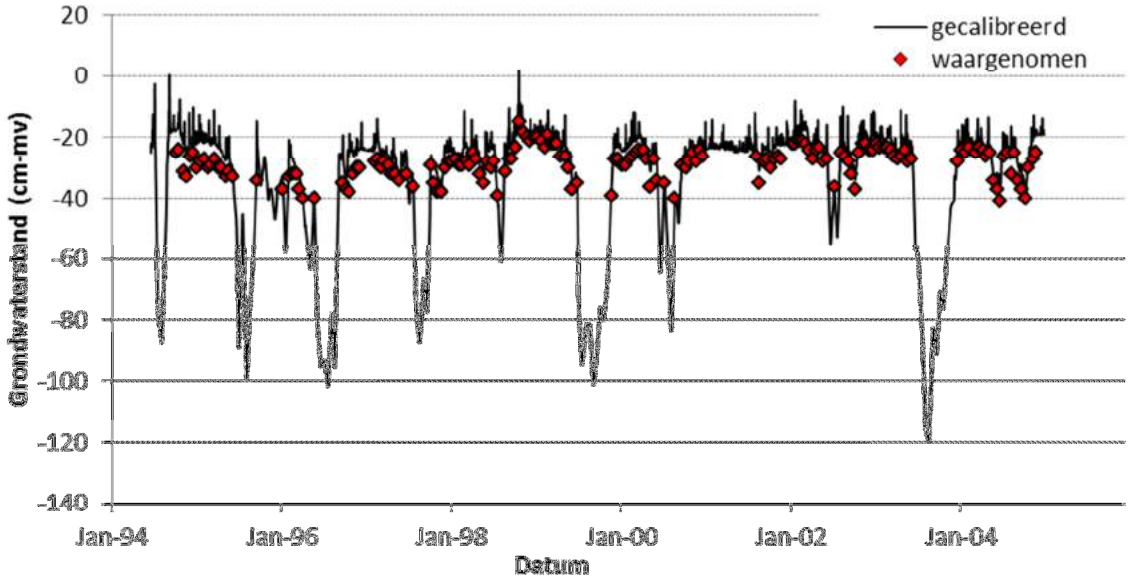
Figuur 3-7: Netto kwelflux minus de drainageflux (cm/d) voor locatie P15 bij calibratie op γ_{drain}, $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}.



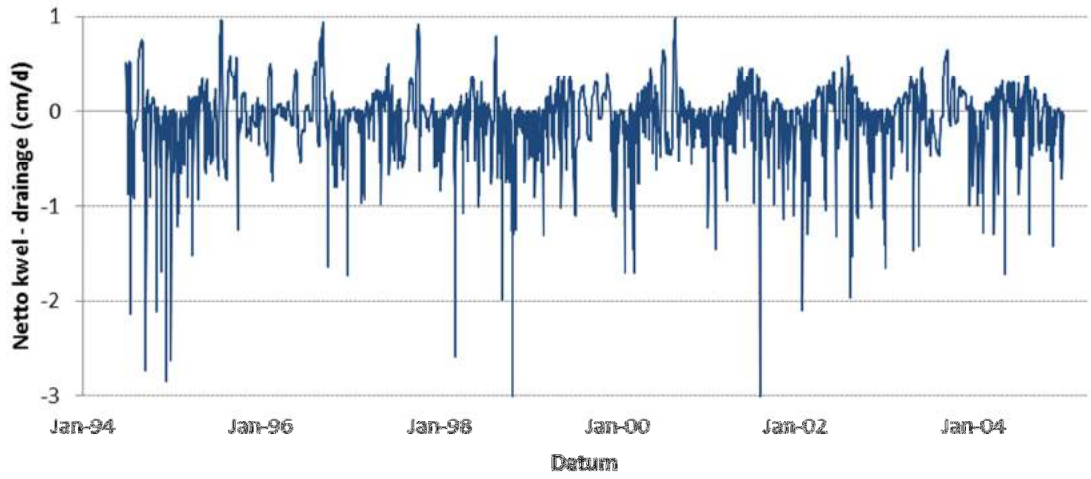
Figuur 3-8: Gemeten en berekende grondwaterstanden voor locatie S2 bij calibratie op γ_{drain}, $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}. De rode punten geven de in het ondiepe filter (40-50 cm-mv) gemeten standen weer (diepe standen onder filterniveau van ondiepe peilbuis zijn niet gemeten). De zwarte lijn geeft de door SWAP berekende freatische stijghoogte na calibratie weer.



Figuur 3-9: Netto kwelflux minus de drainageflux (cm/d) voor locatie S2 bij calibratie op γ_{drain}, $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}.



Figuur 3-10: Gemeten en berekende grondwaterstanden voor locatie S6_var2 bij calibratie op γ_{drain}, $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}. De rode punten geven de in het ondiepe filter (40-50 cm-mv) gemeten standen weer (diepe standen onder filterniveau van ondiepe peilbuis zijn niet gemeten). De zwarte lijn geeft de door SWAP berekende freatische stijghoogte na calibratie weer.

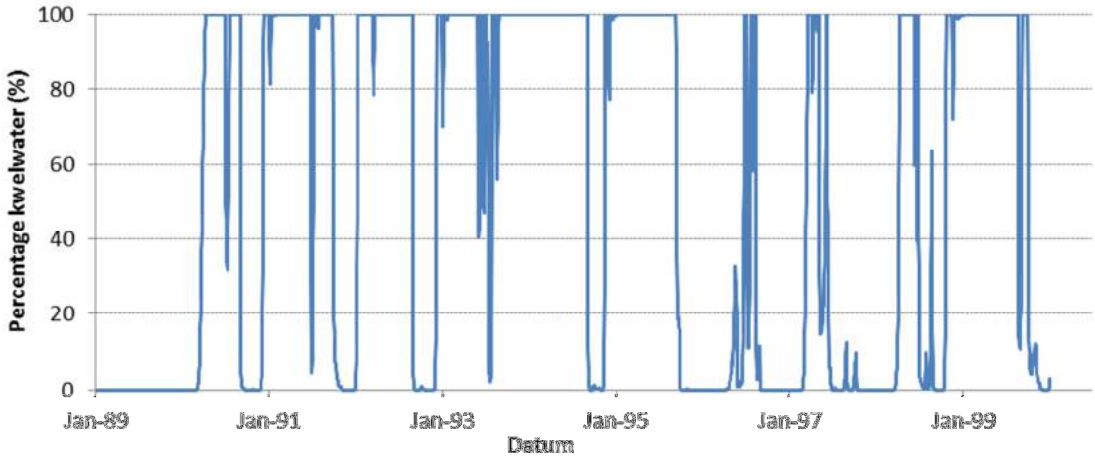


Figuur 3-11: Netto kwelflux minus de drainageflux (cm/d) voor locatie S6, variant 2 bij calibratie op γ_{drain}, $\gamma_{semi-conf}$ en Z_{sill}.

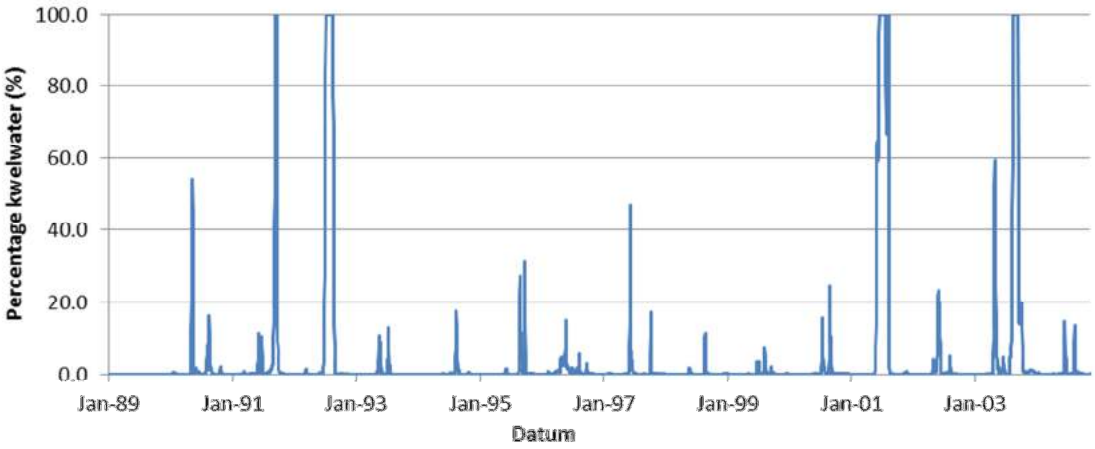
3.2.5 Aandeel kwel in de wortelzone

In het voorafgaande zijn de balanstermen van de totale gecalibreerde modellen geanalyseerd. Waar het uiteindelijk echter om draait is de vraag of opwellend basenrijk grondwater wel of niet, en zo wel: in welke mate, de wortelzone bereikt. Het grondwater zal immers in meer of mindere mate lateraal afstromen en in het bovenste deel van het profiel verdrongen worden door infiltrerend basenarm regenwater. Om dit te onderzoeken is aan het water dat aan de onderzijde het model binnen stroomt een tracer meegegeven met een concentratie van 1 mg/cm^3. In het neerslagwater heeft de tracer een concentratie van 0 mg/cm^3. Vervolgens is het concentratieverloop op 10 cm-mv als uitvoer uit de modellen gehaald. Het concentratieverloop is omgerekend naar de verdunningsfactor van het grondwater (uitgedrukt als percentage kwelwater; 100% is dus porievocht dat volledig uit toestromend grondwater bestaat). Deze maat noemen we hieronder ook '***kwelinvloed***'. Typische concentratieverlopen zijn weergegeven in Figuur 3-12en Figuur 3-13 . Volgens de modellen komt bij Punthuizen P5 en P15 in een groot aantal jaren vanaf de start van de inundatieperiodes tot het begin van de zomer 100% grondwater aan maaiveld. Vanaf het begin van zomer wordt het grondwater verdrongen door infiltrerend regenwater. Gemiddeld bedraagt het aandeel kwelwater op 10 cm diepte 58% (P15) tot 76% (P5_var1). Opvallend afwijkend is wederom de periode vanaf de droge winter van 1995-1996. Bij P15 bedraagt in de periode december 1995 tot december 1997 het percentage kwelwater op 10 cm diepte slechts 16%. Bij P9 geeft het model een beperkte invloed van gemiddeld 5% kwelwater. Dit is waarschijnlijk een overschatting door de eerder genoemde onvolkomenheden (ontbreken waarnemingen, schijnbare verschuivingen) in de gebruikte stijghoogtemeetreeks. Vervolgens is tevens de opwaartse flux berekend als het aandeel kwelwater 1% of meer bedraagt, de neerslaglens is dan afwezig verondersteld (Tabel 3-7). Bij P9 blijkt deze flux met gemiddeld 0.1 mm/d erg klein vergeleken met de meerdere mm/d bij P5 en P15. Net als bij de lage netto kwelfux - drainageflux heeft dit waarschijnlijk te maken met de nabijheid van ontwatering in de westelijke dekzandrug en de dichtere ligging op de Puntbeek.

Bij de doorgerekende locaties in Stroothuizen is de kwelinvloed op 10 cm -mv beperkt en bedraagt de gemiddelde kwelinvloed enkele procenten (Tabel 3-7). De periodes waarin kwelwater volledig tot aan maaiveld doordringt zijn bij Stroothuizen kortdurend en laagfrequent (Figuur 3-13). De opwaartse flux bij >1% kwelwater bedraagt 0.2mm/d bij S2. Bij S6 varieert de flux afhankelijk van de scenario's. Bij de geplagde variant (S6_var3), die waarschijnlijk het beste de huidige situatie weerspiegelt, bedraagt de flux gemiddeld 0.4 mm/d. Bij de varianten zonder maaiveldaanpassing bedraagt de flux slechts gemiddeld 0.1 mm/d. Bij dit laatste model wordt zowel de drainageweerstand als de voedingsweerstand laag geschat.



Figuur 3-12: Percentage kwelwater in het porievocht van de wortelzone (10 cm-mv) bij P15.



Figuur 3-13: Percentage kwelwater in het porievocht van de wortelzone (10 cm-mv) bij S2.

Tabel 3-7: Gemiddeld aandeel kwelwater in het porievocht op 10 cm diepte en de jaargemiddelde opwaartse stroming als een neerslaglens afwezig is (>1% kwelwater). Ter vergelijking is in de rechterkolom ook de bruto opwaartse flux (opwaartse flux zonder aftrek van neerwaartse flux en drainageflux) gegeven.

Model	Locatie	Gemiddeld aandeel kwelwater in het bodemvocht op 10 cm diepte (%)	Jaargemiddelde opwaartse stroming naar de wortelzone (10 cm-mv) bij ontbreken neerslaglens (mm/d)	Opwaartse flux over onderrand model (mm/d)
P5_var1	Punthuizen	76.3	6.1	7.8
P5_var2	Punthuizen	62.8	4.4	5.5
P9	Punthuizen	5.3*	0.1	1.3
P15	Punthuizen	58.0	3.5	4.7
S2	Stroothuizen	3.8	0.2	4.4
S6_var1	Stroothuizen	1.4	0.1	2.4
S6_var2	Stroothuizen	1.6	0.1	3.1
S6_var3	Stroothuizen	8.0	0.4	2.5

*Gecorrigeerd voor gaten in de invoerreeks, waarschijnlijk overschatting

3.2.6 Scenario's regionaal model

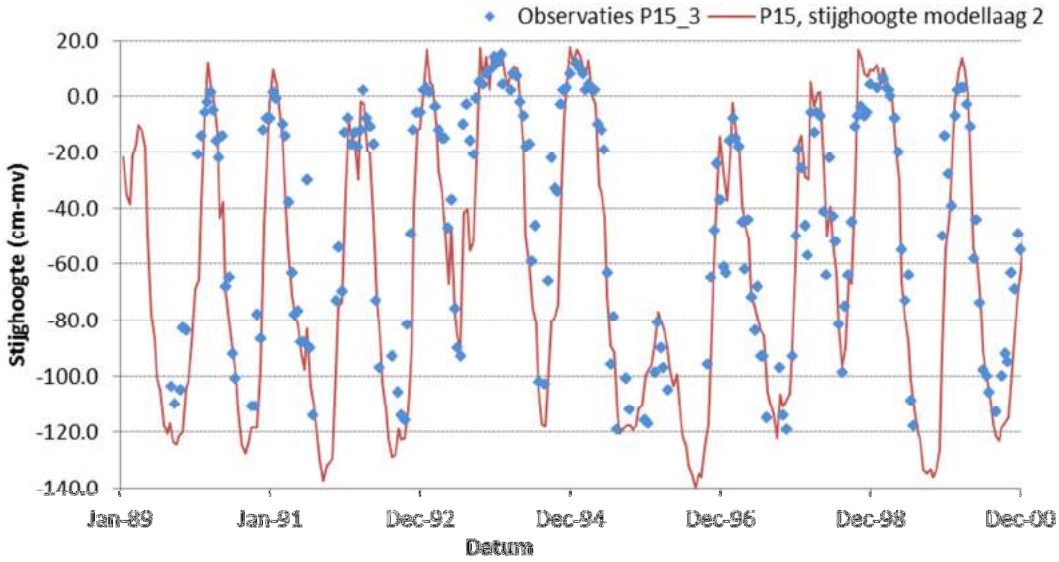
Aanpak
Door Tauw is het regionale geohydrologische model verfijnd en verbeterd met als doel om maatregelscenario's voor Natura 2000 gebieden te evalueren. Het betreft een instationair model dat voor kleine modelcellen de stijghoogte in het freatisch pakket simuleert. Het gemodelleerde waterstandsverloop van dit model is gebruikt om voor elke locatie met het opgestelde SWAP-model de kwelflux en kwelinvloed te evalueren. Daarbij zijn de volgende scenario's gebruikt:

- Huidig: toestand met actuele ontwatering en peilen van beken;
- Korte termijn. Dit betreft een scenario waarin de korte termijn maatregelen (maatregelen 1e beheerplan periode) uit de PAS gebiedsanalyse meer in detail zijn uitgewerkt.
- Lange termijn. Dit betreft de maatregelen uit het korte termijn scenario aangevuld met een peilverhoging in de Puntbeek.

Voor de uitwerking van de maatregelen en de wijze waarop deze zijn doorgerekend wordt verwezen naar Bor (2016). Voor Punthuizen zijn in het model specifiek de overstorthoogtes aangepast aan lokale informatie zodat het verloop van hoge waterstanden daar beter wordt gemodelleerd. Bij Stroothuizen is de overeenkomst van gemeten en berekende hoge grondwaterstanden beduidend minder goed dan bij Punthuizen.

Evaluatie huidig scenario
De stijghoogtesimulatie in de huidige situatie geven voor Punthuizen verrassend goede resultaten (Figuur 3-14). Wel lijkt de door het regionale model berekende stijghoogte iets verder weg te zakken dan de gemeten stijghoogtes. Deels kan dit ook liggen aan vakantieperioden van de peilbuisopnemer waardoor juist de diep standen niet gemeten zijn. De simulaties voor P5 en P15 zijn echter voldoende goed om als onderrandvoorwaarde door te rekenen in de betreffende gecalibreerde SWAP-modellen. Het gaat hierbij de SWAP modelvarianten P5_var1 en P15. De resultaten hiervan zijn opgenomen in

Tabel 3-8. De resultaten van het Huidig scenario laten bij P5_var1 minder kwelinvloed zien in de wortelzone en een wat kleinere flux in vergelijking met het SWAP-model met de gemeten reeks als invoer (Tabel 3-7). Bij P15 is de kwelinvloed eveneens wat kleiner, maar is de kwelflux wat groter dan berekend met de gemeten invoerreeks.



Figuur 3-14: Gemeten en met het regionale model berekende stijghoogtes voor P15_3.

Bij P9 blijkt het Tauw model geen bruikbare reeksen te genereren. Het regionale model simuleert hier een stijghoogte in de diepere laag boven het freatische niveau, wat zal resulteren in kwel, terwijl de meetreeksen duidelijk op wegzijging wijzen. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door lokale verschillen in hoogteligging die in het regionale model door de discretisatie weg zijn gevallen.

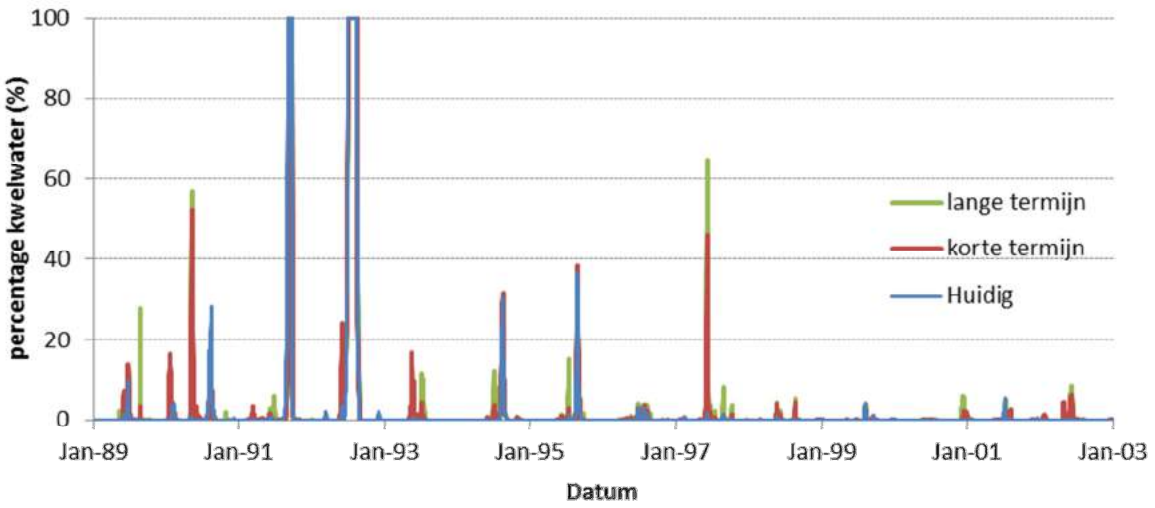
Bij Stroothuizen komen de uitkomsten van het regionale model minder goed overeen met de metingen. Bij S6 wordt vanaf 1994 een veel te hoge stijghoogte gesimuleerd. Waarschijnlijk komt dit doordat in het model het effect van het in 1994 verwijderen van een drempel niet is verdisconteerd. Deze reeksen zijn hierdoor niet bruikbaar voor de analyse. Bij S2 komen de diepere stijghoogtes wel goed overeen met de metingen. Hier wijken echter de standen boven maaiveld sterk af van de metingen. Er treden volgens het model inundaties op tot 50 cm boven maaiveld, die in de observaties niet voorkomen. Om toch een aantal scenario's voor Stroothuizen door te kunnen rekenen is besloten de te hoge inundaties af te toppen op het in S2 gemeten inundatieniveau. De simulatie met het Huidig scenario resulteert voor S2 in een iets kleiner aandeel kwelwater op 10 cm diepte dan bij de gemeten reeks als input (2.4% vs 3.6%) ook de flux wordt lager geschat op basis van de reeks uit het numerieke model.

Evaluatie scenario's Korte termijn en Lange termijn
De scenario's resulteren bij Punthuizen in een toename van het aandeel kwelwater op 10 cm diepte en een toename van de jaargemiddelde opwaartse stroming bij het ontbreken van een neerslaglens (Tabel 3-8). Bij Stroothuizen zijn de veranderingen absoluut bezien gering. Relatief gezien gaat het qua jaargemiddelde opwaartse stroming echter om een verdubbeling van ten opzichte van de huidige situatie. De resultaten van de scenario's Korte termijn en Lange termijn verschillen nauwelijks omdat deze niet verschillen in maatregelpakket (Figuur 3-15).

Tabel 3-8: Resultaten doorrekenen regionale hydrologische scenario's.

Model	Locatie	Scenario	Gemiddeld aandeel kwelwater in het bodemvocht op 10 cm diepte (%)	Jaargemiddelde opwaartse stroming bij ontbreken neerslaglens (mm/d)
P5_var1	Punthuizen	Huidig	55.9	4.6
		Korte termijn	59.9	5.4
		Lange termijn	62.8	5.8
P9	Punthuizen	Huidig	*47.2*[(1)]	*1.5*[(1)]-
P15	Punthuizen	Huidig	55.5	4.1
		Korte termijn	59.6	4.9
		Lange termijn	65.0	5.6
S2	Stroothuizen	Huidig	2.4[(2)]	0.10[(2)]
		Korte termijn	2.6[(2)]	0.20[(2)]
		Lange termijn	2.6[(2)]	0.22[(2)]
S6_var3	Stroothuizen	Huidig	-[(3)]	-[(3)]

(1) Stijghoogte in regionaal model overschat t.o.v. metingen, resultaat onbetrouwbaar, geen verdere scenario's doorgerekend
(2) Stijghoogtes boven maaiveld aangepast a.d.h.v. metingen S2,
(3) Weghalen drempel niet in numeriek model, geen scenario's doorgerekend



Figuur 3-15: Effect van de drie met het numerieke model doorgerekende scenario's op het percentage kwelwater in het porievocht van de bodem op 10 cm diepte bij meetpunt S2.

Gevoeligheid scenario's met aanpassing van drainageweerstanden en drainagebasis
In bovenstaande analyse is gerekend met de door het regionale model berekende stijghoogtes, maar zijn de drainageweerstanden en is de drainagebasis niet aangepast ten opzichte van de gecalibreerde SWAP-modellen. Door het dempen en verondiepen van sloten zullen deze parameters in werkelijkheid wel veranderen en van invloed zijn op de verdeling tussen afvoer via drainage en aanvoer naar maaiveld.

Problematisch bij het doorrekenen van het korte termijn scenario is dat de drainagebasis en drainageweerstand die horen bij de door het regionale model gegenereerde stijghoogtereeksen niet bekend zijn. Op basis van de maatregelen kaarten is een schatting gemaakt van de veranderingen. Omdat het gaat om maatregelen op wat grotere afstanden wordt het lokale ondiepe ontwateringssysteem (systeem 1) constant gehouden. Bij Stroothuizen worden sloten direct rond het

natuurgebied gedempt. De afstand van deze sloten tot S2 en S6 bedraagt 100-200 meter. Op basis van een vuistregel van Van der Gaast et al. (2006) zou de drainageweerstand tot deze sloten dan een factor 1.5 maal deze afstand bedragen. De drainageweerstand komt dan op 150- 300 dagen. Deze waarde komt goed overeen met de gevonden drainageweerstand van het tweede systeem bij S6_variant3 van 250 dagen. De drainageweerstand van het tweede systeem is bij S2 geschat op 665 dagen wat volgens de vuistregel overeenkomt met een slootafstand van ca. 440 meter. Hiermee komen voor S2 ook de sloten ten westen van het gebied in beeld. De drainagebasis van ca. 30 cm-mv wordt voor de scenario's aangehouden, maar 1 scenario wordt doorgerekend met een drainagebasis van -25 cm.

Bij Punthuizen is de drainageweerstand van het 2e systeem met SWAP-PEST geschat op minimaal 900 dagen. Dit komt overeen met een slootafstand van ca. 1350 meter. De sloten ten westen van het reservaat lijken hiermee bepalend. In de maatregelenkaart wordt deze sloot verondiept naar 30 cm-mv. De sloten direct ten noordwesten worden verondiept naar 60-80 cm-mv, de iets verder gelegen sloten echter niet. Besloten is een diepte van 100 cm-mv aan te houden. In Tabel 3-9 zijn de voorgestelde modelaanpassingen samengevat. Om het aantal scenario's beperkt te houden zijn alleen de SWAP-modellen voor het korte termijn scenario aangepast. Gezien de onzekerheid in de drainageweerstanden binnen het scenario is zowel een variant met een toename van 25% als een variant met een toename van 50% doorgerekend.

Tabel 3-9: Aangepaste drainagebasisen en drainageniveau's in combinatie met het Korte termijn scenario.

Model	Locatie	Scenario	ϕ_{drain}_2	γ_{drain}_2
P5_var1	Punthuizen	Korte termijn_basis	-117.3	900
		Korte termijn 1	-100.0	900
		korte termijn 2	-100.0	1125
		Korter termijn 3	100.0	1350
P15	Punthuizen	Huidig	-106.0	900
		Korte termijn 1	-100.0	900
		Korte termijn 2	-100.0	1125
		Korte termijn 3	-100.0	1350
S2	Stroothuizen	Huidig	-30.0	665
		Korte termijn 1	-30.0	831
		Korte termijn 2	-30.0	998
		Korte termijn 3	-25.0	665

Zoals al aangegeven compliceert het feit dat de bij de stijghoogtereeksen behorende informatie over drainagebasis en drainageweerstand niet beschikbaar zijn voor de analyse. Als bijvoorbeeld de in SWAP ingevoerde (geschatte) drainagebasis hoger is dan die behoort bij de door het regionale model gegenereerde stijghoogtereeks, dan zal de kwelflux afnemen omdat de freatische grondwaterstand dan verhoudingsgewijs meer stijgt dan de hard opgelegde stijghoogtereeks en de stijghoogtegradiënt verhoudingsgewijs afneemt. De in Tabel 3-10 opgenomen resultaten kunnen dan ook niet worden gebruikt om de voorgestelde maatregelen aan te toetsen of te evalueren.

Wel geven de resultaten inzicht in de gevoeligheid van de modelsimulaties voor de drainagebasis en drainageweerstand van het tweede meer grotere systeem. Bij Punthuizen blijkt een hogere drainagebasis in combinatie met stijghoogten uit het regionale model te resulteren in een afname van de jaargemiddelde opwaartse stroming bij ontbreken neerslaglens. Bij P5 bedraagt deze afname ca. 1 mm/d bij een verhoging van de drainagebasis met 17 cm. Bij P15 bedraagt de afname 0.4 mm/d bij een stijging van de drainagebasis met 6 cm. De gemodelleerde fluxen zijn dus gevoelig voor de in het model ingevoerde drainagebasis. Overigens blijft de flux bij deze aanpassingen nog steeds hoog. Het gemiddeld aandeel kwelwater in het bodemvocht op 10 cm diepte veranderd nauwelijks, dit komt

omdat door het verhogen van de drainagebasis ook de drainageflux afneemt. Het verhogen van de drainageweerstand geeft een zeer beperkte stijging van de flux en het aandeel kwelwater in het bodemvocht. Dit komt omdat de drainageweerstand bij P5 en P15 al relatief hoog is in de SWAP modellen, een verdere verhoging heeft geen groot effect. Ook bij Stroothuizen zijn de modellen gevoelig voor het niveau van de drainagebasis, maar beperkter dan bij Punthuizen. Het verhogen van de drainageweerstand heeft hier nauwelijks effect op de flux naar de wortelzone, maar wel een licht positief effect op het percentage kwelwater in de wortelzone.

Tabel 3-10: Resultaten gevoeligheidsanalyse modelresultaten

Model	Locatie	Scenario	Gemiddeld aandeel kwelwater in het bodemvocht op 10 cm diepte (%)	Jaargemiddelde opwaartse stroming bij ontbreken neerslaglens (mm/d)
P5_var1	Punthuizen	Korte termijn_basis	59.9	5.4
		Korte termijn 1	57.1	4.44
		korte termijn 2	57.4	4.45
		Korter termijn 3	57.6	4.46
P15	Punthuizen	Korte termijn basis	58.3	4.8
		Korte termijn 1	57.6	4.4
		Korte termijn 2	57.7	4.5
		Korte termijn 3	58.1	4.5
S2	Stroothuizen	Korte termijn basis	2.60	0.20
		Korte termijn 1	2.14	0.18
		Korte termijn 2	2.16	0.17
		Korte termijn 3	2.44	0.18

Een mogelijke manier om meer gevoel te krijgen bij de drainagebasis en weerstand bij de locaties in het korte-termijn scenario is het modelleren van de gegenereerde tijdreeks met tijdreeksanalyse in *Menyanthes*. De met de tijdreeksanalyse afgeleide drainagebasis kan dan als input worden gebruikt voor het SWAP model. Daarnaast is het van groot belang om de stijghoogtes bij Stroothuizen beter te modelleren. Aanpassingen aan de overloopniveaus en maaiveldhoogten in het regionale model zijn hiervoor gewenst.

3.2.7 Discussie en conclusies

Uit de simulaties met een opgelegde stijghoogtemeetreeks als onderrandvoorwaarde en calibratie op gemeten grondwaterstanden lijken realistische fluxen naar voren te komen. Ook de patronen lijken goed overeen te komen met beschreven processen (o.a Jansen et al., 2001; Jansen & Aggenbach 1990). In deze eerste poging is de calibratie van de SWAP-modellen omwille van de doorlooptijd en budget beperkt uitgevoerd. We bevelen aan in een volgende fase zou voor een aantal modellen de parameterruimte voor de drainageweerstanden te verruimen en ook de opgelegde drainageniveaus te betrekken in de calibratie. Hiervoor moeten dan wel realistische grenzen voor opgesteld worden. Een nauwkeurige meting van maaiveldhoogtes en overstorthoogtes is hiervoor gewenst. Ook blijkt uit de analyse het belang van langdurige opnames van de grondwaterstanden op meerdere dieptes per locatie.

Op basis van de resultaten van de huidige modellen lijkt de kwelzone in Punthuizen in ieder geval deels nog te functioneren: er treden lokaal hoge kwelfluxen op en de kwelinvloed in de wortelzone is groot. De kwelflux is daarbij erg gevoelig voor de dynamiek van de diepere stijghoogte. Deze wordt bepaald door de variatie regionale stijghoogtes in combinatie met de opbolling van de freatische grondwaterstand in de omliggende dekzandruggen. Maatregelen in de omgeving die de grondwaterstand in deze dekzandruggen verhogen hebben dan ook direct effect op de waterbalans van het reservaat. Dit maakt het reservaat ook kwetsbaar voor variaties in het weer, en in het bijzonder voor droge winters. In droge winters, zoals de winter 1995-1996, treedt er nauwelijks kwel op en kan (tijdelijk) uitloging van basen verzuring optreden (2.2).

In de zones met basenrijke kwel in Stroothuizen is de kwelflux gering. Netto treedt hier zelfs lichte wegzijging op en het aandeel van kwelinvloed in de wortelzone is gemiddeld laag. Dit betekent dat ondanks periodieke kwel in natte perioden de invloed van neerslagwater in de wortelzone groot is. De meteorologische variatie werkt minder sterk door op de kwelfluxen en kwelinvloed in de wortelzone dan in Punthuizen, maar desondanks vertoont de kwelflux variatie in de tijd. Op basis van de modelsimulaties lijkt gedurende een lange periode (1993-2001) slechts een beperkte aanvoer van grondwater naar de wortelzone te zijn opgetreden. In de periode voor 1993 trad deze aanvoer wel op (natte winters), en ook in de periode 2001-2004 lijkt de aanvoer weer op te treden.

De scenario's met kortetermijn- en langetermijnmaatregelen hebben volgens de modelsimulaties een beperkt positief effect op de aanvoer van grondwater naar de wortelzone. De effecten zijn absoluut bezien duidelijk groter dan in Stroothuizen. Problematisch bij het doorrekenen van de scenario's is echter dat de drainagebasis en drainageweerstand die horen bij de door het regionale model gegenereerde stijghoogtereeksen niet bekend zijn. De resultaten kunnen dan ook niet worden gebruikt om de voorgestelde maatregelen aan te toetsen of te evalueren. Wel geven de resultaten inzicht in de gevoeligheid van de modelsimulaties voor de drainagebasis en drainageweerstand van het tweede meer grotere systeem. Hieruit blijkt vooral een gevoeligheid voor de drainagebasis, het is zoals eerder aangegeven voor een vervolg aan te raden om deze niveaus te betrekken in de analyse.

4 Synthese

4.1 Beantwoording van de vragen

Hieronder geven we antwoord op de vragen. In Tabel 4-1 wordt per locatie met als doel een basenrijk vegetatietype een overzicht gegeven van de bevindingen uit Hoofdstuk 3.

1. Wat zijn de huidige basenverzadiging en zuurbuffercapaciteit?
2. Hoe hebben de basenverzadiging en zuurbuffercapaciteit zich in de afgelopen jaren ontwikkeld?

In Punthuizen zijn in de kwelzone (Locaties P5 en P15) de basenverzadiging en bodem-pH over het algemeen hoog, maar vertoonde de basenverzadiging wel op een tijdschaal van enkele jaren een grote dynamiek. De hoge basenrijkdom gaat samen met een constante aanwezigheid van basenminnend blauwgrasland. Op locaties buiten de slenk en buiten deze kwelzone (P9 en P12) zijn de basenverzadiging en pH laag. Weliswaar hebben deze locaties een relatief basenarm doelvegetatietype (associatie van Veelstengelige waterbies), maar zijn deze onderhevig aan verzuring en deels ook afname van de basenverzadiging. Diepe ontwatering in de dekzandrug aan de westzijde van de slenk beperken de hoogte van de freatische stand hier sterk. Mogelijk ontbreekt aan de westzijde van de slenk een basenrijke kwelzone als gevolg van deze ontwatering. De berekende kwelfluxen zijn hier ook laag.

In Stroothuizen was een deel van de locaties al basenarm en is de basenrijkdom daar niet of nauwelijks hersteld na het nemen van interne herstelmaatregelen. Na het nemen van de maatregelen trad zelfs zwakke tot sterke verzuring op en een daling van de basenverzadiging. Een aantal locaties die na plaggen basenrijk zijn geworden, zijn daarna weer verzuurd. Daarbij ontwikkelt zich ook een basenarme en zure organische laag boven op het minerale profiel.

In Stroothuizen heeft de dynamiek van organische stof ook grote invloed op de ontwikkeling van de basenrijkdom. Door tijdelijke afbraak van organische stof kunnen de basenverzadiging en pH tijdelijk stijgen; accumulatie van humus bevordert bij een te geringe kwelflux een daling van de basenverzadiging en pH. De basenminnende doeltypen hebben zich daardoor in Stroothuizen op de meeste locaties niet duurzaam ontwikkeld.

Samenvattend: in Punthuizen is een hoge basenrijkdom kwetsbaar voor langere periodes van droogte, maar deze kan zich in natte jaren door hoge kwelfluxen snel herstellen. In Stroothuizen is dat niet het geval; daar is een hoge basenrijkdom niet duurzaam.

3. Wat is de waterkwaliteit van het kwellende grondwater ter plaatse?

De basenrijkdom (Ca+Mg+K+Na) en het bicarbonaatgehalte van het toestromende grondwater verschillen aanzienlijk tussen beide gebieden. De kwelzone van Punthuizen heeft toestroming van zeer basenrijk grondwater. In Stroothuizen is het toestromende grondwater vaak minder basenrijk. Er is in dit gebied maar één locatie waar het toestromende grondwater een vergelijkbaar hoog basengehalte heeft als in Punthuizen. De basenrijkdom en het bicarbonaatgehalte worden tevens sterk beïnvloed door de dynamiek van de freatische stand. In droge periode treedt zuurvorming op door oxidatieprocessen. Dit verlaagt tijdelijk de het bicarbonaatgehalte en kan zorgen voor desorptie van basen en daarmee voor tijdelijke uitloging. Het optreden van verzuring door lage grondwaterstanden verschilt per locatie. Die verschillen zijn vermoedelijk te wijten aan verschillen in sulfidengehalte en gereduceerde ijzerverbindingen en het diepteprofiel van deze mineralen. Zuurvorming trad op in de zomerperioden en ook sterk in de periode met droge winters (1995-1997). Verder was er een locatie (S19) waar langdurige afbraak organische stof zorgde voor sterke desorptie van calcium en daardoor voor hoge Ca-concentraties ondiep in het profiel.

De patronen in van de basenrijkdom van het ondiepe grondwater worden sterk bepaald door de balans van kwel en wegzijging en de dynamiek daarvan. Deze verschillen sterk tussen Stroothuizen en Punthuizen. De SWAP-modelleringen laten zien dat Punthuizen en hoge netto-kwelflux heeft, terwijl Stroothuizen netto wegzijging heeft. In Punthuizen treedt gedurende de winter en het voorjaar een sterke kwelflux op in de oostrand van de slenk. De modelberekeningen laten dan ook zien dat gedurende een lange tijd het aandeel van grondwater in de wortelzone hoog is. Dit blijkt ook uit de geringe stratificatie van de Ca- en HCO3-concentratie in het profiel gedurende de kwelperioden. In de kwelperiode is dat overal vrijwel even hoog. In Stroothuizen treedt in een groot deel van de natte periode geen kwel op, maar juist wegzijging. In de winterperiode treedt daardoor infiltratie van relatief basenarm neerslag- en oppervlaktewater. Veel van de locaties laten daarom van ondiep naar dieper in het profiel oplopende Ca- en HCO3-concentraties zien. De berekeningen van het grondwateraandeel in de bodemtoplaag (10 cm-mv) met SWAP geeft aan dat op de locaties in Stroothuizen grotendeels uit neerslagwater bestaat. Aan het eind van het natte seizoen gaat door het uitzakken van het freatisch peil en het opgang komen van verdamping wel kwelinvloed optreden. Deze 'kwelflux' heeft door de diepe indringing van neerslagwater dan vaak een relatief lage basenrijkdom. Het stagante karakter van water in de slenk van Stroothuizen blijkt ook uit de hoge indampfactor die kan worden afgeleid uit de metingen van chloride en de SWAP-modelleringen. Met de afwisseling van een geringe opwaartse en neerwaartse stroming, terwijl de planten behoorlijk verdampen, ontstaat een ingedikte waterlaag die heen en weer beweegt in de bodem. Drempels die van invloed zijn op de afvoer van oppervlaktewater hebben hier vermoedelijk geen grote invloed op. Op de locaties in Stroothuizen treedt alleen in natte jaren kortstondig aanvoer op van puur grondwater naar de bodemtoplaag. In de jaren '90 was er ook een meerjarige periode zonder dat er weinig verdund grondwater de wortelzone bereikte.

Samenvattend: de kwelzone met blauwgrasland in Punthuizen heeft een hoge kwelflux met een hoge basenrijkdom. De periodieke kwelzones in Stroothuizen hebben kortstondig een geringe kwelflux die in geringe mate basen naar de wortelzone transporteren.

4. Hoe groot is benodigde kwelflux om die basenverzadiging op peil te brengen en te houden voor instandhouding van basenminnende habitattypen?

De benodigde kwelfluxberekeningen houden rekening met aanvoer van basen om 1) de bestaande organische-stofvoorraad basenrijk te maken, 2) nieuwe organische stof basenrijk te maken, 3) het verlies van basen door maaibeheer te compenseren en 4) verzurende atmosferische depositie te neutraliseren. In Punthuizen bedraagt de benodigde kwelflux 0.3 tot 0.9 mm/d (uitgemiddeld over het hele jaar). In Stroothuizen bedraagt dat duidelijk meer: ca. 1 tot 5 mm/d. De grotere vereiste kwelflux in Stroothuizen hangt samen met de minder hoge basenrijkdom van het toestromende grondwater, de aanwezigheid van een significante organische-stofvoorraad (ook na plaggen) met een lage tot matige basenverzadiging en de hoge accumulatiesnelheid van organische stof. De hoge accumulatiesnelheid in Stroothuizen hangt samen met een relatief hoge productiviteit van de vegetatie.

In Punthuizen is de actuele kwelflux bij het ontbreken van een neerslaglens, die is berekend met de SWAP-modellering, veel groter dan de noodzakelijk kwelflux (zie Tabel 4-1). Dit is dan ook een verklaring dat in Punthuizen tijdelijke uitloging door zuurvorming snel kan worden gecompenseerd. Het niet in de modellen meenemen van de benodigde flux om deze uitloging te compenseren heeft dan ook geen consequenties voor de conclusies. Voor locatie S2 in Stroothuizen is de actuele kwelflux bij het ontbreken van een neerslaglens (resp. 0.2 mm/d) juist meer dan één ordegrootte kleiner dan de vereiste kwelflux (4.7 mm/d). De kwelfluxberekening gebaseerd op een toename van de basenvoorraad laat zien dat in de periode 1990-1999 de kwelflux zeer laag was (0.1 mm/d) en in de periode 1999-2009 duidelijk hoger (1.15 mm/d). Deze actuele kwelfluxen liggen dus ook nog onder het vereiste niveau. Locatie S2 was basenarm en hier is ook nauwelijks in basenverzadiging toegenomen. Voor locatie S6 in Stroothuizen is de actuele kwelflux bij het ontbreken van een neerslaglens (2.5 mm/d) juist hoger dan de vereiste kwelflux (1.3 mm/d). Bij opbouw van organische stof na het plaggen blijft de minerale toplaag een hoge basenverzadiging houden, maar ontwikkelt zich een basenarmere organische laag. De discrepantie tussen voldoende kwel en toch een verzurende toplaag kan twee oorzaken hebben: 1) de berekening van de actuele kwelflux bij het ontbreken van een neerslaglens gaat uit van een grondwateraandeel in de zone op 10 cm -mv van 1% of meer, wat betekent dat een aanzienlijk deel van de kwelflux nog steeds sterk met basenarm

regenwater kan zijn gemengd, wat ook blijkt uit de relatief lage basenrijkdom van het grondwater op 40-50 cm diepte; 2) basenrijk grondwater kan moeilijk in de organische laag doordringen, mogelijk door ongunstige capillaire eigenschappen. Verder zorgt de geringe kwelflux en netto wegzijging in Stroothuizen dat de verzurende werking van atmosferische depositie kan door werken op de bodem.

5. Is een schatting te maken van de huidige en toekomstige kwelflux? Zo ja, hoe groot is deze en hoe betrouwbaar is de schatting?

Ja, er kan een grove schatting worden gemaakt van de huidige kwelfluxen op de meeste geanalyseerde locaties. De SWAP modellen konden goed gecalibreerd worden en daarmee de huidige kwelflux en ook menging van grondwater en neerslagwater modelleren. De modellering met SWAP was mogelijk omdat er meerjarige meetreeksen beschikbaar waren van drie ondiepe peilbuisfilters op een locatie. Een belangrijke factor voor een goede berekening van de kwelflux is namelijk invoer van het verschil in freatische stand en de stijghoogte dieper in het freatische pakket. In deze eerste poging is de calibratie van de SWAP-modellen omwille van de doorlooptijd en budget beperkt uitgevoerd. Voor een volgende fase verdient het aanbeveling om voor een aantal modellen de parameterruimte voor de drainageweerstanden te verruimen en ook de opgelegde drainageniveaus te betrekken in de calibratie.

Door het regionale grondwatermodel gegenereerde reeksen voor de grondwaterstand op het niveau van het diepste filter zijn gebruikt als invoerreeks in de opgestelde SWAP-modellen. Dit kon omdat het numerieke grondwatermodel vergaand verfijnd was voor de waterhuishouding van de natuurgebieden. Voor de kwelzone van Punthuizen konden de uitvoerreeksen rechtstreeks gebruikt worden wegens een bijzonder goede fit van de gemodelleerde huidige situatie op de gemeten waterstandsreeks. Voor Stroothuizen was een gedeeltelijke aanpassing van de uitvoerreeksen nodig door een gedeeltelijk mismatch van het numerieke model met gemeten standen (locatie S2). In het bovenstrooms deel van de slenk kon het numerieke grondwatermodel de waterstandsdynamiek niet goed volgen en kon hierdoor de kwelflux niet worden berekend (locatie S6). Problematisch bij het doorrekenen van de scenario's is echter dat de drainagebasis en drainageweerstand die horen bij de door het regionale model gegenereerde stijghoogtereeksen niet bekend zijn. De resultaten kunnen dan ook niet worden gebruikt om de voorgestelde maatregelen aan te toetsen of te evalueren. Wel geven de resultaten inzicht in de gevoeligheid van de modelsimulaties voor de drainagebasis en drainageweerstand van het tweede meer grotere systeem. Hieruit blijkt vooral een gevoeligheid voor de drainagebasis. Het is zoals eerder aangegeven voor een vervolg aan te raden om deze niveaus te betrekken in de analyse van het huidige systeem.

6. Zijn de voorgenomen maatregelen voldoende voor duurzame instandhouding van de habitattypen?

Zoals aangegeven, kunnen de scenario's niet met voldoende zekerheid worden geëvalueerd of getoetst met de SWAP-modellen door het ontbreken van de bij de aanpassingen in het model behorende veranderingen in drainageweerstand en drainagebasis op de onderzoekslocaties. Wel is aan de hand van de scenario's de gevoeligheid onderzocht. Voor Punthuizen zorgen de scenario's voor de Korte termijn en Lange termijn voor een verhoging van de kwelflux bij afwezigheid van een neerslaglens met 17 tot 43 % (locatie P15). Het Lange termijn scenario geeft daarbij de sterkste verhoging (26-43 %). Omdat de actuele kwelflux reeds de vereiste kwelflux overschrijdt, zorgen de scenario's voor een nog betere waarborg voor het handhaven van een hoge basenrijkdom. Verder is de kwelflux, en daarmee de basenflux, gedurende winter en het voorjaar in de blauwgraslandzone erg gevoelig voor de mate en vooral ook de duur van opbolling van de freatische stand in de dekzandruggen. Meteorologische variatie (zoals de periode gedurende 1996-1997) hebben daar grote invloed op. Maatregelen die de lokale opbolling en de duur daarvan in de dekzandruggen vergroten en maken het systeem minder gevoelig voor zulke meteorologische variatie en geven het systeem ook meer herstelvermogen van perioden met interne verzuring en uitloging van basen. De basenrijkdom kan door een langere periode van droogte echter snel achteruitgaan, hetgeen een bedreiging vormt voor de kwaliteit van de habitattypen. Soorten kunnen door de snelle verzuring lokaal verdwijnen en zijn dan voor hervestiging afhankelijk van een nabije populatie die de verzuringspiek wél heeft doorstaan. Er is geen garantie dat die dan ook beschikbaar is. Hoewel na een verzuringspiek een snel herstel van de basenrijkdom van het ondiepe grondwater optreedt indien het weer natter wordt, kan dus toch onherstelbare schade aan het habitattype ontstaan. In feite is de robuustheid van de

standplaatsfactoren die noodzakelijk is om behoud van kwaliteit van het habitattype te garanderen, onvoldoende en is, mede gezien de beperkte omvang van de gebieden, verhoging van de grondwaterstanden in de zomer en het najaar nodig om die robuustheid te bereiken. De zomer en het najaar zijn voor oxidatieprocessen met zuurvorming de meest gevoelige periode, omdat dat redoxprocessen sneller verlopen bij een hogere temperatuur. Het systeem kan ook minder gevoelig worden gemaakt voor periodieke verzuring door opbouw van verzuringscapaciteit zoveel mogelijk tegen te gaan. Een eenvoudige maatregel is om de sloot die nog steeds sulfaatrijk oppervlaktewater aanvoert te dempen. Ook het stoppen van bemesting in de intrekgebieden van de voedende lokale systemen, draagt daaraan bij. Verder draagt een hogere grondwaterstand in de zomer en het najaar ook bij aan het verminderen van negatieve effecten van klimaatsverandering waarbij drogere zomers kunnen gaan optreden.

In de westzijde van de slenk van Punthuizen treedt momenteel kwel in winter/voorjaarsperioden niet op. Een zone met kwel van basenrijk grondwater kan hier ontbreken door diepe sloten in de dekzandrug aan de westzijde en de dichte ligging op de diep drainerende Puntbeek. De maatregelen in het Lange termijn scenario kunnen daardoor bijdragen aan herstel van een basenrijke kwelzone. Indien dit herstel optreedt kan het areaal blauwgrasland zich uitbreiden en kan het beter bestand zijn tegen fluctuaties van het systeem.

Voor locatie S2 in Stroothuizen zorgen 'de kortetermijnmaatregelen voor de PAS absoluut bezien voor een zeer geringe verhoging van de kwelflux bij afwezigheid van een neerslaglens (voor beide scenario's een verhoging met 0.1 mm/d). Daarmee blijft de kwelflux in het benedenstroomse deel van de slenk ver onder de vereiste kwelflux. Meer bovenstrooms was het niet mogelijk om toekomstige kwelfluxen te berekenen (zie antwoord op vraag 5). Voor Stroothuizen zijn maatregelen die de stijghoogte in het freatische pakket sterk verhogen cruciaal. De geëvalueerde scenario's verhogen de stijghoogte slechts met ca. 10 cm. Een sterkere verhoging zal de wegzijging van regenwater substantieel verminderen en toestroming van basenrijk grondwater naar de wortelzone bevorderen.

Tabel 4-1: Samenvatting van de bevindingen per meetlocatie in Stroothuizen en Punthuizen. In deze tabel zijn alleen de locaties met een basenrijk doeltype opgenomen.

Locatie	Doeltype	Doeltype bereikt en duurzaam	Toestand/ trend pH en basenverzadiging	Proces voorraad org. stof en basen	Basenrijkdom grondwater	Kwelflux op basis van toename Ca+Mg+Na+K bodem	Noodzakelijke kwelflux voor hoge basenrijkdom	Netto flux water (+ is kwel, - is wegzijging)	Gem. aandeel kwelwater in bodemvocht op 10 cm diepte	Opwaartse stroming bij ontbreken neerslaglens					
										huidig	huidig	Scenario Korte termijn	Scenario Lange termijn		
						chemische balans	chemische balans	SWAP	SWAP	SWAP	NumMod+SWAP	NumMod+SWAP	NumMod+SWAP		
					meq/l	mm/d	mm/d	mm/d	(%)	mm/d	mm/d	mm/d	mm/d		
Punthuizen															
P5	Cirsio-Molinietum parnassietosum	aanweizig maar fluctuerende basenrijkdom	basenrijk en tijdelijk matig basenrijk	org. stof ca. stabiel, basen iets fluctuerend	6.15		0.3	5.6	76	6.1	4.6	5.4	5.8		
P15	Cirsio-Molinietum parnassietosum	aanweizig maar fluctuerende basenrijkdom	basenrijk en tijdelijk matig basenrijk	langzame org.stof accumulatie, basen eerst sterke uitloging en dan sterke toename	5.28	0.46	0.9	2.9	58	3.5	4.1	5.2	5.9		
Stroothuizen															
S1	Cirsio-Molinietum/ Caricion davallianae	nee	nu basenarm, sterk verzuurd	sterke org.stof accumulatie, basen laag en stabiel	2.53		2.4								
S2	Cirsio-Molinietum/ Caricion davallianae	nee	basenarm, minerale toplaag iets basenrijker geworden, basenarme ectorganische laag	sterke org.stof accumulatie, basen eerst geringe en daarna sterkere stijging	1.84	voor 1999: 0.1 na 1999: 1.15	4.9	-0.7	0.2	0.2	0.09	0.18	0.2		
S3	Cirsio-Molinietum/ Caricion davallianae	nee	nu basenarm, verzuurd	sterke org.stof accumulatie, basen laag en ca. stabiel	3.25		2.2								
S5	Samolo-Littorietum	nee, sterk gebufferde slenk vegetatie	na plaggen basenrijk (5 j)	afbraak org. stof en uitloging basen	6.21										
S6	Cirsio-Molinietum/ Caricion davallianae	nee	na plaggen basenrijk, minerale toplaag blijft basenrijk maar licht verzurend, basenarme ectorganische laag	eerst afbraak org. stof en uitloging basen, daarna sterke org.stof accumulatie en toename basen	6.21	0.31	1.3	-0.5	0.1	2.5	NA	NA	NA		
S19	Samolo-Littorietum	nee	matig basenrijk, minerale toplaag licht verzurend, basenarme ectorganische laag	afbraak org. stof en uitloging basen	3.28		1.2								

4.2 Aanbevelingen

Op basis van deze studie doen we de volgende aanbevelingen.

- De analyse van kwelfluxen is gebaseerd op waterstandmetingen t/m 2003, hydrochemische metingen t/m 1997-1999 en bodemchemische metingen tot en met 2009. Daardoor is de kwelflux in de situatie van de laatste jaren (bv 2010-2016) niet geanalyseerd. In deze studie is de analyse van 'actuele' kwelfluxen dus al gedateerd en betreft die vooral de situatie van 1990-2002. De invloed van de relatief droge periode van na 2002 met geringere kwelfluxen is daarom minder goed in beeld. Verlenging van de meetreeksen met hydro- en bodemchemische metingen wordt daarom aanbevolen. Tevens zou het hervatten van metingen van freatische stand en de stijghoogte in het freatische pakket op locaties in de (potentiele) kwelzone zeer zinvol zijn. Het hervatten van vegetatieopnamen in bij behorende permanente kwadraten geeft ook meer zicht op de mate van doelrealisatie voor de vegetatie.
- Een benadering vanuit zowel chemische balansen van de bodemtoplaag als hydrologische modellering van kwelfluxen en neerslaglenzen, vullen elkaar sterk aan. De analyse van de chemische balans in de bodem vormt daarbij en belangrijke check op de resultaten van hydrologische modellering.
- Met gecalibreerde SWAP modellen kunnen op basis van de output van niet stationaire numerieke grondwatermodellen maatregelscenario's op kwelfluxen en neerslaglenzen worden geëvalueerd. Een voorwaarde is dat het numerieke model adequaat het veelal niet-lineaire gedrag van de waterhuishouding in natuurgebieden kan modelleren. Problematisch bij het doorrekenen van de scenario's is echter dat de drainagebasis en drainageweerstand die horen bij de door het regionale model gegenereerde stijghoogtereeksen niet bekend zijn. Voor een vervolg wordt aangeraden om drainageniveaus te betrekken in de analyse van het huidige systeem.
- Plaggen en afgraven bevorderen hernieuwde accumulatie van organische stof en vergroten daarmee de noodzakelijk kwelflux voor handhaving van een basenrijke bodemtoplaag. Deze ingrepen moeten daarom pas worden uitgevoerd als de kwelflux voldoende is hersteld. Plaggen in systemen met kalkarme bodems zonder herstel van een voldoende hoge kwelflux is niet effectief en leidt hoogstens tot kortstondig tot basenrijke condities.
- Bij een productieve vegetatie worden veel meer basen afgevoerd dan bij een schrale vegetatie. Gemaaide eutrofe systemen vergen daarom een hogere kwelflux.
- De invloed van tijdelijke verzuring en uitloging van basen in droge perioden op de vereiste kwelfluxen kon niet gekwantificeerd worden. Een belangrijk aandachtspunt bij evaluaties van maatregelscenario's is daarom om te kijken of deze bijdragen aan minder diepe en minder lang uitzakkende grondwaterstanden in droge perioden.

5 Referenties

Aggenbach, C.J.S. & Jansen, A.J.M. (2004). Effectgerichte maatregelen tegen verdroging, verzuring en stikstofdepositie in beekdalen (Twenthe) en natte duinvalleien in het Renodunaal District (Goeree-Overflakee). 2004/280-O, Ministerie van LNV, Ede.

Aggenbach, C.J.S. & G. Cirkel (2016). Analyse actuele toestand en trends grondwater-kwaliteit Stroothuizen. KWR 2016.093, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein

Appelo C.A.J., Postma D. (2005). Geochemistry, groundwater and pollution. CRC Press, Amsterdam.

Bor, M (2016). Hydrologische effectberekeningen PAS-maatregelen Punthuizen en Stroothuizen

Bartholomeus, R. P. (2009). Moisture Matters; Climate-proof and process-based relationships between water, oxygen and vegetation. (PhD), VU University, Amsterdam.

Blume H-P, Brümmer GW, Horn R, Kandeler E, Kögel-Knaber I, Kretzschmar R, Stahr K, Wilke B-M (2010) Lehrbuch der Bodenkunde. Spectrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Cirkel, D.G., Witte, J.P.M., van der Zee, S.E.A.T.M. (2010). Estimating seepage intensities from groundwater level time series by inverse modelling: A sensitivity analysis on wet meadow scenarios. Journal of Hydrology, 385(1-4): 132-142.

Doherty, J., (2015). Calibration and Uncertainty Analysis for Complex Environmental Models. Watermark Numerical Computing, Brisbane, Australia. ISBN: 978-0-9943786-0-6.

Pranger D.P. & M.E. Tolman (2011). Vegetatie- en plantensoortenkartering Dinkellland 2010. Rapport 902f-EGG P&T, EGG-consult/ Pranger & Tolman ecologen, Groningen.

Jansen, A.J.M., C.J.S. Aggenbach (1990). Lokale hydrologische systeemanalyse van Stroothuizen in Twente. SWI 90.128, KIWA Hoofdafdeling Speurwerk, Nieuwegein.

Jansen A.J.M. (1996). Hydro-ecologische systeemanalyse van Punthuizen (Noord-Oost Twenthe). Rapport 96.128, Kiwa, Nieuwegein.

Oelmann Y., Broll G., Hälzel N., Kleinebecker T., Vogel A., Schwartze P. (2009). Nutrient impoverishment and limitation of productivity after 20 years of conservation management in wet grasslands of north-western Germany. Biological Conservation 142(12): 2941-2948.

Jansen, A.J.M., Eysink, A.T.W., Maas, C. (2001). Hydrological processes in a Cirsio-Molinietum fen meadow: implications for restoration. Ecol. Eng., 17: 3-20.

Kroes, J.G., Van Dam, J.C., Groenendijk, P., Hendriks, R.F.A., Jacobs, C.M.J. (2008). SWAP version 3.4, Theory description and user manual. Alterra report 1649, Wageningen University and Research Centre, Wageningen.

Van Wesemael, B. (1992) Soil organic matter in mediterranean forests and its implications for nutrient cycling and weathering of acid, low-grade metamorphic rocks. In. University of Amsterdam. p 140

Von Asmuth, J.R., C. Maas, M.F.P. Bierkens, M. Bakker, T.N. Olsthoorn, D.G.Cirkel, I. Leunk, F. Schaars AND D.C. Von Asmuth (2012) Menyanthes: software for hydrogeologic time series analysis, interfacing data with physical insight. Environmental Modelling & Software 38: 178-190.

Bijlage I SWAP modellen bodemschematisatie

Profielbeschrijvingen varianten

		Diepte				SOIL PHYSICS						
Code	Locatie	van	tot	Omschrijving	Soillayer	ORES	OSAT	ALFA	NPAR	K0	LEXP	ALFAW
P5_var1	Punthuizen	0	4	wortels/dood mos	1	0.01	0.61	0.033	2.100	3.85	-0.35	0.033
	Punthuizen	4	10	humeus matig fijn zand	2	0.02	0.47	0.043	1.440	12.52	-1.06	0.043
	Punthuizen	10	140	matig fijn zand	3	0.02	0.38	0.021	1.951	12.68	0.17	0.021
P5_var2	Punthuizen	0	15	sterk humeus matig fijn zand	1	0.01	0.52	0.039	1.273	6.79	-2.26	0.039
	Punthuizen	15	140	matig fijn zand	2	0.02	0.38	0.021	1.951	12.68	0.17	0.021
P9	Punthuizen	0	9	sterk humeus matig fijn zand	1	0.00	0.00	0.000	0.000	6.79	-2.26	0.000
	Punthuizen	8.5	140	matig fijn zand	2	0.02	0.38	0.021	1.951	12.68	0.17	0.021
P15	Punthuizen	0	9	sterk humeus matig fijn zand	1	0.01	0.52	0.039	1.273	6.79	-2.26	0.039
	Punthuizen	8.5	140	matig fijn zand	2	0.02	0.38	0.021	1.951	12.68	0.17	0.021
S2	Stroothuizen	0	8	wortel en dood mos	1	0.01	0.61	0.033	2.100	3.85	-0.35	0.033
	Stroothuizen	8	15	sterk humeus matig fijn zand	2	0.01	0.52	0.039	1.273	6.79	-2.26	0.039
	Stroothuizen	15	140	matig fijn zand	3	0.02	0.38	0.021	1.951	12.68	0.17	0.021
S6_var1	Stroothuizen	0	8	dode wortels/mos	1	0.01	0.61	0.033	2.100	2.93	-1.59	0.033
	Stroothuizen	8	12	sterk humeus matig fijn zand	2	0.01	0.52	0.039	1.273	6.79	-2.26	0.039
	Stroothuizen	12	140	matig fijn zand	3	0.02	0.38	0.021	1.951	12.68	0.17	0.021
S6_var2	Stroothuizen	0	8	dode wortels/mos	1	0.01	0.61	0.033	2.100	3.85	-0.35	0.033
	Stroothuizen	8	12	sterk humeus matig fijn zand	2	0.01	0.52	0.039	1.273	6.79	-2.26	0.039
	Stroothuizen	12	140	matig grof zand	3	0.01	0.32	0.052	2.374	25.00	0.00	0.052
S6_var1	Stroothuizen	0	8	dode wortels/mos	1	0.01	0.61	0.033	2.100	2.93	-1.59	0.033
	Stroothuizen	8	12	sterk humeus matig fijn zand	2	0.01	0.52	0.039	1.273	6.79	-2.26	0.039
	Stroothuizen	12	140	matig fijn zand	3	0.02	0.38	0.021	1.951	12.68	0.17	0.021

Discretisatie modellen

P5_var1

ISOILLAY	ISUBLAY	HSUBLAY	HCOMP	NCOMP	H_cum
1	1	4	0.5	8	4
2	2	6	1	6	10
3	3	30	1	30	40
3	4	100	10	10	140

P5_var2

ISOILLAY	ISUBLAY	HSUBLAY	HCOMP	NCOMP	H_cum
1	1	15	0.5	30	15
2	2	25	1	25	40
2	3	100	10	10	140

P9

ISOILLAY	ISUBLAY	HSUBLAY	HCOMP	NCOMP	H_cum
1	1	9	0.5	18	9
2	2	31	1	31	40
2	3	100	10	10	140

P15

ISOILLAY	ISUBLAY	HSUBLAY	HCOMP	NCOMP	H_cum
1	1	9	0.5	18	9
2	2	31	1	31	40
2	3	100	10	10	140

S2

ISOILLAY	ISUBLAY	HSUBLAY	HCOMP	NCOMP	H_cum
1	1	8	0.5	16	8
2	2	7	1	7	15
3	3	5	1	5	20
3	4	120	10	12	140

S6_var1

ISOILLAY	ISUBLAY	HSUBLAY	HCOMP	NCOMP	H_cum
1	1	8	0.5	16	8
2	2	4	1	4	12
3	3	8	1	8	20
3	4	120	10	12	140

S6_var2

ISOILLAY	ISUBLAY	HSUBLAY	HCOMP	NCOMP	H_cum
1	1	8	0.5	16	8
2	2	4	1	4	12
3	3	8	1	8	20
3	4	120	10	12	140

S6_var3

ISOILLAY	ISUBLAY	HSUBLAY	HCOMP	NCOMP	H_cum
1	1	8	0.5	16	8
2	2	4	1	4	12
3	3	8	1	8	20
3	4	120	10	12	140

Drainagesysteem varianten (initiële waarden)

Code	drainageweerstanden (d)	
P5	runoff res.	0.5
	drainageweerstand 1	30
	drainageweerstand 2	1078
P9	runoff res.	0.5
	drainageweerstand 1	531
P15	runoff res.	0.5
	drainageweerstand 1	50
	drainageweerstand 2	1030
S2	runoff res.	0.5
	drainageweerstand 1	20
	drainageweerstand 2	495
S6	runoff res.	0.5
	drainageweerstand 1	21
	drainageweerstand 2	532
S6_var3	runoff res.	0.5
	drainageweerstand 1	21
	drainageweerstand 2	532

Bijlage 8

Analyse actuele toestand en trends grondwaterkwaliteit Stroothuizen

(KWR, 2017a)

KWR 2016.093 | December 2016

Analyse actuele toestand en trends grondwater-kwaliteit Stroothuizen

Eindconcept

KWR Watercycle Research Institute

Analyse actuele toestand en trends grondwaterkwaliteit Stroothuizen

KWR 2016.093 | December 2016

Opdrachtnummer
401708

Projectmanager
Dr. Edu Dorland

Opdrachtgever
Staatsbosbeheer

Kwaliteitsborger
dr. H. Runhaar

Auteurs
Drs. C.J.S. Aggenbach & Dr.ir. D.G. Cirkel

Verzonden aan
Staatsbosbeheer

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie
Drs. Camiel Aggenbach
T +31 6 22379320
E camiel.aggenbach@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands
T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR Watercycle Research Institute

KWR 2016.093 | December 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

Inhoud **3**

1 Aanleiding en doel **4**
1.1 Probleemstelling 4
1.2 Vraagstelling 4

2 Methoden **5**
2.1 Aanpak dit onderzoek 5
2.2 Bemonstering en chemische analyse 2016 7
2.3 Interpretatie van chemische patronen naar processen 8

3 Achtergrond: geologie en geohydrologie van Stroothuizen en omgeving **13**
3.1 Geologie en geohydrologie 13

4 Patronen en trends hydrochemie grondwater van watervoerende lagen **14**
4.1 Grondwater in het freatisch en watervoerende pakketten 14
4.2 Conclusies 20

5 Patronen en trends in het ondiepe grondwater in Stroothuizen en perceel Groener **36**
5.2 Conclusies 39

6 Discussie **49**
6.1 Grondwaterkwaliteit en veranderingen in grondwaterkwaliteit van in het freatisch pakket in herkomstgebied 49
6.2 Doorwerking in kwelzones 49
6.3 Toestand diepere watervoerende pakketten 50
6.4 Mogelijke effecten op grondwaterafhankelijke vegetaties in kwelzone 51

7 Conclusies en aanbevelingen **53**
7.1 Conclusies 53
7.2 Aanbevelingen 53

8 Referenties **55**

1 Aanleiding en doel

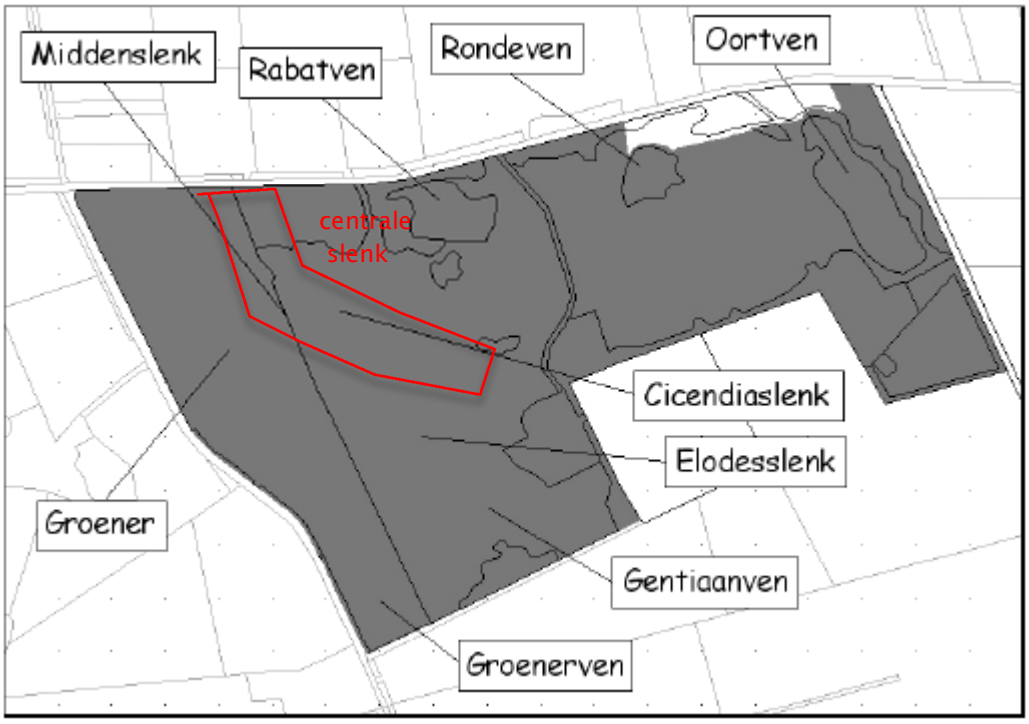
1.1 Probleemstelling

In de PAS-gebiedsanalyse voor het natuurgebied Stroothuizen (KWR, Witteveen+Bos & Royal Haskoning DHV 2015) wordt toestroming van vermest grondwater als gevolg van bemesting in landbouwpercelen zuidelijk gelegen van Stroothuizen genoemd als mogelijke bedreiging voor de kwelafhankelijke vegetatie. Uit hydrochemisch onderzoek aan het grondwater in 1990 bleek dat als gevolg van bemesting in de omgeving het freatisch pakket op de randen van het reservaat vervuild was geraakt (Jansen & Aggenbach 1991). Onbekend is in hoeverre de grondwaterkwaliteit rond en onder het reservaat sindsdien is veranderd en of de invloed van bemesting is toe- of afgenomen. In opdracht van Staatsbosbeheer is daarom in november 2016 het grondwater in bestaande filterbuizen bemonsterd en geanalyseerd in hoeverre er sprake is van bemestingsinvloeden op de hydrochemie.

1.2 Vraagstelling

De volgende vragen worden beantwoord:

1. In hoeverre is het grondwater dat de kwelzones in Stroothuizen voedt, vervuild als gevolg van bemesting in het intrekgebied?
2. Welke trends in de hydrochemie van het grondwater zijn tussen 1990 en 2016 opgetreden?
3. Welke (toekomstige) risico's zijn aanwezig voor kwelafhankelijke habitattypen door toestroming van door bemesting beïnvloed grondwater?



Figuur 1-1: Kaart met lokele toponiemen voor het natuurreservaat Stroothuizen (uit Pranger & Tolman 2011). De rode omlijning is de slenkvormige laagte die wordt aangeduid met 'centrale slenk'.

2 Methoden

2.1 Aanpak dit onderzoek

In november 2016 is een monstercampagne uitgevoerd om inzicht te verwerven in de actuele vermestingstoestand van het grondwater in de ondergrond tot een diepte van ca. 25-35 m. Hiertoe zijn vier bestaande locaties met minifilters op de hoekpunten van het natuurreservaat Stroothuizen bemonsterd (Figuur 2-1). Omdat de minifilters ook in 1990 zijn bemonsterd (Jansen & Aggenbach 1991) was het mogelijk om ook te kijken naar opgetreden trends over de afgelopen 26 jaar. Tevens is getracht geschikte filterbuizen in de grondwatergevoede slenk van Stroothuizen (centrale slenk; zie Figuur 1-1 voor locaties lokale toponiemen) en laagten in perceel Groener en de flank van het meest zuidwestelijk gelegen ven (in het oude reservaat) op te sporen. Het uitgebreide meetnet van peilbuizen van eindjaren ’80 en ’90 bleek echter niet meer traceerbaar. De reden hiervoor is dat de betreffende buizen rond maaiveld waren afgewerkt en al langere tijd niet worden opgenomen. Ook zijn deze buizen door langdurig maaibeheer veelal beschadigd en ‘verdwenen’. Wel zijn twee peilbuislocaties uit het verdrogingsmeetnet van de provincie te bemonsteren (0752 aan de zuidzijde van het Rabatven en 0753 aan zuidoostzijde van het Gentiaanven) die liggen in de nabijheid van vroegere peilbuizen. Daardoor is het mogelijk voor deze twee plekken iets te zeggen over de veranderingen sinds de jaren ’90. De buizen liggen echter in lokale infiltratiegebieden of kwelzones van lokale grondwatersystemen met heide en geven daarom geen inzicht in de hydrochemie van het basenrijke grondwater dat naar in de centrale slenk toestroomt.

Om een beeld te krijgen of er in de jaren ‘80 en ‘90 al iets te merken was van de invloed van vermesting in de omgeving op de grondwatergevoede delen in Stroothuizen is ook een analyse uitgevoerd op de beschikbare hydrochemische gegevens van eind jaren ’80 en de jaren ’90 van ondiepe peilbuizen in Stroothuizen. Daarbij zijn alleen de diepste filters van deze locaties beschouwd omdat de hydrochemie van het grondwater ter hoogte van de ondiepere filters sterk werd beïnvloed door fluctuaties in de redoxchemie als gevolg van seizoensmatige fluctuatie van de grondwaterstand en variatie in droge en natte jaren (zie Aggenbach & Cirkel 2016).

De interpretatie van deze analyse was vooral kwalitatief van aard. Daarbij is binnen de mogelijkheden van het projectbudget geanalyseerd welke processen vervuiling van het grondwater kunnen hebben veroorzaakt. Naast bemesting in het intrekgebied is daarbij ook de invloed van verzurende atmosferische zwaveldepositie en stikstofdepositie in beschouwing genomen. Tevens is op basis van de gevonden patronen en trends een kwalitatieve beschouwing gegeven van de risico’s voor de abiotische toestand van de habitattypen in de kwelzones van het natuurreservaat.

Figuur 2-1: Meetlocaties met filters waar grondwater is bemonsterd gedurende 7 t/m 9 november 2016. Locaties met code MF_.. betreffen de vier minifilterlocaties. Peilbuizen B29A0752 en B29A0753 betreffen ondiepe peilbuizen van het provinciale verdroginsmeetnet. Locatie B29A0752 komt overeen met de oude locatie S9 en locatie B29A0753 met de oude locatie S15 (zie Figuur 2-2).

Figuur 2-2: Peilbuislocaties met ondiepe filters waarvan gedurende ein jaren ’80 en de jaren ’90 de chemische samenstelling van het grondwater is bepaald.

2.2 Bemonstering en chemische analyse 2016

Veldcheck minifilters
In oktober 2016 zijn eerst de vier minifilterlocaties gecontroleerd. Elke minifilterlocatie bestaat uit een aantal minifilters met een zeer korte filter en twee peilbuizen met een filterlengte van 1 m. De filterdiepten gebaseerd op informatie in bijlage 3 van het rapport Jansen & Aggenbach (1991). De minifilters zijn verbonden met PE-slangen en zijn bij plaatsing gelabeld met een getal dat de filterdiepte onder maaiveld aangeeft. Bij de veldcheck bleek dat een deel van de minifilters geen label meer had of dat het label onleesbaar was geworden. Zulke filters zijn opnieuw gelabeld met aparte codes (T<getal>). Een poging om de filterdiepte te herleiden door te sonderen met een dunne nylondraad was helaas niet succesvol. Verder is tijdens het veldbezoek een groot deel van de filters afgepompt om te controleren of ze water gaven. De meeste gaven water, maar een deel ook niet. In overleg met Staatsbosbeheer is besloten om alle watergevende minifilters te bemonsteren, ook die zonder bekende filterdiepte. Door de onbekende filterdiepten is het niet mogelijk voor drie van de vier locaties de complete diepteprofielen van stofconcentraties in de actuele situatie te evalueren. Wel kan in alle gevallen een beeld worden gegevens van gemiddelde veranderingen in waterkwaliteit per groep van filters.

Bemonstering
De bemonstering vond plaats gedurende 7 t/m 9 november 2016. Filters zijn eerst schoongespoeld door 3 maal het volume af te pompen met een slangenpomp. Watermonsters zijn gefilterd (filter met poriegrootte 0.47 µm) en koel bewaard in koelboxen met smeltend ijs. Een deelmonster is aangezuurd met 0.4 ml suprapuur 65 % salpeterzuur en een ander deel niet. ICP-analyse is uitgevoerd op de aangezuurde monsters en de overige variabelen zijn in de niet-aangezuurde monsters bepaald. Na monstername zijn de monsters afgeleverd bij het lab en is meteen met de analyse gestart. In totaal zijn 36 monsters geanalyseerd.

Chemische analyse
In Tabel 2-1 is een overzicht gegeven van de geanalyseerde variabelen en analysemethoden. Uit de pH en TIC (totaal anorganisch koolstof) is HCO_3^- berekend met het hydrogeochemisch programma PHREEQC. Bij de analyse van anionen met SFA wordt de som van NO_3^- en NO_2^- gemeten. Omdat NO_2^- meestal een zeer geringe concentratie heeft, werd voor de NO_3^- concentratie de meetwaarde van NO_3+NO_2 gebruikt. Als maat voor het totaal organische stof (TOC) is uitgegaan van het NPOC (totaal organisch koolstof na aanzuren en anorganische C verwijdering). De standaard bepaling van TOC op basis van het verschil tussen TC (totaal koolstof) en TIC is niet gebruikt omdat dit verschil relatief klein was t.o.v. van TIC. Bij de bespreking van de resultaten wordt NPOC verder aangeduid als TOC (totaal organisch koolstof).

Ter controle van de chemische metingen is voor elk monster de balans van negatieve en positieve ionen berekend conform Stuyfzand (1993):

ionbalans afwijking= 100 * (Σkationen - Σanionen) / (Σkationen + Σanionen) (%)

De mediane waarde van de afwijking in de ionenbalans bedroeg 8.9 % en de gemiddelde waarde 6.9 %, wat duidt op een overschot is aan kationen. Een ionbalans afwijking van >10% kwam voor bij 15 monsters (42% van het totaal), waarbij een maximale waarde van 28.5% optrad. Twee monster hadden een waarde van < -10% (6% van het totaal). Een aanzienlijk deel van de monsters had dus een forse afwijking van de ionbalans en daarbij een overschot aan kationen. De reden hiervoor is waarschijnlijk het hoge organisch koolstofgehalte van het grondwater (gemiddeld 905 µmol/l). De opgeloste organische koolstof heeft zelf een (variabele) negatieve lading waaraan kationen gebonden zijn die door aanzuren vrijkomen en in de ICP bepaling worden gemeten. Doordat de vrijkomende kationen wél en de negatieve bindingsplaatsen aan het organische materiaal níet worden meegenomen ontstaat er een disbalans in de ionverhouding. De afwijking in de ionbalans heeft ook een significant relatie met TOC (ionbalans = -51.349 * TOC + 1260.1; r2 = 0.31; p < 0.001). Omdat de gevonden afwijkingen in de ionbalans normaal zijn voor monsters met veel opgeloste organische stof zijn alle

meetresultaten meegenomen in de analyse. Een deel van de monsters had een lichtgele kleur wat duidde op een hoge concentratie van fulvozuren.

Tabel 2-1: Overzicht van de analyse methoden van de watermonsters genomen in november 2016.

Variabele	Voorbehandeling	Methode
pH, EC	geen, in veld	electrochemisch
TIC (anorganisch koolstof) en	Geen	SFA-TOC
TOC (organisch koolstof uit verschil totaal koolstof en TIC)	Geen	
Al Ca Cu Fe K Mg Mn Na P S Zn	aanzuren	ICP-AES (E1324) FIA (E1400)
NPOC*(nauwkeurige bepaling anorganisch koolstof)	Geen	TOC-analyser, Shimadzu (E2511)
NO3+NO2 NH4 PO4	geen	SFA-CaCl2 (E1417)

Afgeleide hydrochemische variabelen
Voor de interpretatie zijn een aantal afgeleide variabelen berekend. De ratio van (Ca+Mg)/HCO3 (eq/eq) is gebruikt als indicator van de invloed van zuren op kalkoplossing. In geval van kalkoplossing onder invloed van het zwakke zuur CO_2 heeft deze ratio een waarde van 1. Bij oplossing onder invloed van sterke zuren (HNO3, H2SO4) wordt de ratio groter dan 1 omdat het zuur dan regeert met HCO_3^- en Ca^{2+} en SO_4^{2} overblijven. Verder zijn verzadigingsindexen voor oplossing van calciet ($CaCO_3$) en sideriet ($FeCO_3$) berekend met PHREEQC. Een waarde tussen de ca. -1 en 1 duidt op verzadiging voor oplossing van het mineraal. Bij een lagere waarde kan oplossing van het betreffende mineraaloptreden. Bij hogere waarden is sprake van oververzadiging en kan het betreffende mineraal vormen.

2.3 Interpretatie van chemische patronen naar processen

Belangrijk doel van dit onderzoek is om vast te stellen in hoeverre bemesting in het intrekgebied leidt tot vervuiling van het in de laagtes in Stroothuizen opkwellende grondwater. Op basis van stofconcentraties, diepteprofielen daarvan en verhoudingen van stofconcentraties, kan worden afgeleid of aanvoer van meststoffen plaats vindt en of er indirecte effecten op de hydrochemie zijn opgetreden door chemische processen in de ondergrond. Voor interpretatie van de diepteprofielen en de stofconcentraties langs stroombanen is het van belang rekening te houden met een aantal chemische processen, zoals indikking als gevolg van verdamping, adsorptie en desorptie, afbraak van organisch materiaal en redoxreacties (denitrificatie, oxidatie van ijzersulfide, sulfaatreductie). De belangrijkste worden onder uitgelegd. Voor meer details wordt verwezen naar Cirkel et al. (2014).

- Relevante variabelen die samenhangen met vermesting zijn: Cl^-, K^+ en Mg^{2+} gerelateerd aan het gebruik van kaliumchloride en bekalking met dolomiet ($Ca/MgCO_3$);
- NO_3^- dat wordt gebruikt als meststof;
- SO_4^{2-} dat ontstaat bij oxidatie van in de bodem aanwezige ijzersulfiden onder invloed van uitspoelend nitraat;
- afbraak van organische stof onder invloed van reductie van NO_3^-;
- afbraak van organische stof onder invloed van reductie van SO_4^{2-}.

Effecten van bemesting
Intensieve landbouw leidt tot een verhoogde input van Cl^-, K^+ en Mg^{2+} gerelateerd aan het gebruik van kaliumchloride en bekalking met dolomiet ($Ca/MgCO_3$). Cl^-, K^+ en Mg^{2+} kunnen daarom als tracers voor landbouwkundig gebruik met bemesting en bekalking worden gebruikt. Cl^- kan daarbij diep de ondergrond indringen, omdat Cl^- zich tijdens grondwater transport vrijwel conservatief gedraagt. De concentraties van K en Mg kunnen gedurende het transport wel afnemen door kationuitwisseling.

Bemesting verhoogt de aanvoer van NO_3^- en NH_4^+. NH_4^+ kan onder aerobe, niet zure condities nitrificeren naar NO_3^+ waarbij zuur (H^+) wordt geproduceerd. Nitrificatie wordt in zure bodems sterk geremd.

Verhoogde aanvoer van nitraat (NO_3^-) zorgt in de ondergrond voor diverse redoxreacties die van grote invloed zijn op de hydrochemie:
1) reductie NO_3^- door oxidatie van ijzersulfiden Dat geeft N_2, SO_4^{2-}, Fe-hydroxiden en zuur en afname van NO_3^- volgens de reactievergelijking:

$$4FeS_2 + 12NO_3^- + 8H2O \Rightarrow 4Fe(OH)_3 + 4H^+ + 8SO_4^{2-} + 6N_2$$

2) Reductie van NO_3^- door afbraak van reactief organisch materiaal. Dat geeft N_2, HCO_3^- en $H_2CO_3^*$ en afname van NO_3^- volgens de reactievergelijking:

$$5CH_2O + 4NO_3^- \Rightarrow 2N_2 + 4HCO_3^- + H_2CO_3^* + 2H_2O$$

In tegenstelling tot de zuurvormende reactie met ijzersulfiden, produceert deze reactie alkaliniteit.

Het sulfaat (SO_4^{2-}), dat is gevormd door oxidatie van sulfiden, kan verderop langs de stroombaan bij een lagere redoxpotentiaal vervolgens weer reduceren, waarbij SO_4^{2-} verdwijnt, reactief organisch materiaal wordt afgebroken en HCO_3^- en ijzersulfiden worden gevormd:

$$2CH_2O + SO_4^{2-} \Rightarrow 2HCO_3^- + H_2S$$

En vervolgens vorming van ijzersulfiden, uitgaande van basische omstandigheden:

$$2FeOOH + 3HS^- \Rightarrow 2FeS + S^0 + 3OH^- + H_2O$$
$$FeS + S^0 \Rightarrow FeS_2$$

SO_4^{2-} kan dus worden gevormd door de instroming van NO_3^--rijk grondwater in sulfidenhoudende bodemlagen en verder langs een stroombaan weer reduceren. De SO_4^{2-}-concentratie langs een stroombaan kan hierdoor een piek vertonen. Voor de reductie van SO_4^{2-} is de beschikbaarheid van afbreekbaar organisch materiaal noodzakelijk. Dit is meestal in ruime mate aanwezig in venige en kleiige lagen van het watervoerenede pakket en in de bodem van kwelzones.

Door de afbraak van organisch materiaal komen nutriënten vrij, wat zich uit in verhoogde concentraties NH_4^+ en P-ortho. Omdat organisch materiaal niet volledig wordt afgebroken neemt ook de concentratie opgelost organische stof (TOC) toe. P-ortho kan ook toenemen door de verlaging van de sorptiecapaciteit wanneer ijzerhydroxiden worden omgezet naar ijzersulfiden.

Zonder sterke zuurvorming treedt oplossing van kalk ($CaCO_3$) normaal gesproken op onder invloed van het zwakke zuur CO_2:

$$CaCO_3 + H_2CO_3^* \Leftrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

De mate van kalkoplossing wordt dan bepaald door de toevoer van CO_2 (via atmosfeer, wortels, respiratie).

De sterke zuurvorming door pyrietoxidatie onder invloed van nitraat (in feite wordt zwavelzuur gevormd) zorgt voor oplossing van kalk:

$$CaCO_3 + H^+ \Leftrightarrow Ca^{2+} + HCO_3^-$$

Een soortgelijk reactie treedt dan ook op voor oplossing van dolomiet ($MgCO_3$) en sideriet ($FeCO_3$). De oplossing van carbonaten onder invloed van sterk zuur geeft een verharding (toename Ca+Mg) en tegelijk een verlaging van de alkaliniteit (HCO_3+CO_3)

Door vorming van sterk zuur treedt ook desorptie van de basische kationen Ca en Mg op, zeker als de zuurbuffer door oplossing van carbonaten is verbruikt. Dit geeft ook verharding (toename Ca+Mg) en verlaging van HCO_3 door verlaging van de pH en de hiermee gepaard gaande verschuiving van het carbonaatevenwicht:

$$HCO_3^- + H^+ \Leftrightarrow H_2CO_3^*$$

Oplossing van carbonaten en desorptie van basische kationen onder invloed van sterk zuur leidt tot afname van de zuurbuffercapaciteit van het sediment en dus uitloging van basen. Beide processen leiden tot ook verhoging van ratio (Ca+Mg)/HCO_3 (eq/eq) boven waarde 1. Lithoclien grondwater waarin kalk ($CaCO_3$) en dolomiet ($MgCO_3$) zijn opgelost door CO_2 heeft een ratio van 1 (eq/eq). Zuurvorming leidt ook tot verlaging verzadigingsindex voor oplossing van calciet ($CaCO_3$) en sideriet ($FeCO_3$)

Andere processen die de hydrochemie beïnvloeden
Naast invloed van bemesting kunnen ook andere processen zorgen voor aanvoer 'meststoffen' en soortgelijke indirecte effecten. Voor dit onderzoek zijn daarbij atmosferische depositie van stikstof (NO_x en NH_x) en zwavel (SO_x) van belang. Omdat de S-depositie piekte in de jaren '60 en '70 en de N depositie in de jaren '70 en '80, verschilt de invloed van beide in de tijd.

Toevoer van verzurende SO_x depositie geeft verhoging van SO_4^{2-}. Toevoer van NH_3 dat (deels) oxideert naar NO_3 geeft NO_3 en zuur. De verhoogde toevoer van NO_3^- versterkt eveneens bovenstaande processen .

Verder zorgt verdamping voor indikking van opgeloste stoffen. Stoffen die als tracer worden gebruikt (zoals Cl^-) kunnen bij sterke indamping daardoor concentraties bereiken die relatief hoog zijn en daardoor mogelijk minder goed zijn te onderscheiden van bemestingsinvloed.

In voormalig marien sediment kunnen verzoetingsprocessen van invloed zijn op de hydrochemie. Cl^- is dan laag omdat dit al is uitspoelt, terwijl door (de relatief trage) kationuitwisseling Na en Mg wel nog verhoogd zijn in het grondwater.

Onderscheiden van invloed van bemesting in intrekgebied, N-depositie en S-depositie en indamping

Bemesting (verhoging Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}), atmosferische depositie (verhoging NO_3^-, SO_4^{2-}) en indamping leiden deels tot vergelijkbare effecten op de hydrochemie. De afzonderlijke invloed is daarom lastig van elkaar van elkaar te onderscheiden. In deze studie passen we een eenvoudige methode toe om vast te stellen of:

- indamping kan geleid hebben tot de aangetroffen hoge Cl^--concentraties
- N-depositie kan hebben geleid tot de aangetroffen (relatief) hoge NO3-concentraties
- S-depositie geleid kan hebben tot de aangetroffen (relatief) hoge SO4-concentraties

Met balansberekeningen zijn voor verschillende perioden stofconcentraties van Cl^-, NO_3^- en SO_4^{2-} in het grondwater doorgerekend op basis van neerslagoverschot en de atmosferische depositie van N, S en Cl. Voor het neerslagoverschot is gekozen voor een neerslagoverschot behorend bij loofbos (ca. 250 mm/j). De reden voor dat de minifilterlocaties in Eiken-Berkenbos zijn gesitueerd. In geval het water is geïnfiltreerd in landbouwpercelen met een grotere aanvulling geeft het gebruikt neerslagoverschot een bovenwaarde voor de concentraties. Bij de berekening is er vanuit gegaan dat geen omzetting van

NO_3 en SO_4 optreedt (dus alleen balansberekeningen op basis van conservatief gedrag). De volgende situaties zijn doorgerekend voor NO_3 en SO_4:

- jaren '40/'50: relatief lage S en N depositie;
- jaren '60/'70 : piek van S-depositie, N-depositie stijgend;
- jaren '80/'90: S-depositie begon te dalen, piek van N-depositie;
- jaren '00: S-depositie sterk verlaag, N-depositie relatief laag.

Voor de berekening van de Cl-concentratie zijn natte depositie metingen uit de periode 2000-2015 gebruikt die zijn gecorrigeerd met factor 1.8 (naar Appelo & Postma) ten einde ook de droge Cl-depositie mee te tellen. We gaan er vanuit dat de atmosferische Cl-depositie constant is geweest. Vervolgens zijn de waarden gecorrigeerd voor indikking onder loofbos. De berekende concentraties worden verderop in het rapport aangeduid als *'depositieconcentraties'* met vermelding van de periode toen het water is geïnfiltreerd in geval het NO_3 of SO_4 betreft.

Een aanvullende werkwijze is om de verblijftijd van het bemonsterde grondwater te reconstrueren en dit te koppelen aan de atmosferische depositie toen het regenwater infiltreerde (Tabel 2-2). Verblijftijden van het grondwater worden voor de watervoerende lagen gereconstrueerd op basis van stroombaanberekeningen met het regionale grondwatermodel. Deze berekeningen zijn achterwaarts uitgevoerd vanaf plekken waar grondwater uittreedt tot aan de locatie met infiltratie

Tabel 2-2: De link tussen perioden van atmosferische depositie, verblijftijd van het grondwater en te verwachten concentraties van NO_3, SO_4 en Cl in het grondwater (µmol/l) op grond van de atmosferische depositie in die perioden en indikking onder loofbos. Voor de Cl-concentratie is er vanuitgegegaan dat de Cl-depositie constant was. Eerste getal is de gemiddelde waarde en het tweede getal de standaarddeviatie van de jaren in de periode.

Periode	**atmosferische depositie**	**verblijftijd situatie 1990 (j)**	**verblijftijd situatie 2016 (j)**	**NO_3 (µmol/l)**	**SO_4 (µmol/l)**	**Cl (µmol/l)**
1940-1960	relatief lage S en N depositie	30-50	55-75	493 ± 82	1043 ± 496	369 ± 115
1960-1980	piek van S-depositie, N-depositie stijgend	10-30	35-55	908 ± 277	2173 ± 551	
1980-2000	S-depositie begon te dalen, piek van N-depositie	0-10	25-35	1588 ± 164	836 ± 486	
2000-2010	S-depositie sterk verlaag, N-depositie gedaald maar nog steeds hoog	nvt	6-16	1240 ± 89	210 ± 9	

3 Achtergrond: geologie en geohydrologie van Stroothuizen en omgeving

Dit hoofdstuk beschrijft in het kort de geologie en geohydrologie van Stroothuizen. Deze informatie is van belang om de hydrochemische patronen te kunnen plaatsen in relatie tot het functioneren van de grondwatersystemen.

3.1 Geologie en geohydrologie

De geologische opbouw is op basis van beschikbare boorprofielen en sonderingen beschreven in Jansen & Aggenbach (1991). Onderstaande beschrijving is daarop gebaseerd.

De geohydrologische basis van Stroothuizen wordt gevormd door slecht-doorlatende kleiige Tertiaire afzettingen. Ten noorden van Stroothuizen zijn daar bovenop in het Saalien grondmorene (lagen zand, keileem en keien) afgezet. Onduidelijk is of deze grondmorene afzettingen ook onder Stroothuizen aanwezig zijn. In noordelijke richting neemt de dikte daarvan toe. De Tertiaire afzettingen en de keileem vormen gezamenlijk een slechtdoorlatende laag die de bovenliggende zoete watervoerende pakketten scheidt van het zoute water in de onderliggende afzettingen uit het Krijt. Het glaciale bekken waarin Stroothuizen ligt is opgevuld met grofzandige fluvio-glaciale afzettingen en meerafzettingen bestaande uit fijnere zanden met kleilagen. Tijdens het relatief warme Brørup-interstadiaal is een laag van organisch-stofrijke, sterk kleiige en slibhoudende zand tot zandige klei afgezet. Hierin is onder Stroothuizen ook veen aangetroffen. De dikte van de Brørup laag bedraagt onder Stroothuizen 4.5 tot 5 m. Boven deze laag zijn achtereenvolgens zandafzettingen, een kleilaag van 1-2 m dikte en dekzandafzettingen aanwezig. In chemische profielen van de minifilters is de diepte ligging van de Brørup en kleilaag af te lezen op basis van geologische interpretatie van Jansen & Aggenbach (1991).

De slecht-doorlatende Brørup- laag en de kleilaag verdelen het geohydrologische systeem in een freatisch pakket, een dunne watervoerende laag tussen de kleilaag en de Brørup-laag en een dikker watervoerend pakket tussen de Brørup-laag en de geohydrologische basis van Tertiaire klei en grondmorenen.

Voor deze studie is met name het freatische pakket van belang, omdat voeding van de kwelgebieden in Stroothuizen plaats vindt vanuit dit pakket. Dit blijkt aan uit de analyse van grondwaterstroombanen en waterbalansen die met het beschikbare grondwatermodel zijn berekend (berekeningen december 2016 door M. Bor, Tauw). De centrale slenk wordt gevoed door stroombanen die in de door het diepere deel van het freatische pakket stromen. Een belangrijk deel van die stroombanen betreft water in de percelen zuidelijk van Stroothuizen is geïnfiltreerd. Naast deze relatief diepe stroombanen, zijn er ook ondiep, korte stroombanen in het freatische pakket. Dit betreft zeer lokale grondwatersystemen waarvan voor een belangrijk deel de infiltratiegebieden in Stroothuizen liggen.

4 Patronen en trends hydrochemie grondwater van watervoerende lagen

4.1 Grondwater in het freatisch en watervoerende pakketten

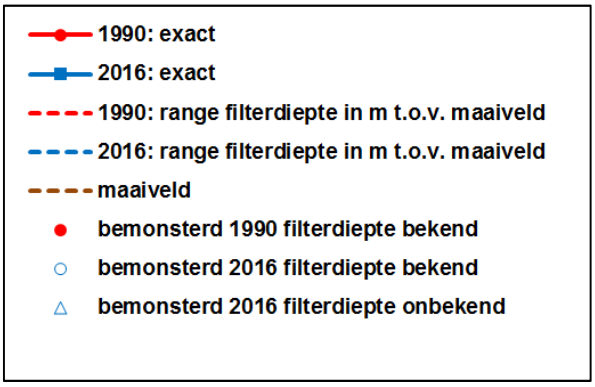
4.1.1 Aanpak

In deze paragraaf worden de ruimtelijke patronen en trends van de minifilterlocaties beschreven. Daarvoor worden eerst de diepteprofielen van hydrochemische variabelen beschreven zoals gemeten in 1990 en 2016. Tevens worden trends tussen 1990 en 2016 beschreven. In de Figuur 4-1 t/m Figuur 4-6 worden de diepteprofielen van stoffen weergegeven. Tekstkader 1 geeft nadere toelichting op de opbouw van deze grafieken. De ruimtelijke patronen en trends worden geïnterpreteerd naar chemische processen en oorzaken.

Tekstkader 1: Toelichting grafieken diepteprofielen minifilterlocaties.

Per minifilterlocatie is het diepteprofiel van diverse hydrochemische variabelen weergegeven in grafieken. De diepte is in meters t.o.v. NAP. Omdat de exacte maaiveldhoogte niet meer beschikbaar was, is de hoogte afgelezen uit grafieken in het rapport van Jansen & Aggenbach (1991). De werkelijke maaiveldhoogte en diepte van de filters kan hierdoor enige decimeters afwijken. Meetwaarden worden voor 12 maart 1990 en 7/8 november 2016 weergegeven. Van monsters waarvan de filterdiepte bekend is, wordt de meetwaarde als punt weergegeven. In 2016 had een deel van de minifilterslangen geen label meer of slechts een onleesbaar label. Deze minifilters zijn evengoed bemonsterd en van elk is herleid tot welke groep van minifilters ze behoren. Voor de groep van minifiltermonster met onbekende filterdiepte is de gemiddelde waarde weergegeven. Deze gemiddelde waarde wordt als stippellijn over de range van filterdiepte van de groep van monsters weergegeven. Ter vergelijking wordt op dezelfde wijze ook de gemiddelde waarde van de monsters uit 1990 weergegeven. Zodoende kunnen ook trends per groep minifilters worden herleid. Meetwaarden van betreffende monsters uit 1990 zijn ook afzonderlijk als punt weergeven. Op de nulwaarde van de x-as wordt ook weergegeven welke monsterdiepten zijn bemonsterd in 1990 en 2016 en of de filterdiepte wel of niet bekend is.

Legenda bij de grafieken:



4.1.2 Resultaten

Minifilter 89P40 (ZW-hoek Stroothuizen)

Verblijftijden in watervoerende lagen en stromingspatroon grondwater

- Er zijn met het grondwatermodel alleen verblijftijden berekend voor de top van het freatisch pakket. Het gaat hierbij om 0-2 jaar oud grondwater wat lokaal in het reservaat en het zuidelijk gelegen landbouwperceel is geïnfiltreerd. Het stromingspatroon is noordwestelijk en de stroombanen exfiltreren in het zuidelijke deel van perceel Groener. De verblijftijden geven voor de situatie in 1990 een infiltratieperiode gedurende 1988-1990, wat valt in de periode met dalende S-depositie en het pieken van de N-depositie. Voor 2016 viel de infiltratieperiode in 2014-2016, toen de S-depositie sterk was verlaagd en de N depositie gedaald was, maar absoluut bezien nog steeds hoog was (Tabel 2-2);
- Er zijn geen diepere stroombanen berekend. Diepere stroombanen zullen buiten het reservaat exfiltreren.

Situatie 1990

In toplaag boven kleilaag (23-19 m NAP)

- De Cl, Na, K en Mg concentraties zijn zeer hoog. De Cl concentratie is veel hoger dan de depositieconcentratie na indikking. De hoge concentraties duiden op sterke van invloed van (kali-)bemesting en bekalking.
- De NO_3 concentratie is laag en terwijl de SO_4 concentratie is verhoogd (piekt op 24 m NAP) en NH_4 relatief hoog. De SO_4 concentratie is ca. 2.5 maal zo hoog als de depositieconcentratie van 1988-1990, wat net als de hoge Cl concentratie duidt op bemestingsinvloed. Het patroon kan verklaard worden met volledige denitrificatie van NO_3 onder invloed van oxidatie van sulfiden.
- De Ca concentratie is matig hoog bovenin het freatisch pakket, bij een verhoudingsgewijs lage HCO_3 concentratie. Dit duidt op oplossing van kalk en desorptie van Ca onder invloed van sterke zuren.
- Op 19 m NAP piekt de Fe-concentratie.

Laag vanaf kleilaag tot onder Brørup-laag (17 tot -4 m NAP)

- Met toenemende diepte zijn de Cl, Na, K, Mg concentraties lager, deels scherp dalend in de kleilaag. Dit duidt erop dat het door meststoffen beïnvloede grondwater nog niet onder kleilaag is doorgedrongen.
- De ratio (Ca+Mg)/HCO3 ≈ 1 (eq/eq) wat duidt op onvervuild lithoclien grondwater
- Het grondwater is in de kleilaag matig basenrijk, onder Brørup-laag zeer basenrijk.

Situatie 2016

- Hoge TOC waarden (> enkele 100'en µmol/l) duiden op sterke afbraak van organische stof.

Trends 1990->2016

Freatisch pakket

(vooral op gemiddelde waarden van filters tussen 23 tot 17 m NAP: freatisch pakket tot top kleilaag, het diepteprofiel is alleen bekend voor 14 tot -4 m +NAP*)*

- De Cl, Na, K, Mg, Fe, NH_4, Ca en SO_4 concentraties zijn duidelijk afgenomen. Dit duidt op een afname van de belasting van grondwater met meststoffen en atmosferische N en mogelijk ook door afname van S-depositie.

Diepere pakketten

- T.o.v. van 1990 is de Cl-concentratie en de ratio (Ca+Mg)/HCO_3 sterk toegenomen. Het vermeste grondwater is tot deze diepte doorgedrongen, kalkoplossing vindt ook plaats door sterke zuren. Omdat verblijftijden van het diepere grondwater niet bepaald zijn, kan niet worden vastgesteld in welke mate vroegere S-depositie een rol speelt of dat het alleen het effect van bemesting in landbouwpercelen betreft.
- Opvallend is de toename van P-ortho. Mogelijk hangt dit samen met sterke reductie van sulfaat in de Brørup-laag waarbij ijzerhydroxiden worden omgezet in sulfiden en organisch materiaal wordt afgebroken.

Conclusie:

- De top van het freatisch pakket was in 1990 sterk vervuild door bemesting in het intrekgebied. In 2016 is de mate van vervuiling afgenomen.
- Tussen 1990 en 2016 heeft door bemesting en mogelijk ook S-depositie beïnvloed grondwater de watervoerende laag onder de Brørup-laag bereikt.

Minifilter 89P41 (ca. midden van Stroothuizen)

Verblijftijden in watervoerende lagen en stromingspatroon grondwater

- Voor het freatisch pakket bedraagt de met het grondwatermodel berekende verblijftijd 0 tot 10 j en daarbij oplopend van 24.60 naar 18.00 m +NAP (gebaseerd op meerdere stroombanen). De meeste stroombanen hebben hun intrekgebied in de landbouwpercelen aan de zuidkant en eindigen in en rond de centrale slenk in Stroothuizen. De verblijftijden geven voor de situatie in 1990 een infiltratieperiode gedurende 1980-1990 hetgeen valt in de periode met dalende S-depositie en het pieken van de N-depositie. Voor 2016 betreft dat periode 2006-2016, toen de S-depositie sterk was verlaagd en de N depositie gedaald was, maar absoluut bezien nog steeds hoog was (Tabel 2-2);
- Voor een diepere stroombaan bedraagt de verblijftijd ca. 15 j op 11.00 m +NAP (slechts één stroombaan berekend). De stroombaan begint 600 m ten zuidoosten van de minifilterlocatie in een landbouwperceel en eindigt in een bosje aan de Noordwestzijde van Stroothuizen. De verblijftijden geven voor de situatie in 1990 een infiltratieperiode gedurende 1975, wat valt in de periode met de S-depositiepiek en hoge en ook stijgende N-depositie. Voor 2016 betreft dat 2001, toen de S-depositie sterk was verlaagd en de N depositie gedaald was, maar absoluut bezien nog steeds hoog was (Tabel 2-2).

Situatie 1990

in freatisch pakket boven kleilaag + kleilaag (24-14 m +NAP)

- Cl, Na, K concentraties zijn hoog. De Cl-concentratie is duidelijk hoger dan de depositie concentratie na indikking. Dat duidt op invloed bemesting met kaliumchloride in het intrekgebied.
- NO_3 is in top van freatisch pakket relatief hoog en met diepte sterk afnemend (24-20 m +NAP), terwijl SO_4 sterk toeneemt met diepte (24-18 m +NAP). De NO_3-piek is lager dan de depositieconcentratie van de infiltratieperiode 1980-1990. De SO_4 concentratie is hoger dan de depositieconcentratie van 1975. Dit duidt op sterke denitrificatie van het grondwater dat in de agrarische percelen infiltreert en oxidatie van ijzersulfiden.
- Mg en Ca nemen toe met diepte (24-18 m +NAP) parallel aan de SO_4-concentratie. Dit duidt op oplossing van kalk en desorptie van Ca en Mg onder invloed van zuurvorming door oxidatie van sulfiden. De saturatie-index voor calciet is ook sterk onderverzadigd in dit traject en neemt toe met diepte.
- Fe neemt toe met diepte (24-18 m NAP) parallel aan de SO_4-concentratie. Dit is mogelijk ook veroorzaakt oxidatie van ijzersulfiden en mogelijk ook door de zuurvorming, waardoor oplossing van sideriet kan optreden. De saturatie-index van sideriet is sterk onderverzadigd in dit traject en neemt toe met diepte.
- NH_4 neemt toe met diepte. Dit duidt op meer invloed van afbraak van organische stof in het diepere deel.

Van kleilaag tot watervoerend pakket onder Brørup laag (14 tot 1 m NAP)

- In het watervoerende pakket onder de Brørup laag zijn de Cl, Na, K concentraties veel lager dan daar boven. De ratio $(Ca+Mg)/HCO_3$) neemt af naar waarde 1 (eq/eq). Dit alles duidt op grondwater dat nog niet beïnvloed is door sterk-zuurvorming.
- SO_4, Fe nemen sterk af, NH_4 blijft hoog. Dit duidt op sterke reductie van SO_4 naar sulfiden, in combinatie met anaerobe afbraak van organische stof.
- Ca en HCO_3 zijn in het watervoerende pakket onder de Brørup laag verhoogd maar iets minder hoog dan bij locatie 89P40.

Situatie 2016

- Er bevindt zich een opvallend hoge piek van TOC hoog in freatisch pakket op 22 m +NAP. Daar zijn ook TIC en SO_4 zeer hoog. Nitraatgehalten zijn bovenin het freatische pakket relatief hoog. NH_4 neemt hier met de diepte sterk toe. De piek van de SO_4 concentratie is ca. een factor 10 hoger dan de depositieconcentratie van 2006-2016, die van nitraat is juist veel lager. Dit duidt dus nog steeds op sterke denitrificatie met oxidatie van sulfiden. De hoge piek van TOC en TIC duidt op sterke afbraak van organische stof.
- In het algemeen zijn TOC concentraties in het hele diepteprofiel hoog bovenin het freatische pakket. Dat duidt op (onvolledige) afbraak van organische stof.

Trends 1990-2016

- De Cl, Na en NO_3 concentraties in freatisch pakket en de kleilaag zijn lager geworden. Gezien de zeer korte verblijftijden bovenin het freatisch pakket kan de afname van NO_3 worden toegeschreven aan de afnemende N-depositie (lokaal infiltratiewater). De afname van Cl dieper in het pakket kan worden toegeschreven aan vermindering van bemesting met kaliumchloride. Dit uit zich overigens nog niet in een afname van de K concentratie
- De Cl en Na concentraties zijn (deels) hoger geworden in het WVP onder de Brørup-laag. De verschillen zijn gering en liggen voor Cl in de range van de Cl-depositieconcentratie na indikking.
- De SO_4 en Fe piek in freatisch pakket is ca. even hoog, maar nu zit top van de piek ondieper.
- In het hele profiel is HCO_3 sterk afgenomen en in het freatisch pakket en de Brørup laag is tevens Ca sterk afgenomen, de saturatie-index voor calciet is lager geworden en in de kleilaag nu ook negatief geworden. De ratio $(Ca+Mg)/HCO_3$) in het watervoerende pakket onder Brørup-laag is toegenomen. Al deze veranderingen duiden op toegenomen uitloging van basen onder invloed van sterk zuur. Dit proces beïnvloed nu ook de waterkwaliteit in de diepere watervoerende lagen. Gezien de verblijftijden in het minifilterprofiel kan dit effect niet worden toegeschreven aan de trends van S en N-depositie. Daarmee is voortdurende bemesting in het intrekgebied de meest aannemelijke oorzaak. Mogelijk wordt de sterke afname van de Ca-concentratie in het freatisch pakket wordt veroorzaakt door een voortgeschreden uitloging van de ondergrond. Omdat de SO_4 concentratie nog steeds hoog is, zal de belasting met nitraat in het intrekgebied eveneens steeds hoog zijn geweest.
- Er treden veel hogere P-ortho concentraties in het WVP onder de Brørup-laag. Mogelijk hangt dit samen met sterke reductie van sulfaat in de Brørup-laag waarbij organisch materiaal wordt afgebroken en ijzerhydroxiden worden omgezet in sulfiden. De hoogste concentraties worden direct onder de Brørup-laag gevonden

Conclusies:

- Het grondwater in de toplaag van het freatisch pakket is lokaal geïnfiltreerd, niet beïnvloed door bemesting, maar wel door de antropogeen verhoogde depositie van N en S. Dit grondwater treedt uit hoog in de hoogtegradiënt ten zuidoosten van de centrale slenk van Stroothuizen.
- Het diepere deel van het freatisch pakket was in 1990 en is in 2016 sterk beïnvloed door met meststoffen vervuild grondwater. De denitrificatie onder invloed van sulfidenoxidatie bepaald daarbij sterk de hydrochemie. Volgens de stroombaanberekeningen van het grondwatermodel treedt dit grondwater uit in de centrale slenk van Stroothuizen.
- In 2016 is het door bemesting beïnvloede grondwater doorgedrongen in de watervoerende laag onder de Brørup-laag. volgens het hydrologische model treedt dit grondwater uit buiten het reservaat ter plekke van de diep ontwaterde percelen aan de noordwest-zijde.
- Mogelijk heeft de sterke zuurvorming onder invloed van bemesting en voorheen ook door hoge S-depositie het freatisch pakket voor basen sterk uitgeloogd.

Minifilter 89P42 (Noordoostelijke hoek Stroothuizen)
Dit betreft de diepste minfilterreeks tot 15 m onder de Brørup-laag

Verblijftijden in watervoerende lagen en stromingspatroon grondwater

- Voor de top van het freatisch pakket is een verblijftijd van 0 tot 2 jaar berekend op een diepte van 23-24 m +NAP (gebaseerd op meerdere stroombanen). De meeste stroombanen hebben hun intrekgebied in het landbouwperceel aan de oostzijde. De verblijftijden geven voor de situatie in 1990 een infiltratieperiode gedurende 1988-1990 hetgeen valt in de periode met dalende S-depositie en het pieken van de N-depositie. Voor 2016 betreft dat periode 2014-2016, toen de S-depositie sterk was verlaagd en de N depositie gedaald was, maar absoluut bezien nog steeds hoog was (Tabel 2-2).
- Stroombanen op grotere diepte in freatisch pakket en de diepere watervoerende lagen zijn niet berekend.

Situatie 1990
In freatisch pakket boven kleilaag (22-18 m +NAP)

- Cl, Na, K en Mg zijn hoog, K wel minder hoog dan locatie 89P40 en 89 P41. De Cl-concentratie is veel hoger dan de depositieconcentratie na indikking.
- NO_3 is bovenin (22 m +NAP) relatief hoog en SO_4 in hele freatische pakket zeer hoog en daarbij veel hoger dan de depositieconcentratie van de jaren '80. Ca piekt op 18 m +NAP. Deze patronen duiden op sterke invloed van bemesting in het intrekgebied met sterke denitrificatie, oxidatie van sulfiden en zuurvorming.

Van kleilaag tot watervoerend pakket onder Brørup laag (14 m +NAP tot 10 m -NAP)

- Sterke stijging van Ca en HCO_3 tussen kleilaag en top Brørup laag, vanaf kleilaag naar dieper ratio $(Ca+Mg)/HCO_3$ = 1 (eq/eq). Dit duidt op kalkoplossing onder invloed van CO_2.
- SO_4 neemt sterk af in het traject kleilaag - top Brørup, Fe neemt af. Dit duidt op sterke reductie van SO_4 naar sulfiden.
- Op -4 tot -6 m +NAP in het watervoerende pakket onder Brørup-laag is een opvallende piek van Na, Mg, K, HCO_3 en NH_4 aanwezig. Op die diepte wordt SO_4 eveneens zeer laag, neemt P-ortho toe. Deze patronen hangen mogelijk samen met een lokaal verzoetingseffect en verhoogde anaerobe afbraak en reductie van sulfaat.

Trends 1990-2016

- In het watervoerende pakket tussen de kleilaag en Brørup-laag treedt een toename Cl, Na, Ca en Fe op. De Cl-concentratie is in 2016 veel hoger geworden dan de depositieconcentratie. Deze patronen duiden op het dieper indringen van grondwater dat beïnvloed is door bemesting in het intrekgebied.
- De SO_4 concentratie in de kleilaag is lager geworden.
- Van de kleilaag tot het watervoerende pakket onder de Brørup-laag treedt een afname van HCO_3 en Mg op en een lichte toename van Ca en SO_4. Het grondwater in het bovenste deel van het watervoerende pakket onder de Brørup-laag is tamelijk SO_4-rijk geworden. De ratio $(Ca+Mg)/HCO_3$ is toegenomen met waarden ver boven 1 (eq/eq), TOC is hoog in 2016. Al deze patronen duiden op een diepere indringing van vervuild grondwater waarbij denitrificatie en oxidatie van sulfiden is opgetreden. De oorzaken zijn bemesting in het intrekgebied en mogelijk ook atmosferische depositie van N en S. Door het ontbreken van informatie over verblijftijden kan de relatieve bijdragen van deze processen.
- In het grondwater van de kleilaag tot het watervoerende pakket onder Brørup-laag is P-ortho toegenomen. Dit hangt mogelijk samen met afbraak van organische stof en reductie van sulfaat waarbij ijzerhydroxiden worden omgezet in sulfiden

Conclusies

- Het freatisch pakket was in 1990 vervuild door bemesting in het intrekgebied. Over de situatie in 2016 is niets bekend.
- De onderliggende watervoerende pakketten waren in 1990 nog nauwelijks vervuild. In 2016 is dat wel het geval waarbij de bemesting in het intrekgebied een rol speelt en de bijdrage van depositie onduidelijk is.

Minifilter 89P43 (zuidoostelijke hoek Stroothuizen)

Verblijftijden in watervoerende lagen en stromingspatroon grondwater

- Voor het freatisch pakket is met het grondwatermodel een verblijftijd van 0 tot 11 jaar berekend, oplopend van 25.9 m naar 16.00 m NAP (gebaseerd op meerdere stroombanen). De stroombanen lopen van het perceel zuidoostelijk van Stroothuizen naar de zuidzijde van het Oortven. De verblijftijden geven voor de situatie in 1990 een infiltratieperiode gedurende 1979-1990, wat grotendeels valt in de periode met dalende S-depositie en het pieken van de N-depositie. Voor 2016 betreft dat periode 2005-2016, toen de S-depositie sterk was verlaagd en de N depositie gedaald was, maar absoluut bezien nog steeds hoog was (Tabel 2-2);
- Voor de diepere watervoerende lagen zijn geen stroombaanberekeningen beschikbaar.

Situatie 1990

In freatisch pakket boven kleilaag en kleilaag (20-18 m NAP)

- Cl en Na hebben een matig hoge piek vlak boven en in kleilaag, NO_3 heeft een lage piek in het freatische pakket. De Cl-piek is hoger dan de depositieconcentratie na indikking wat duidt op invloed van bemesting in het intrekgebied.
- K is iets verhoogd in de top van het freatische pakket, maar juist laag op de diepte van de Cl-piek.
- De NO_3 concentratie is laag en veel lager dan verklaard kan worden uit de depositieconcentratie uit de jaren ’80. De SO_4 concentratie piekt vlak boven kleilaag en neemt in de kleilaag sterk toe. De SO_4-piek ligt in de range van de S-depositieconcentratie van de jaren ’80. Ca loopt met de diepte net boven de kleilaag sterk op. De Ca-piek gaat daar samen met een ratio van (Ca+Mg)/HCO_3 boven waarde 1 (eq/eq). .

Watervoerende laag tussen kleilaag en Brørup-laag

- Ca en HCO_3 nemen met toenemende diepte sterk toe in traject vlak boven en in kleilaag, onder kleilaag daalt de ratio (Ca+Mg)/HCO_3 naar waarde 1.
- De Cl, Na en SO_4 concentraties nemen af met de diepte en de K concentratie is laag. De Cl concentraties komen daarbij in de buurt van de depositieconcentraties na indikking. Dit duidt op een geringere invloed van grondwater dat is beïnvloed door bemesting in het intrekgebied

Watervoerende laag onder Brørup-laag

- De Cl-concentratie is laag en gelijk aan de depositieconcentratie na indikking wat duidt op afwezigheid van mestinvloed.
- De SO_4 concentratie is laag. Die van Ca en HCO_3 zijn variabel meer wel hoog, ratio (Ca+Mg)/HCO3 = 1 (eq/eq). Het betreft hier dus onvervuild lithoclien grondwater.

Situatie diepte profiel 2016 (alleen bekend voor diepste filter)

- TOC is hoog wat duidt op afbraak van organische stof.
- P-ortho in WVP onder Brørup is hoog

Trends 1990->2016 (vooral op basis van filters in 2016 met onbekende filterdiepte)

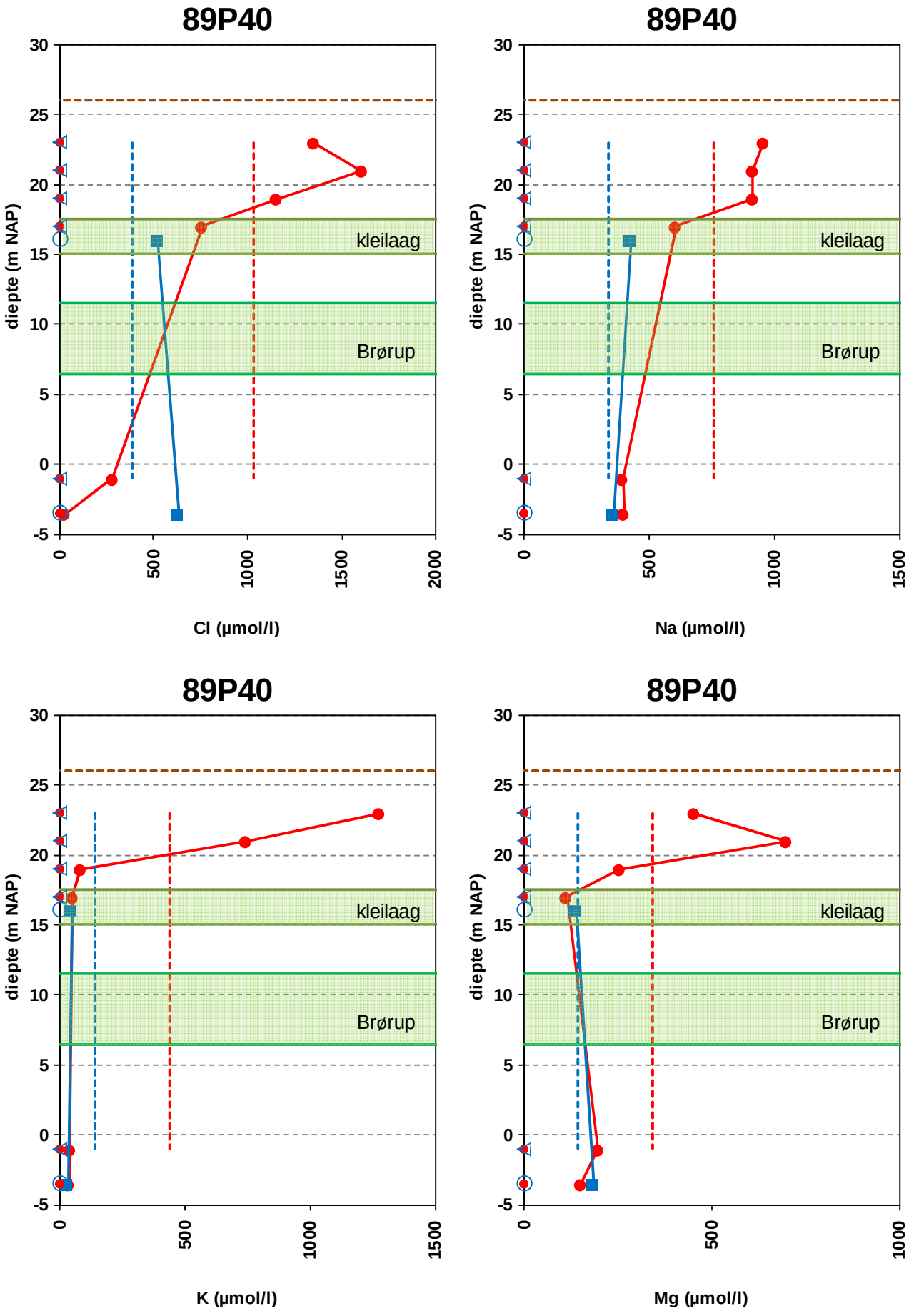
- Cl stijgt in de Brørup-laag en het watervoerende pakket daaronder. Dit duidt op meer invloed van Cl-rijk grondwater dat is beïnvloed door bemesting in het intrekgebied.
- Ca en SO_4 stijgen, HCO_3 daalt, de ratio (Ca+Mg)/HCO_3 stijgt zeer sterk. Deze veranderingen treden zeker ook op in het watervoerende pakket onder Brørup-laag. Er treedt verharding van het grondwater op onder invloed van zuurvorming. Oorzaak is waarschijnlijk de bemesting in het intrekgebied en mogelijk ook een hoge depositie van N en S. Door het ontbreken van informatie over verblijftijden kan het relatieve belang niet nader geduid worden.
- P-ortho neemt sterk toe, zeker ook in het watervoerende pakket onder de Brørup-laag. Mogelijk door omzetting van ijzerhydroxiden naar sulfiden.

Conclusies

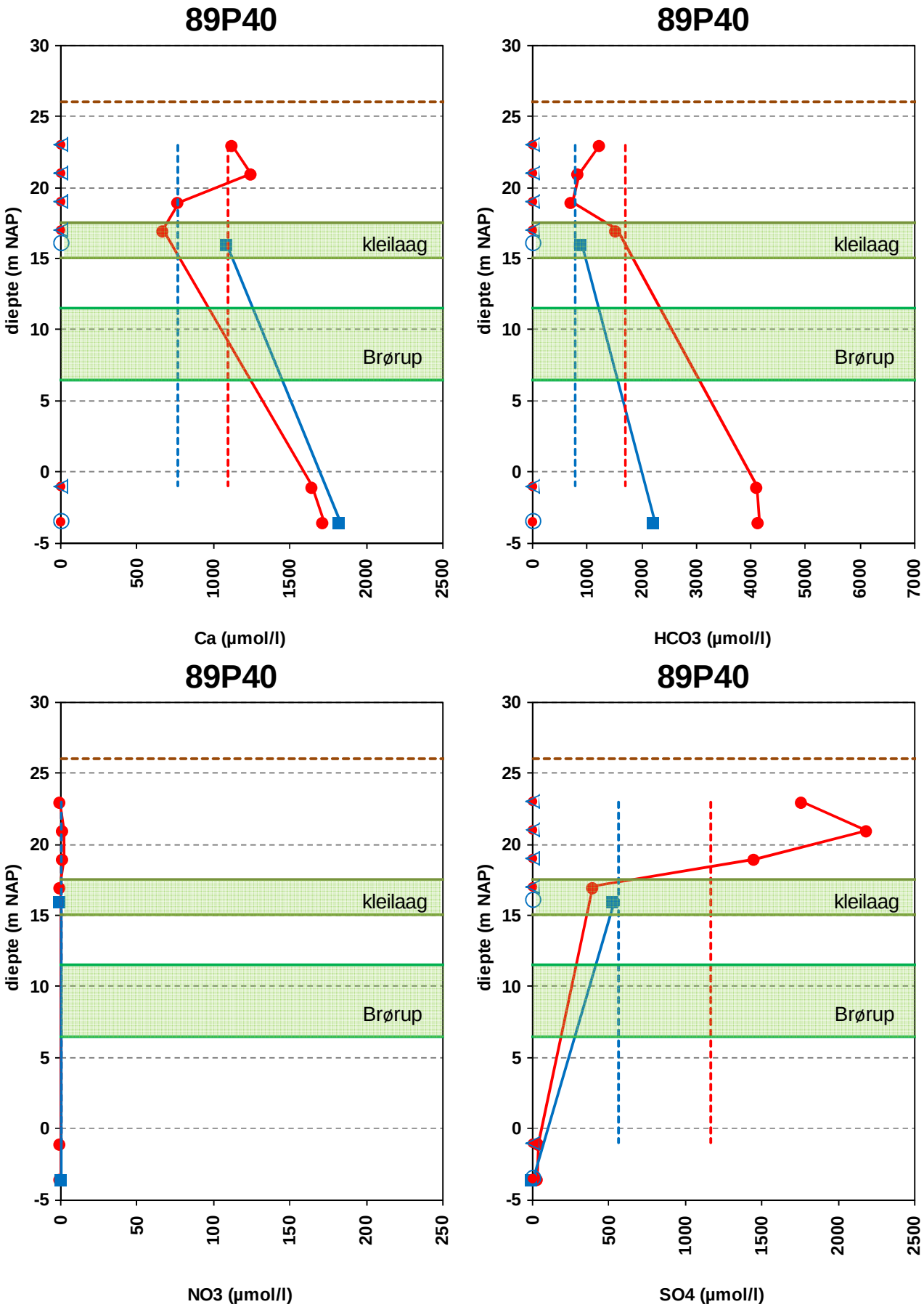
- Het freatisch pakket is onderin licht vervuild door bemesting in intrekgebied. Atmosferische depositie had in 1990 sterke invloed resulterend in hoge sulfaatconcentraties en hardheid.
- De onderliggende watervoerende pakketten waren in 1990 nog nauwelijks vervuild. In 2016 is dat wel het geval waarbij bemesting in het intrek gebied een rol speelt en de bijdrage van depositie onduidelijk is.
- Door sterke zuurbelasting en interne zuurvorming door denitrificatie treedt versnelde uitloging op van het freatische pakket.

4.2 Conclusies

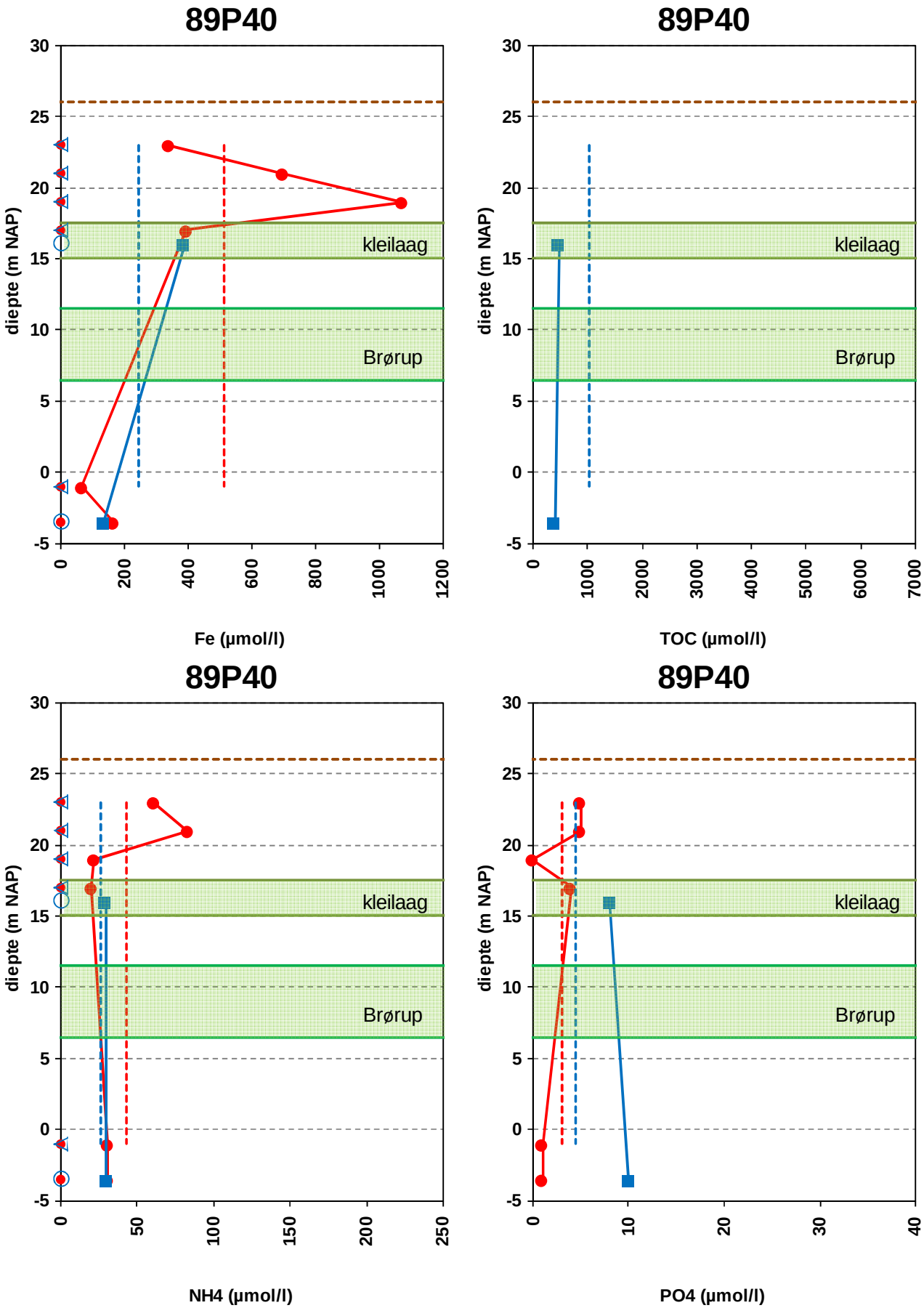
- De hydrochemie van het grondwater in het freatisch pakket is beïnvloed door bemesting in het intrekgebied. De bemesting heeft geleid tot verhoogde concentraties van SO4, K en Cl. De mate van verhoging verschilt per locatie.
- De bemesting in het intrekgebied zorgt voor aanvoer van veel nitraat. Door denitrificatie onder invloed van sulfidenoxidatie wordt het nitraat grotendeels afgebroken en dit leidt tot een hoge SO4 concentratie in het freatisch pakket.
- Op de locatie ter plekke van de stroombanen in het diepere deel van het freatische pakket van de landbouwpercelen naar de centrale slenk in Stroothuizen (minifilters 89P41) is het grondwater sterk vervuild met sulfaat door bemesting in het intrekgebied. Tussen 1990 en 2016 zijn hier de HCO3 en Ca concentraties afgenomen.
- Het watervoerende pakket tussen de kleilaag en Brørup laag en het watervoerende pakket onder de Brørup laag was in 1990 niet vervuild. In 2016 is de hydrochemie beïnvloed door mogelijk bemesting in het intrekgebied en mogelijk ook atmosferische depositie,



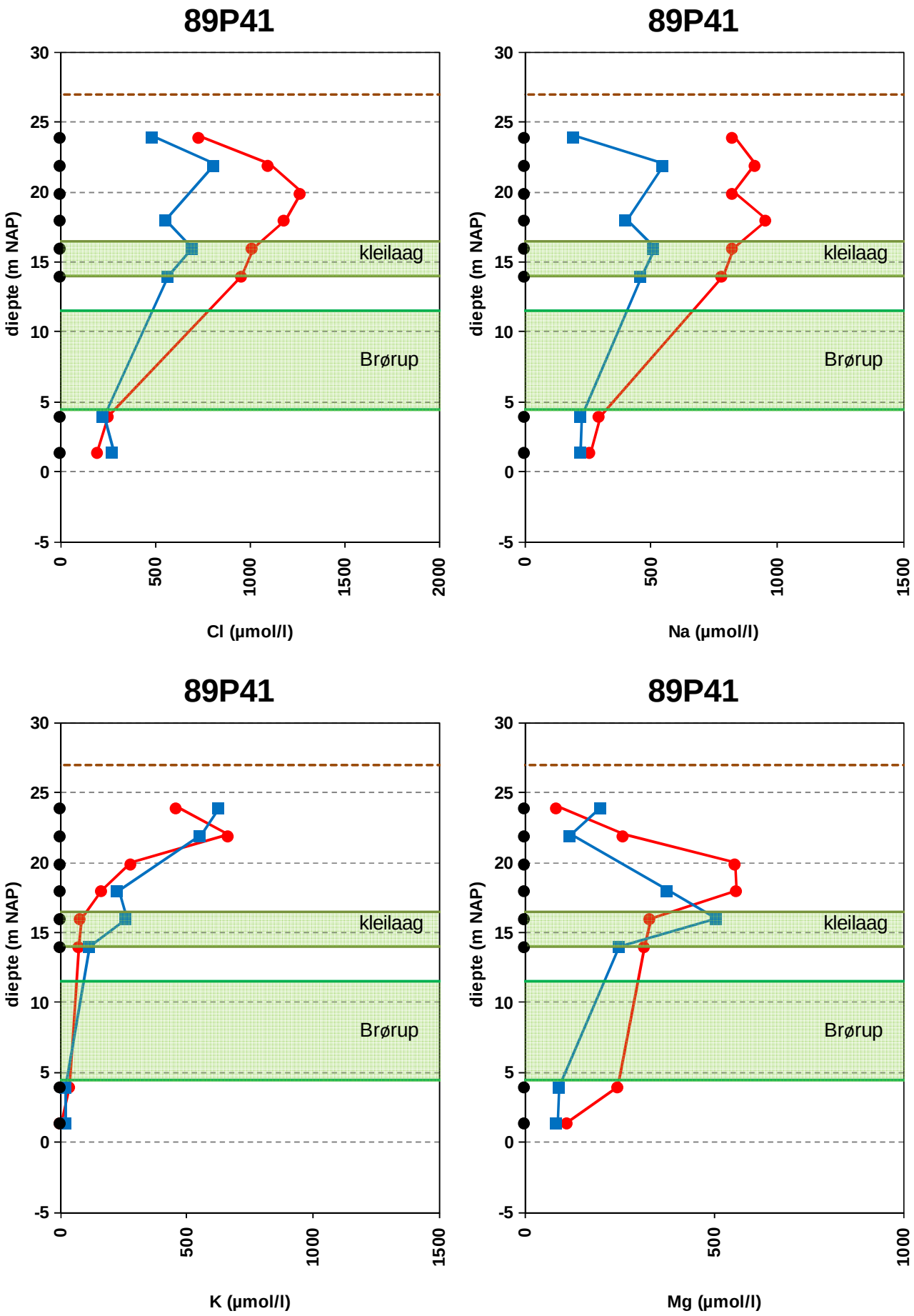
Figuur 4-1: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P40. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



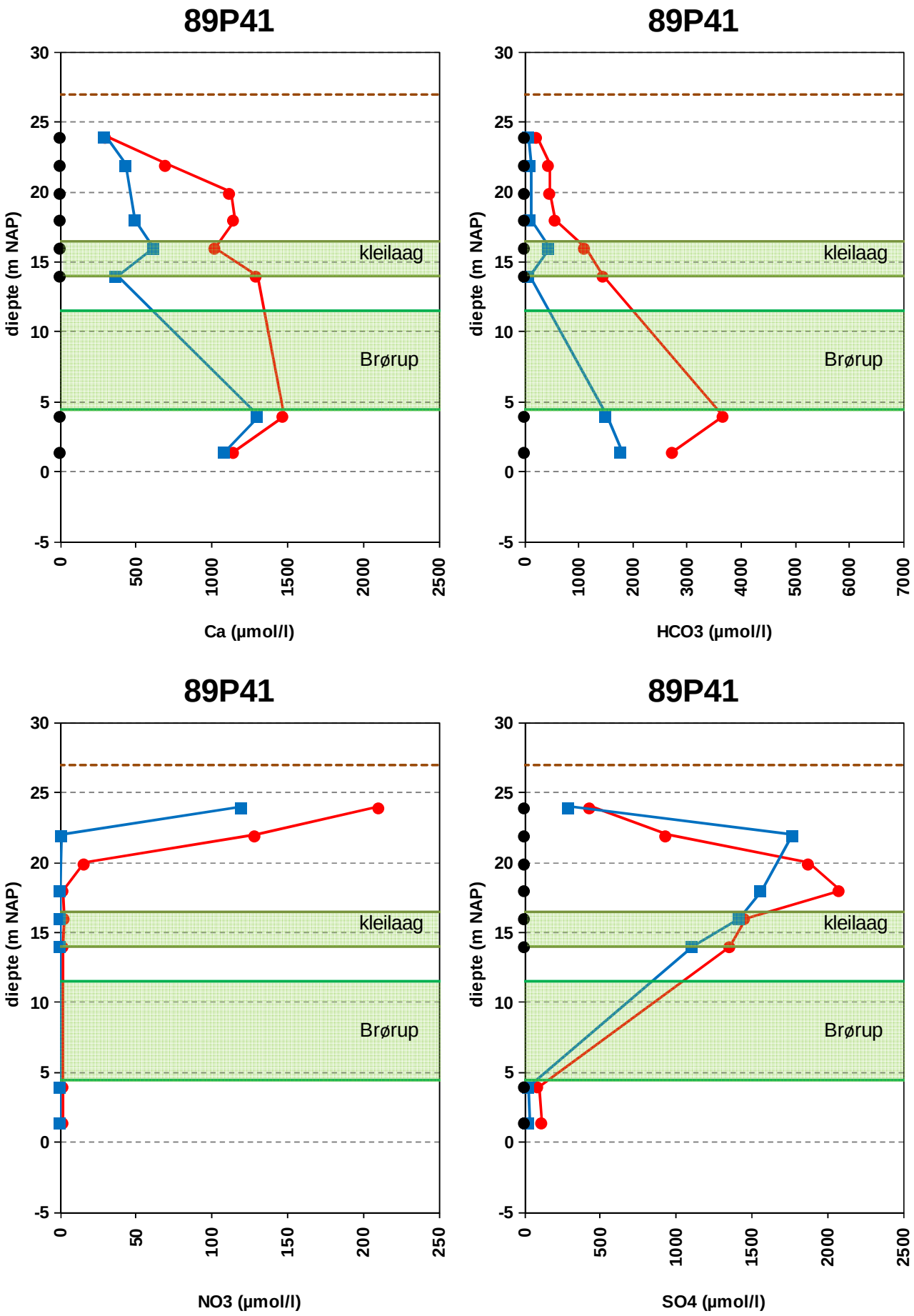
Vervolg Figuur 4-1: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P40. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



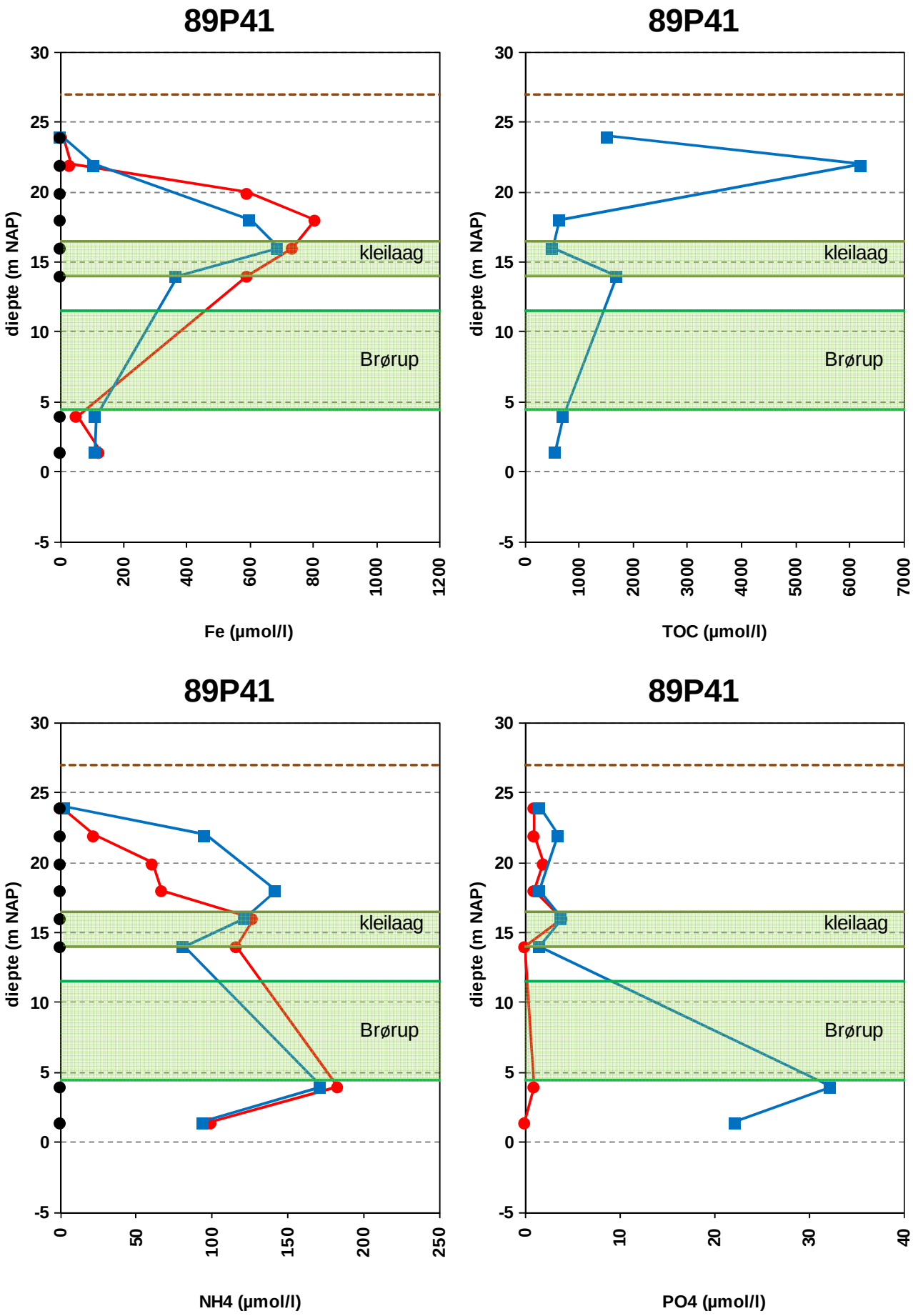
Vervolg Figuur 4-1: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P40. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



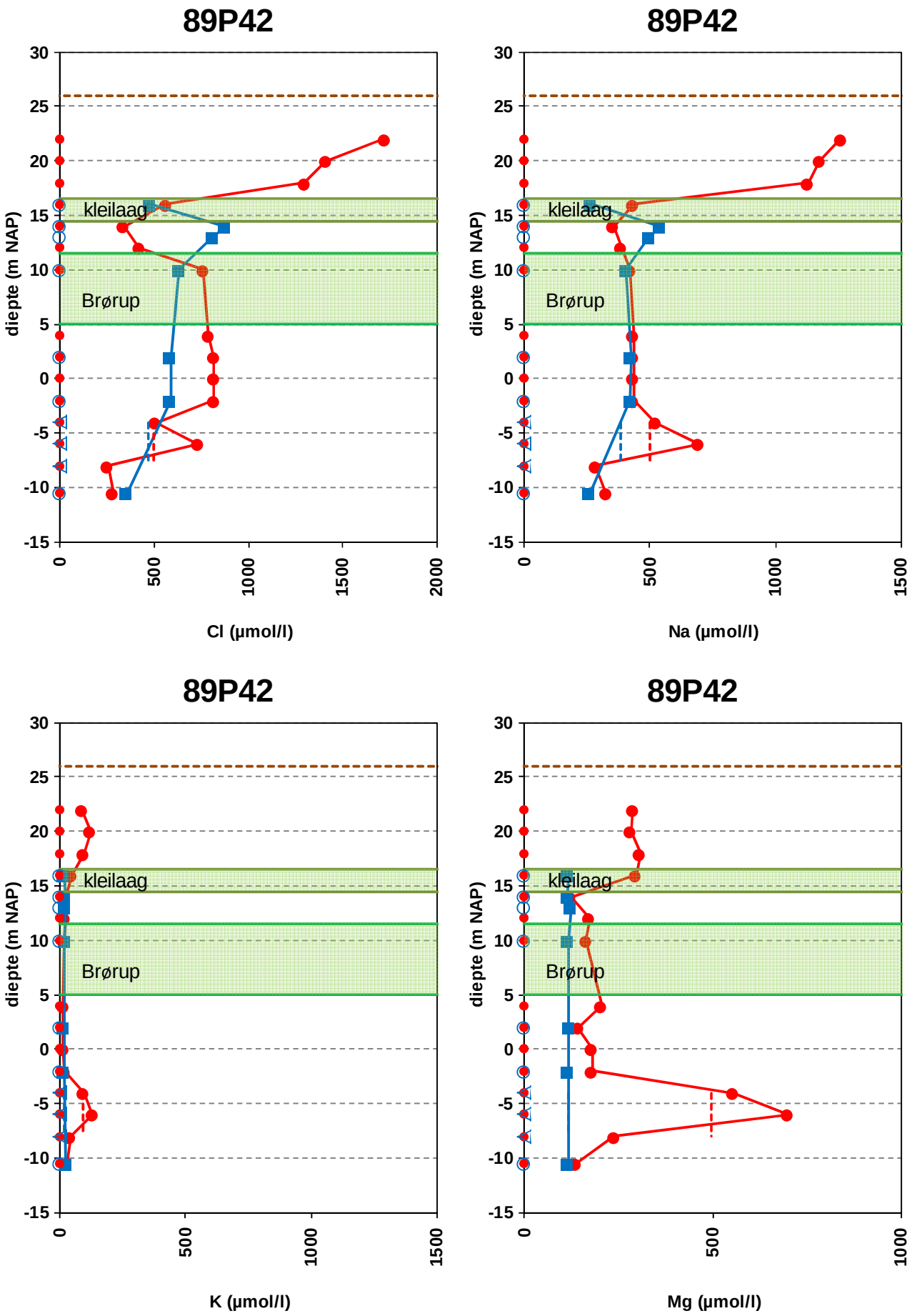
Figuur 4-2: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P41. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



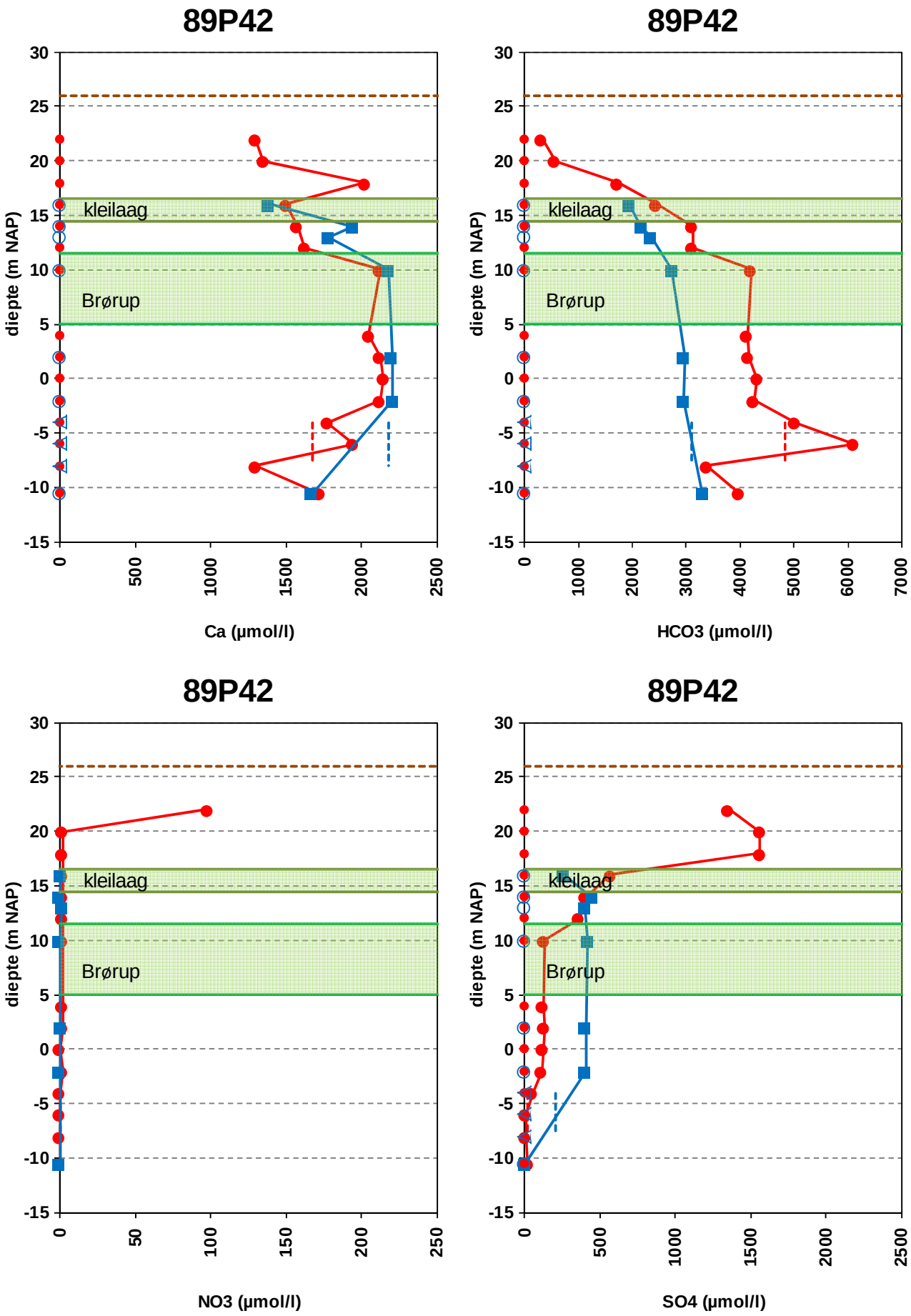
Vervolg Figuur 4-2: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P41. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



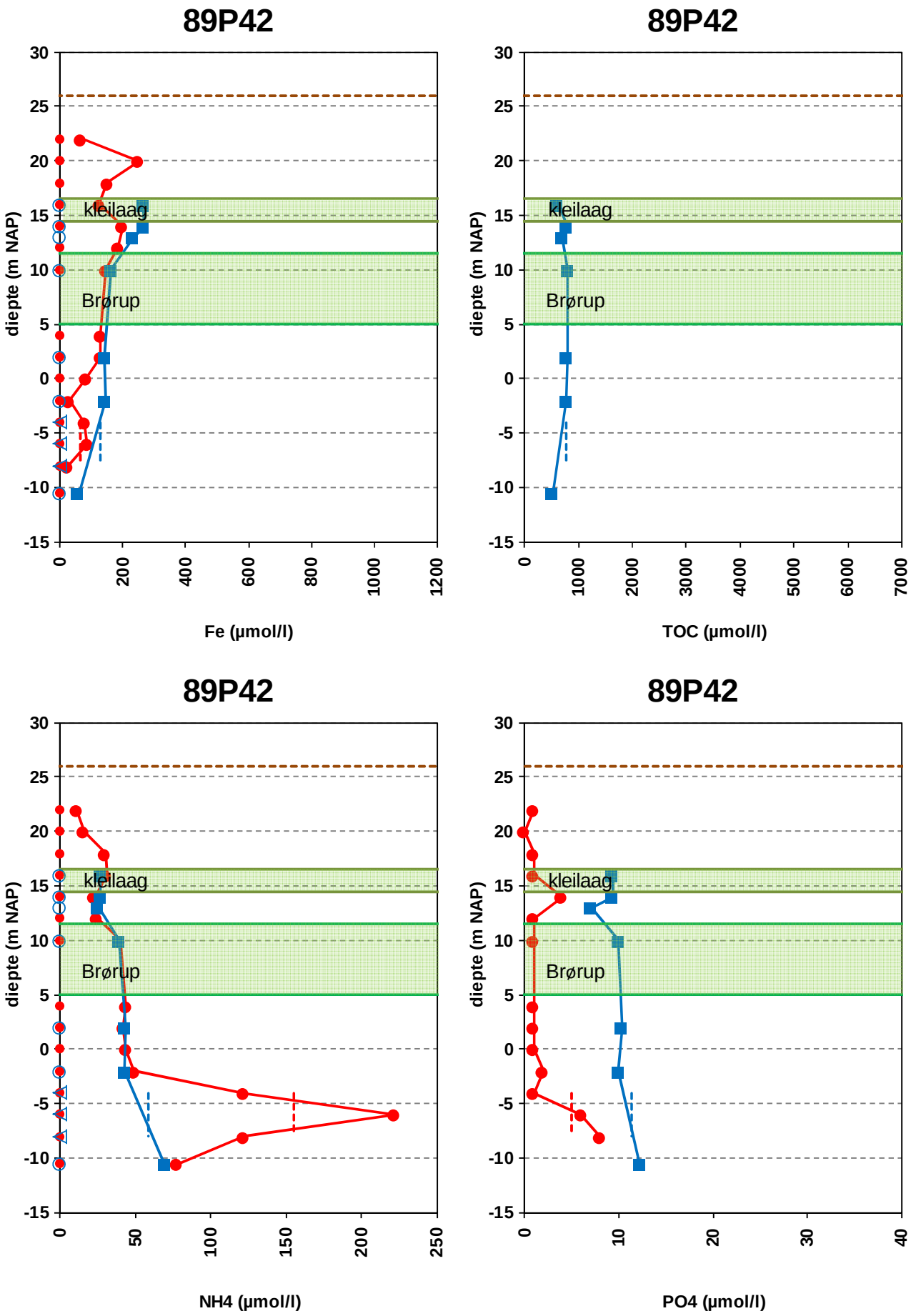
Vervolg Figuur 4-2: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P41. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



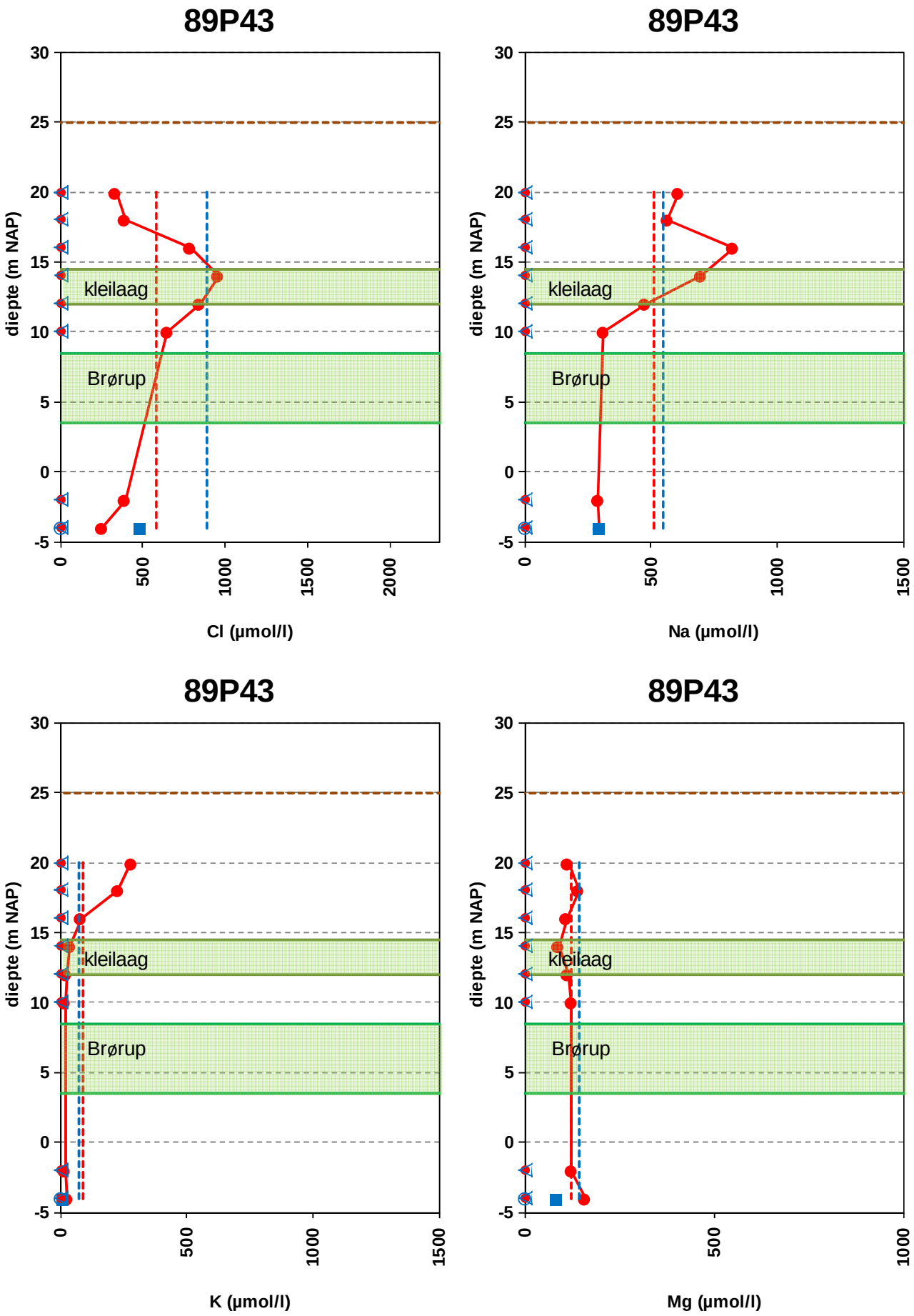
Figuur 4-3: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P42. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



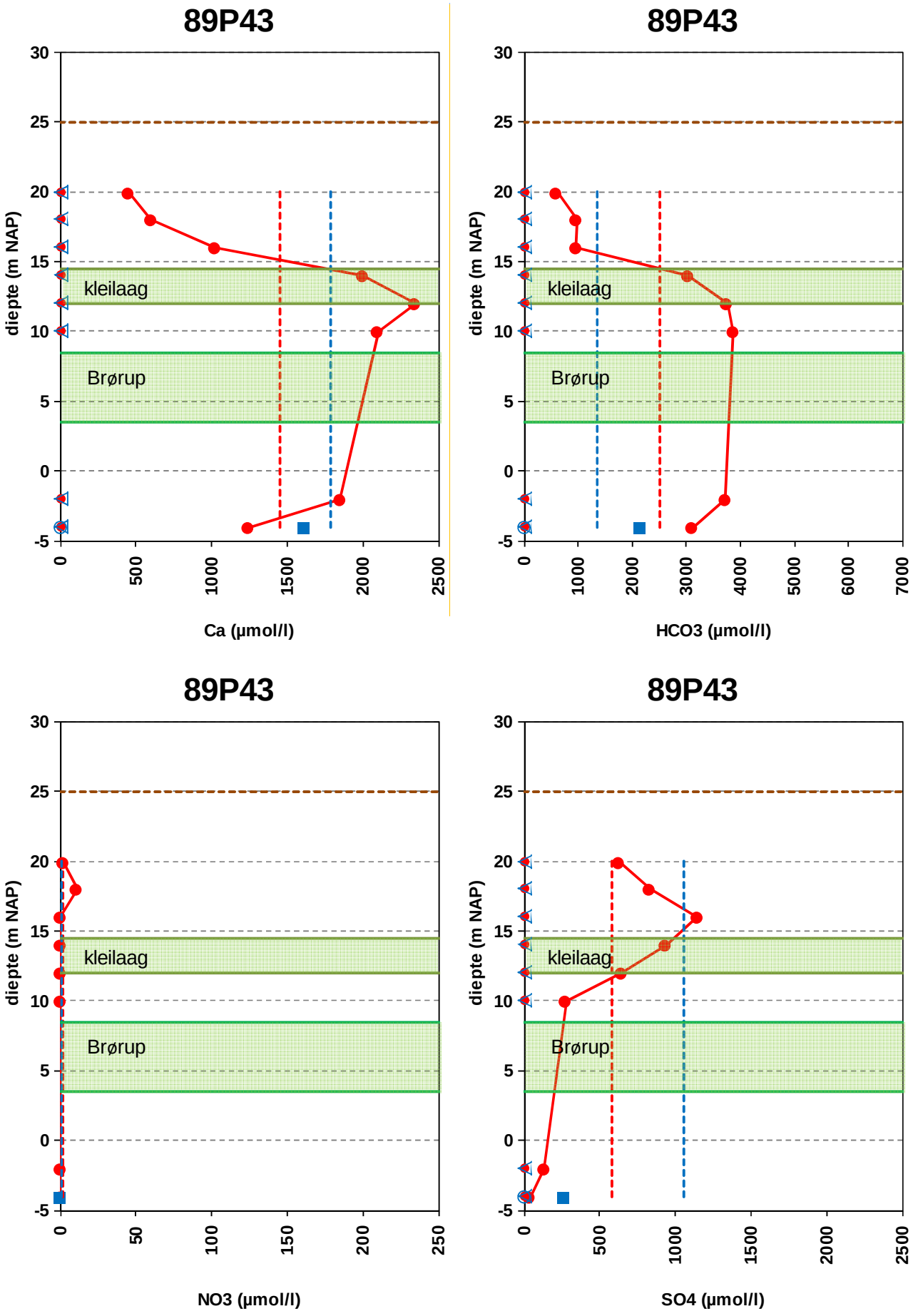
Vervolg: Figuur 4-3: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P42. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



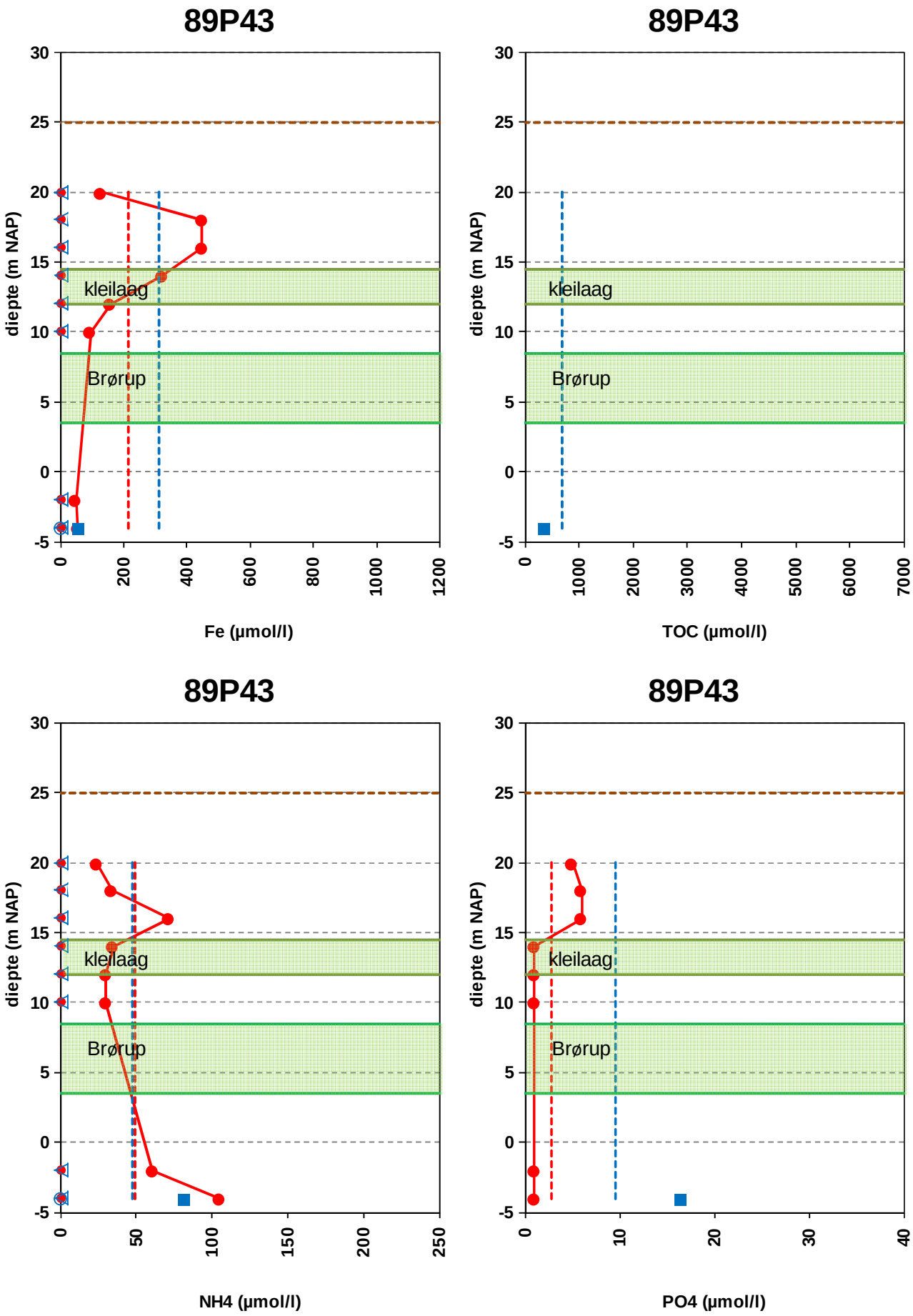
Vervolg: Figuur 4-3: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P42. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



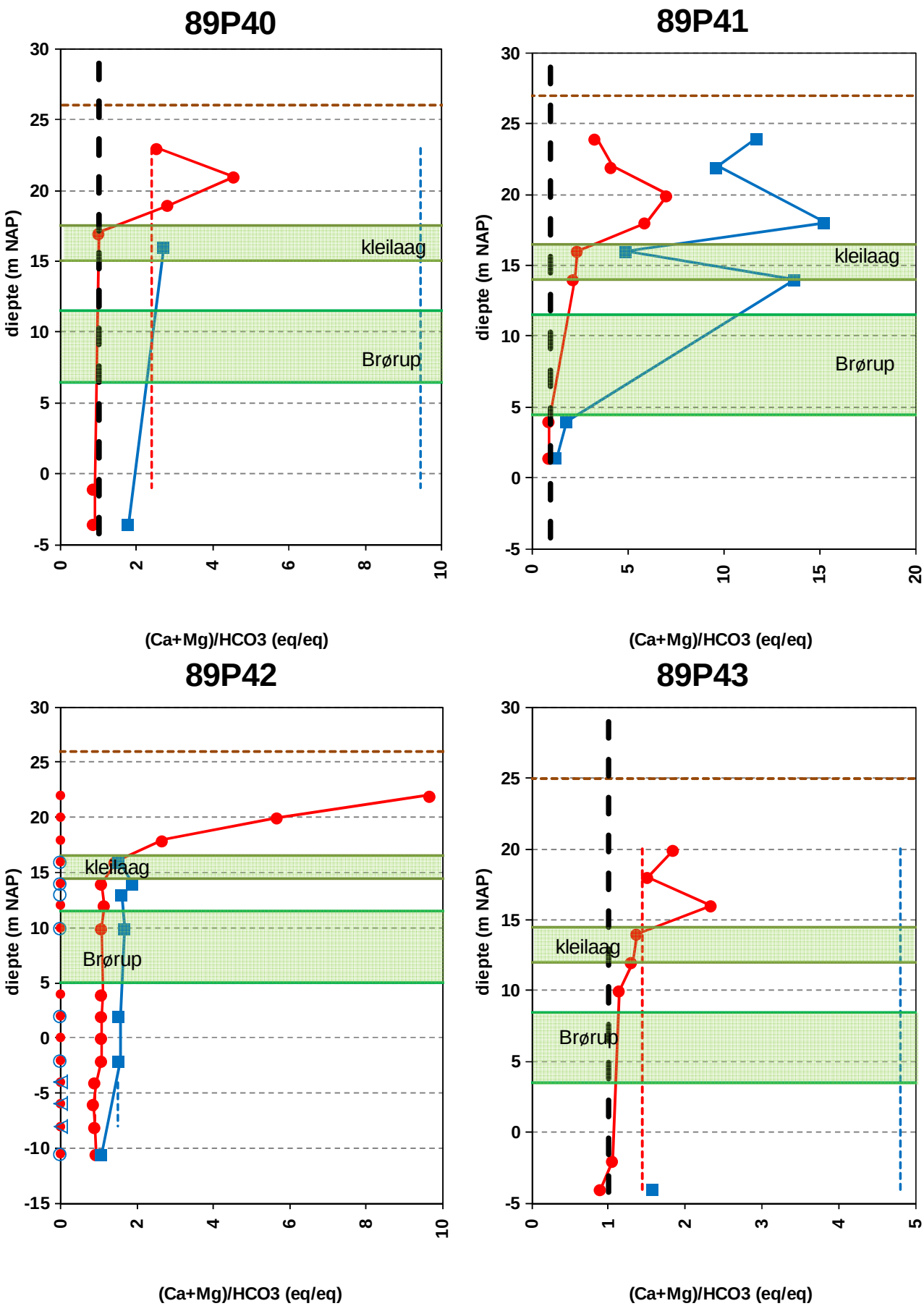
Figuur 4-4: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P43. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



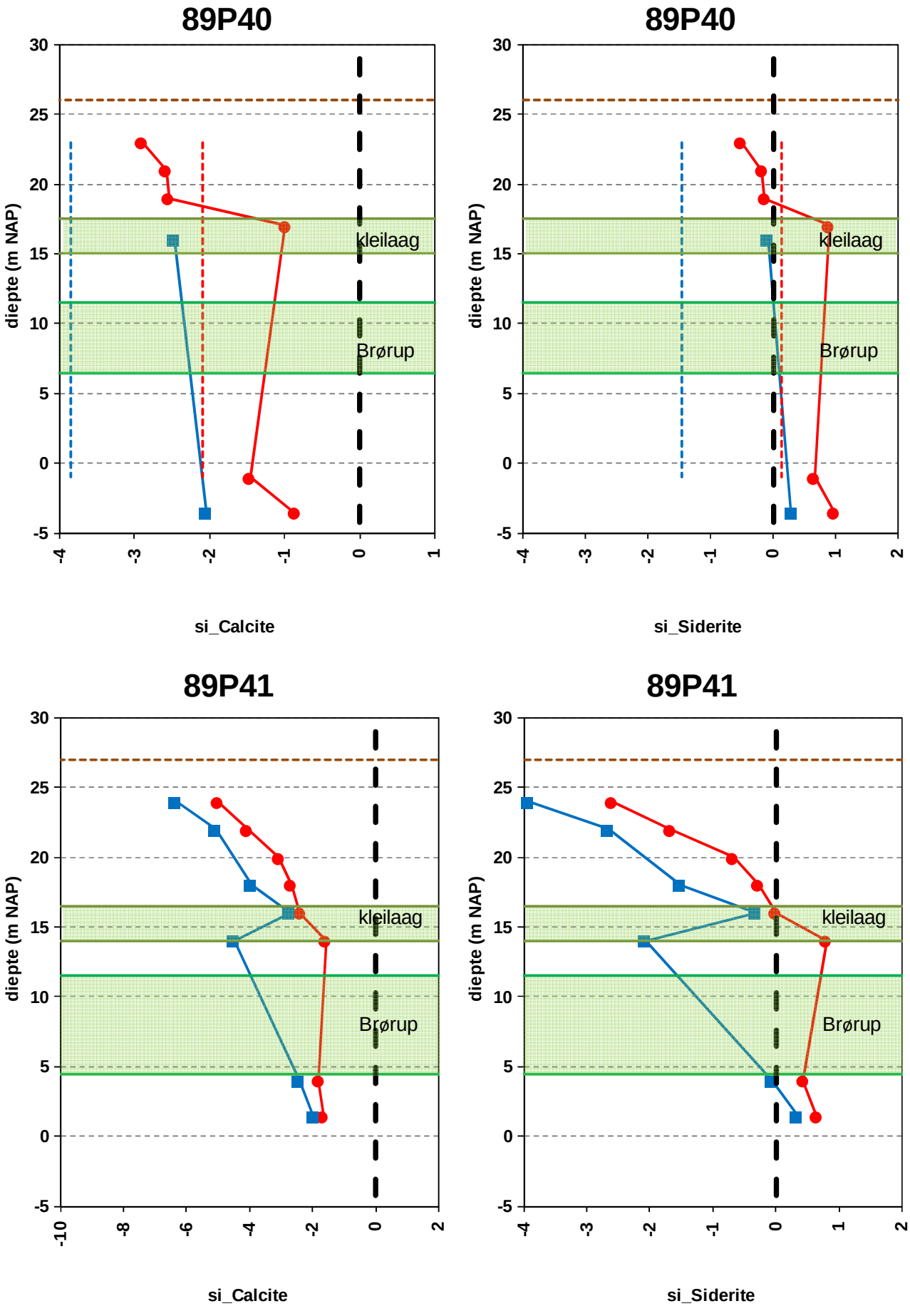
Vervolg Figuur 4-4: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P43. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



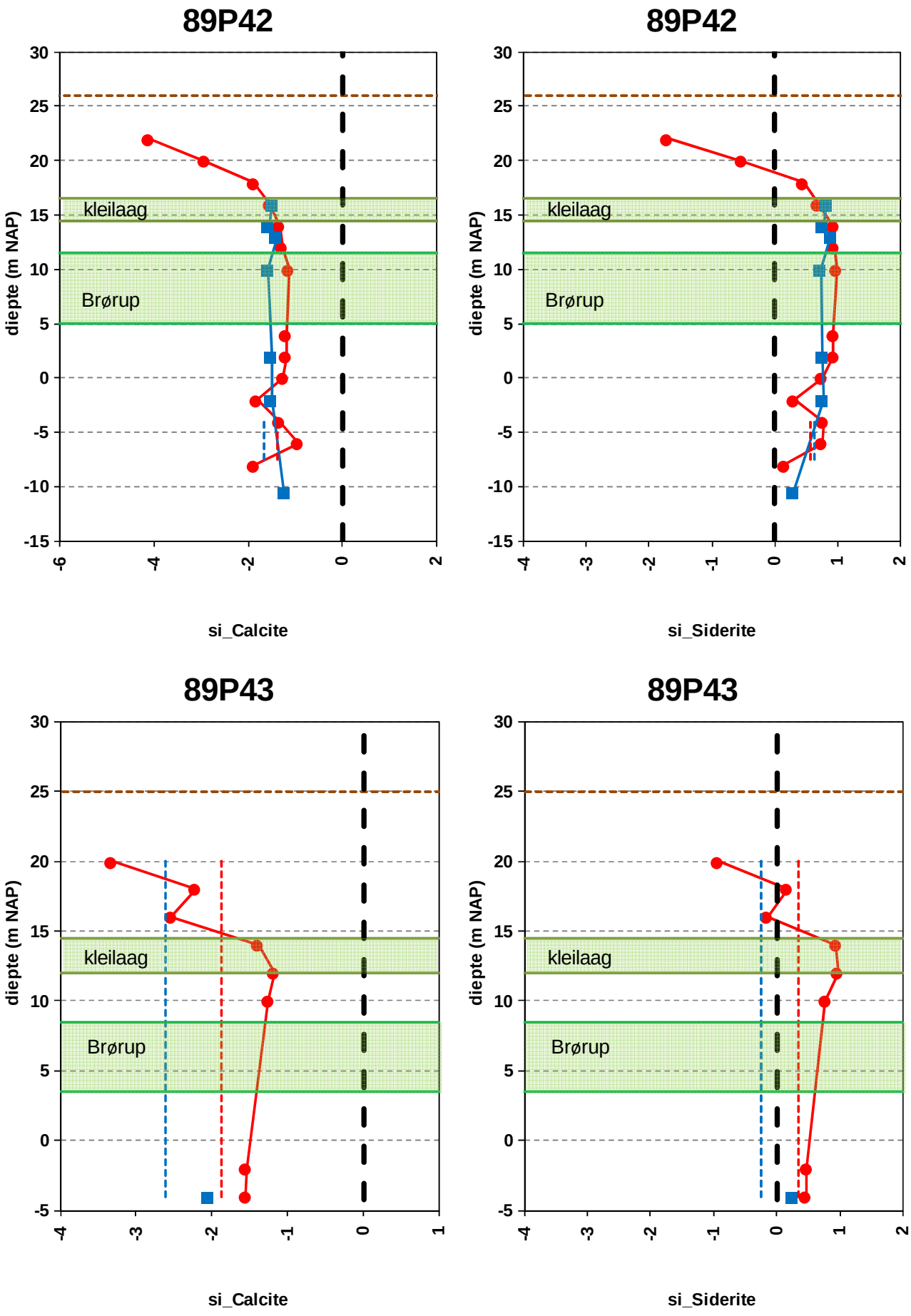
Vervolg Figuur 4-4: Diepteprofielen van chemische variabelen gemeten in 1990 (rood) en 2016 (blauw) op minifilterlocatie 89P43. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken.



Figuur 4-5: Diepteprofielen van de ratio (Ca+Mg)/HCO3 in 1990 (rood) en 2016 (blauw) van de minifilterlocaties. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken. Grafieken rechts: dikke zwarte stippellijn geeft voor de ratio Ca+Mg/ HCO3 (eq/eq) de waarde bij oplossing van kalk en dolomiet door CO2.



Figuur 4-6: Diepteprofielen van de de verzadiginsindex voor oplossing van calciet (links) en sideriet (rechts) in 1990 (rood) en 2016 (blauw) van de minifilterlocaties. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken. De dikke zwarte stippellijn geeft de evenwichts waarde voor de verzadigingsindexen, negatieve waarde betekent onderverzadiging, positieve waarde oververzadiging.



Vervolg Figuur 4-6: Diepteprofielen van de de verzadiginsindex voor oplossing van calciet (links) en sideriet (rechts) in 1990 (rood) en 2016 (blauw) van de minifilterlocaties. Zie Tekstkader 1voor een toelichting op de grafieken. De dikke zwarte stippellijn geeft de evenwichts waarde voor de verzadigingsindexen, negatieve waarde betekent onderverzadiging, positieve waarde oververzadiging.

5 Patronen en trends in het ondiepe grondwater in Stroothuizen en perceel Groener

5.1.1 Aanpak

Op basis van oude metingen in de jaren ’80 en ’90 en enkele recente metingen van 2016 worden voor ondiepe filters de trends van stoffen die duiden op invloed van grondwatervervuiling besproken. Van de beschikbare peilbuislocaties zijn alleen de diepere filters geselecteerd (meestal filterdiepte 1.4-1.5 m-mv (b of c-filter), drie filters 1.9-2.0 en ca. 4.5 m-mv (d-filters). Reden hiervoor is dat meteorologische variatie grote invloed heeft op Cl en SO_4-concentraties in de ondiepe filters (Aggenbach & Cirkel 2016). In droge periode treedt SO_4-vorming op door lokale oxidatie van sulfiden en in natte periode juist reductie van SO_4. Om deze invloed te veel mogelijk uit te sluiten hebben we de ondiepste filters (0.4-0.5 en 0.7-0.8 m -mv) uitgesloten van deze analyse.

De filters zijn verdeeld in drie groepen:

- Peilbuizen in de centrale slenk van Stroothuizen: deze locaties staan (potentieel) onder invloed van basenrijk grondwater: S1 t/m S6.
- Peilbuizen rond deze centrale slenk: deze locatie zijn basenarm en staan deels onder invloed van periodieke toestroming van lokaal, ondiep grondwater: S8 t/m S12, S15.
- Peilbuizen in perceel Groener: Deze staan zowel in laagten als relatief hoge delen. Deels staan ze onder invloed van periodieke toestroming van grondwater: S16 t/m S26.
- Peilbuizen in venranden in het middendeel van Stroothuizen en in het oostelijke deel: S13 zuidelijk van het Rondeven en S14 in het zuidelijk deel van het Oortven.

NB
De locatie van de recente peilbuis B29A0752 (filter 1 en 2) is gelijk aan locatie S9. Beide filters zijn bij de bespreking van de resultaten verder aangeduid als respectievelijk filters S9c en S9d.
De locatie van de recente peilbuis B29A0753 (filter 2) is gelijk aan locatie S15. Deze is verder aangeduid als filter S15d.

De gevonden trends in de geanalyseerde filters worden vergeleken met het verloop in minifilterlocaties. Daarbij is op basis van het stroombanenpatroon van het grondwater per groep van peilbuizen de minifilter aan de bovenstroomse zijde geselecteerd op basis van de stroombaanpatronen die met het grondwatermodel zijn berekend.

De trends van Cl, K, NO_3, NH_4, P-ortho, SO_4, Ca, HCO_3 en de ratio (Ca+Mg)/HCO_3 worden weergegeven in Figuur 5-1.

5.1.2 Resultaten

Centrale slenk Stroothuizen (potentieel basenrijk grondwater)
Metingen zijn beschikbaar van de periode 1989-1999.

- De meeste locaties hebben een relatief hoge Cl-concentratie tot boven de depositieconcentratie na indikking. Die van S3 neemt sterk toe en wordt dan hoger dan de concentratie in het freatisch pakket van minifilter P89P41. Die van S1, S2 en S5 pieken halverwege de jaren ’90 waarbij waarden worden bereikt omstreeks die in het freatisch

pakket van minifilter P89P41. Die van S6 is altijd hoog en vertoont ook een piek halverwege de jaren ’90.

- K-concentraties zijn laag en variëren weinig. Die van S4 is wat hoger. De concentraties liggen een stuk lager dan de concentratie in het freatisch pakket van minifilter P89P41.
- NO_3-concentraties zijn zeer laag en veel lager dan die in het freatisch pakket van minifilter P89P41.
- De SO_4 concentratie fluctueert sterk in de range van lage tot hoge waarden, daarbij treedt een piek op halverwege de jaren ’90. Afwijkend gedrag vertoont locatie S6 met een stijgende trend die dichter naar het niveau van het freatische pakket van minifilterlocatie 89P41 beweegt.
- De locaties vertonen grote verschillen in de Ca en HCO_3 concentratie. S1 heeft een afnemende trend. Bij de andere locaties is geen duidelijke trend aanwezig. S3, S5, S6 vertonen grote fluctuaties. De ratio ($Ca+Mg/HCO_3$) ligt voor de meeste locaties rond of net boven waarde 1. Die van S1 en S2 piekt halverwege de jaren ’90 daar ver boven uit door sulfidenoxidatie bovenin het bodemprofiel.
- De P-ortho concentraties fluctueren sterk. Opvallend zijn de veelal hoge waarden in 1989. De meeste locaties hebben een netto dalende trend, behalve die van S5 die stijgt.

Conclusie:

- Er zijn aanwijzingen dat de hydrochemie van toestromende grondwater wordt beïnvloed door bemesting in het intrekgebied. Dit uit zich het sterkst in relatief hoge concentraties van Cl en op één locatie (S6) ook door een toename van SO_4. Van de locaties in de centrale slenk ligt deze locatie het dichts (zuidelijk deel) bij het bemeste deel van het intrekgebied. Omdat de Cl concentratie al langer hoog was, bereikte blijkbaar het Cl-front deze locatie eerder dan het SO_4 front.
- De piek van Cl en SO_4 halverwege de jaren ’90 heeft te maken met meteorologische variatie en viel samen met een droge periode waarin meer indamping optrad en sulfidenoxidatie door diep uitzakken van grondwaterstanden (Aggenbach & Cirkel 2016)

Locaties rond de centrale slenk (basenarm, deels periodiek kwel)

- De locaties verschillen sterk in Cl-rijkdom en trend. De locatie S9 en S12 hebben een relatief lage concentratie in de buurt van de depositieconcentratie, maar vertonen ook een stijgende trend. Locatie S8 is eveneens vrij laag en fluctueert. De concentraties op locaties S10 en S11 stijgen duidelijk naar en tijdelijk boven de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P41. Die van S15 is hoog en fluctueert sterk rond betreffende waarde van de minifilter.
- De K-concentraties zijn laag en veel lager dan de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P41. De concentraties op sommige locaties fluctueert enigszins. De concentratie op locatie S8 vertoont een dalende trend.
- De meeste locaties hebben een lage NO_3-concentratie. Alleen die van S12 is relatief hoog en fluctueert. Pieken op deze locatie komen in de range van de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P41.
- De NH_4 concentratie vertoont een opvallend patroon. Die van S11, S10 stijgen sterk. Die van S8, S9c en S12 zijn laag. S9d is weer wat hoger in 2016. S15c is vrij hoog en fluctuerend.
- De SO_4 concentratie van S10, S11 en S15c neemt sterk toe naar en rond het niveau de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P41. De overige locaties hebben relatief lage waarden.
- Parallel aan de trend van de SO_4 concentratie neemt de Ca concentratie van S10, S11 en S15c sterk toe. Deze stijging gaat niet gepaard met een stijging van de HCO_3 concentratie. Die van S10 daalt zelfs terwijl de Ca concentratie stijgt.
- De P-ortho concentraties zijn in 1989 deels hoger dan daarna. De meeste locaties hebben een netto dalende trend, behalve die van S5 waar een stijging zichtbaar is.

Conclusies

- Een deel van de locaties (S10, S11, S15) wordt beïnvloed door Cl en SO_4-rijk grondwater door bemesting het intrekgebied. Deze locaties liggen wat betreft grondwaterstroming

bovenstrooms in het systeem en daardoor ook dicht bij het bemeste intrekgebied. De locatie S12 wordt beïnvloed door vervuild grondwater als gevolg van atmosferische depositie. De toestroming van SO_4-rijk grondwater bevordert ook afbraak van organisch materiaal, waardoor de NH_4 concentratie tot relatief hoge waarden is gestegen.

Locaties in perceel Groener

Meetgegevens van 1994 t/m 1999.

- De meeste locaties hebben sinds 1994 een dalende Cl concentratie naar het niveau van de depositieconcentratie na indikking. Dit hangt samen met de omvorming van landbouw naar natuur in dit perceel. Afwijkend is de stijgende trend van locatie S19 naar het niveau van de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P41.
- S24 en S16 hebben een afnemende K concentratie. De andere locaties hebben vrij lage concentraties en fluctueren deels. Deze waarden liggen onder de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P41.
- De meeste locaties hebben een lage NO_3 concentratie. Afwijkend zijn S24 en S25 met relatief hoge concentraties rond de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P41.
- Een deel van de locaties heeft een lage NH_4 concentratie. Die van S19, S22 en S26 stijgen duidelijk. Dat geldt ook voor de P-ortho concentratie.
- De meeste locaties hebben een lage SO_4 concentratie. Die van S19 is wat hoger en S26 stijgt naar hoog niveau richting de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P41.
- De Ca en HCO_3 concentraties zijn van de meeste locaties laag. Die van S19 zijn hoog en fluctueren en die van S26 zijn matig hoog. De ratio (Ca+Mg)/HCO_3 daalt van de meeste locaties naar waarden in de buurt van 1 (duidt op afnemende invloed van sterk zuur). Die van S19 schommelt rond waarde 1 (oplossing van kalk door CO_2).

Conclusies:

- De hydrochemie werd deels beïnvloed door de omvorming van landbouw naar natuur waarbij de bemesting is gestopt. Dit gaf een verlaging van de Cl en K-concentraties en verminderende de invloed van sterk zuur op de hydrochemie.
- Een deel van de locaties werd gedurende jaren 90 steeds meer beïnvloed door toestroming van vervuild grondwater uit bemest intrekgebied. Door aanpassing van de waterhuishouding (dempen sloot tussen Groener en Stroothuizen en verwijderen buisdrainage uit Groener) ontstond toestroming van grondwater uit landbouwpercelen aan de zuidkant van Stroothuizen naar de lage delen. Voorheen werd dit water afgevangen in de sloot en buisdrains. De lage locatie S19 waar het Samolo-Littorelietum (habitattype H3130 Zwakgebufferde vennen) voorkwam (t/m 2009), kwam zodoende onder invloed te staan van Cl en SO_4 rijk grondwater. Dit gaat mogelijk ook gepaard met een sterke afbraak van organisch materiaal die is aangetoond in een meetreeks van de bodemtoplaag; Aggenbach & Cirkel 2016) en daardoor ook verhoogde NH4 en P4 concentraties in het grondwater. Enkele andere locaties vertoonde ook aanwijzingen voor een toegenomen invloed van vermest grondwater.

Locaties aan venranden midden en oost Stroothuizen

Meetgegevens van 1989 (S14) en 1993 t/m 1998 (S14)

- De Cl concentratie is laag en ligt ver onder die van de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P43 en in de range van de depositieconcentratie.
- De K concentraties zijn ook laag ver onder die van de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P43.
- De NO_3 concentraties zijn laag. De NH_4 concentraties zijn vrij hoog en bij locatie S14 sterk fluctuerend rond de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P43.
- De SO_4 concentraties zijn laag en ver onder de concentratie van het freatische pakket van minifilter 89P43 en ook onder de depositieconcentratie van de jaren ’90.
- De PO_4 concentratie van S14 is hoog en die van S13 relatief laag.
- De Ca en HCO_3 concentraties zijn laag

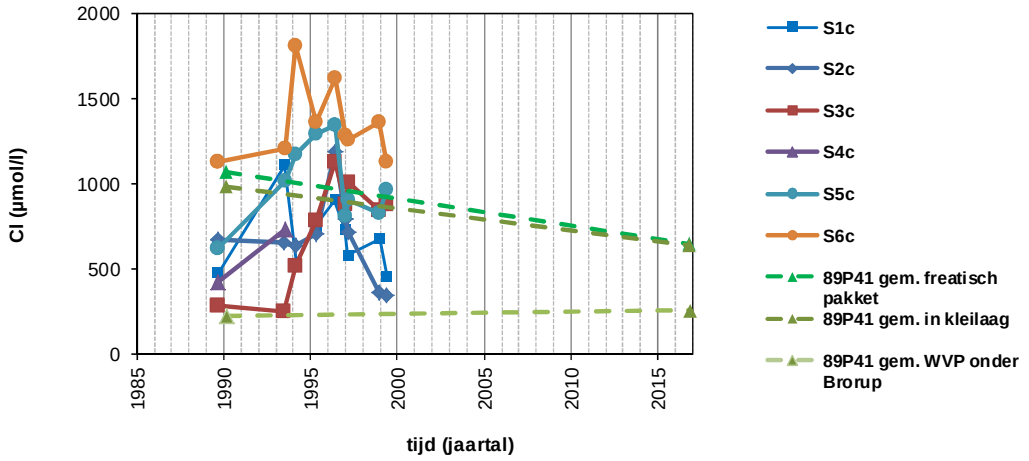
Conclusies:
Er zijn geen aanwijzingen voor toestroming van grondwater dat vervuild is door bemesting in het intrekgebied.

5.2 Conclusies

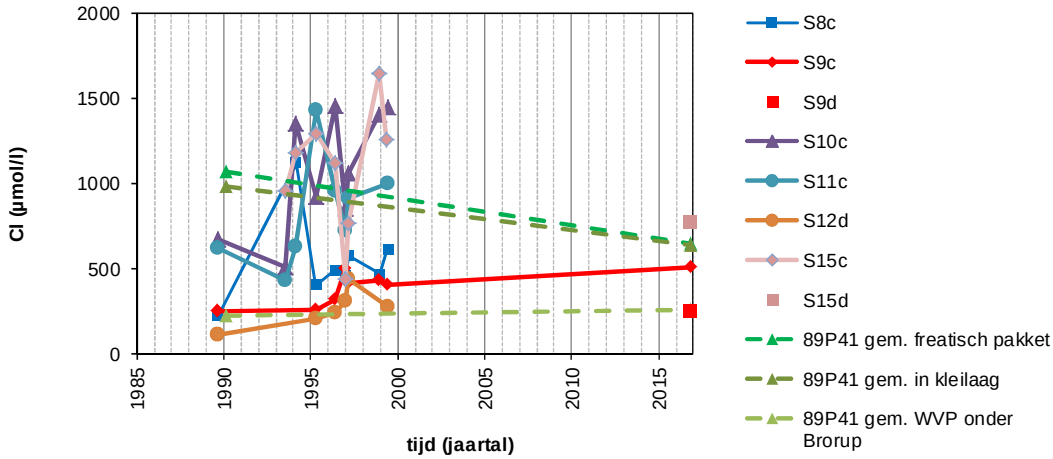
- Centrale slenk en de omgeving daarvan in Stroothuizen en perceel Groener (potentieel basenrijk grondwater): In de jaren ’90 duidt een trendmatige toename van de Cl en SO4 concentratie op een aantal locaties op toestroming van grondwater dat wordt beïnvloed door bemesting in het intrekgebied. Deze locaties bevinden zich in het zuidelijke deel dat dichtbij het bemeste intrekgebied ligt. Dit gaat deels ook gepaard met toename van de NH4 en P-ortho concentratie, wat duidt op interne eutrofiering onder invloed van sulfaatreductie en afbraak van organische stof.
- De centrale slenk: De mate van vermesting van het grondwater in de huidige situaties kan door het ontbreken van chemische analyse van het ondiepe grondwater niet worden vastgesteld.
- Locaties aan venranden midden en oost Stroothuizen: Er zijn gedurende eind jaren ’80 en ’90 geen aanwijzingen voor toestroming van grondwater dat vervuild is door bemesting in het intrekgebied. De actuele situatie is door het ontbreken van chemische analysen van ondiep grondwater onbekend.

Figuur 5-1 (zie volgende pagina’s): Verloop van stofconcentraties in ondiepe filters in Stroothuizen en perceel Groener. Ter vergelijking worden ook gemiddelde concentraties weergegeven van de geohydrologische lagen van bovenstrooms gelegen minifilterlocaties.

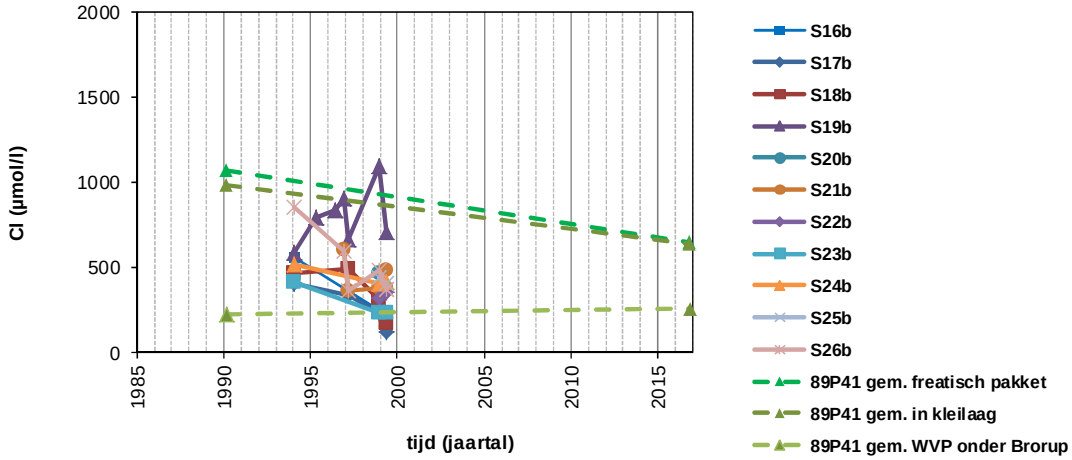
SH centrale slenk basenrijk



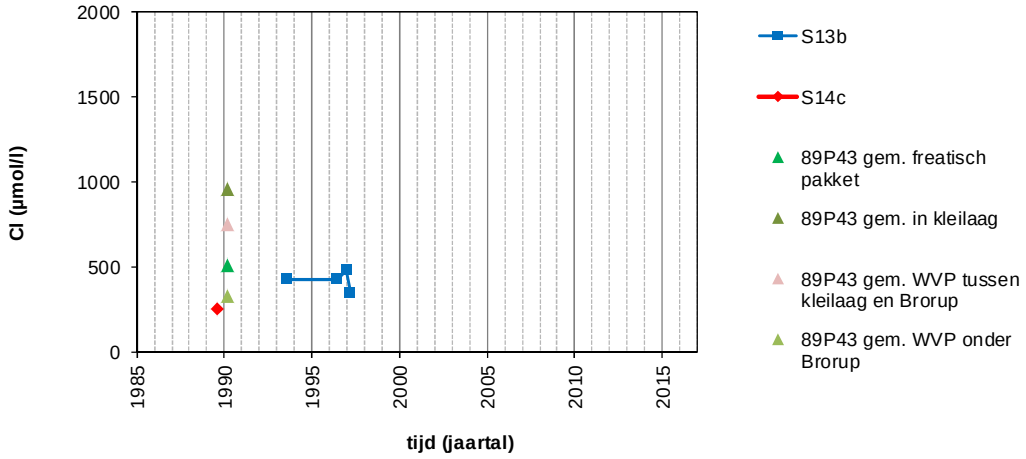
SH rond centrale slenk basenrarm



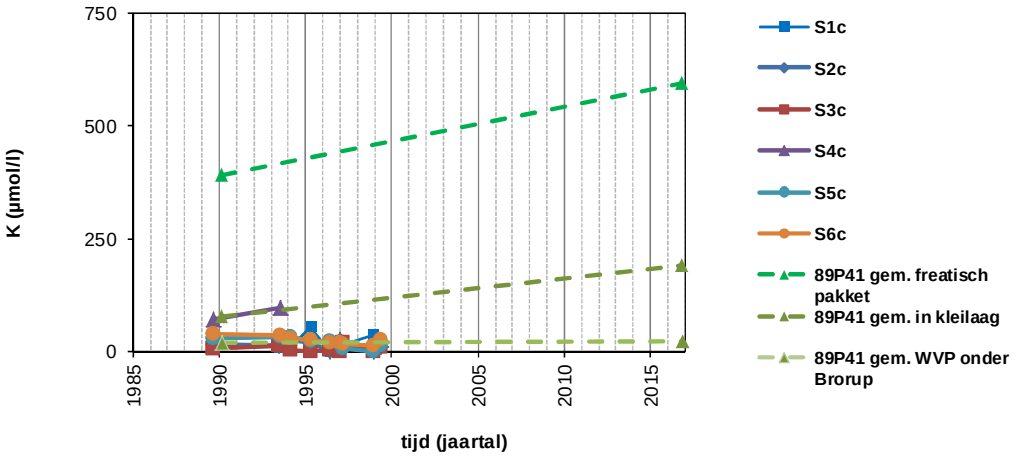
Groener



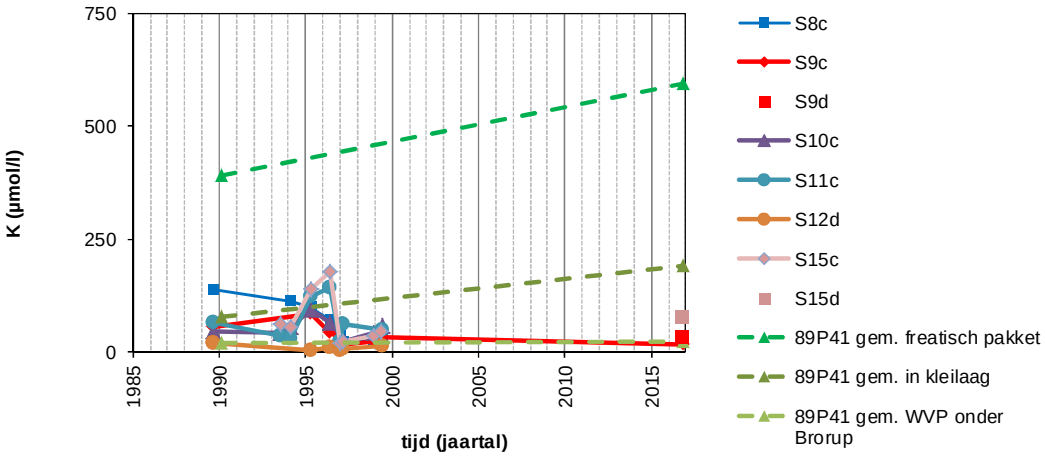
SH venrand midden en oost



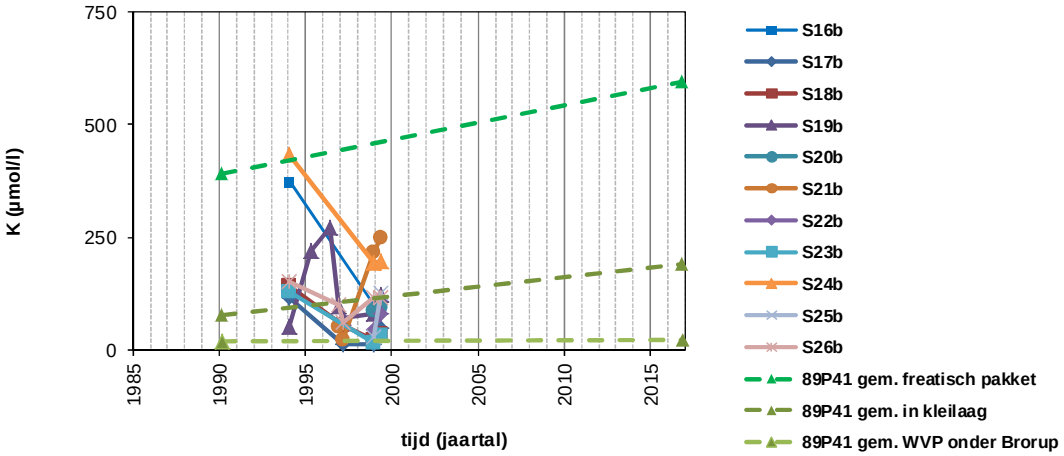
SH centrale slenk basenrijk



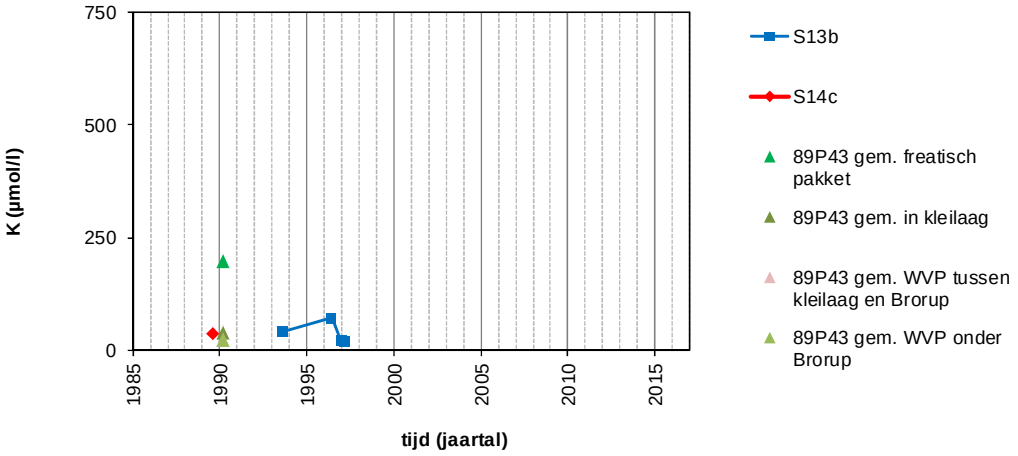
SH rond centrale slenk basenrarm



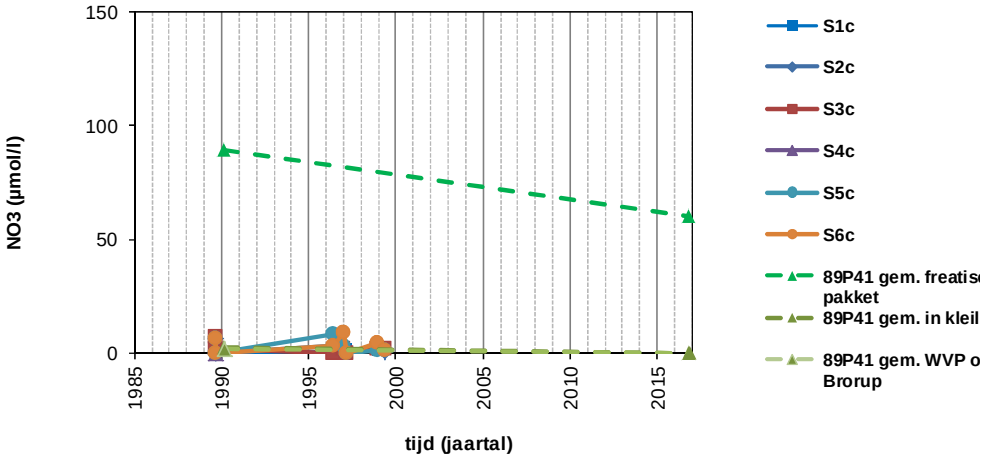
Groener



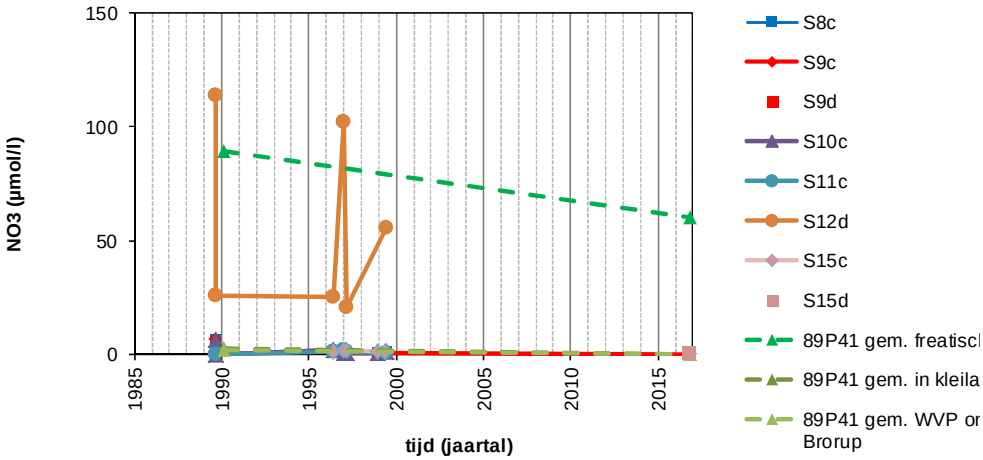
SH venrand midden en oost



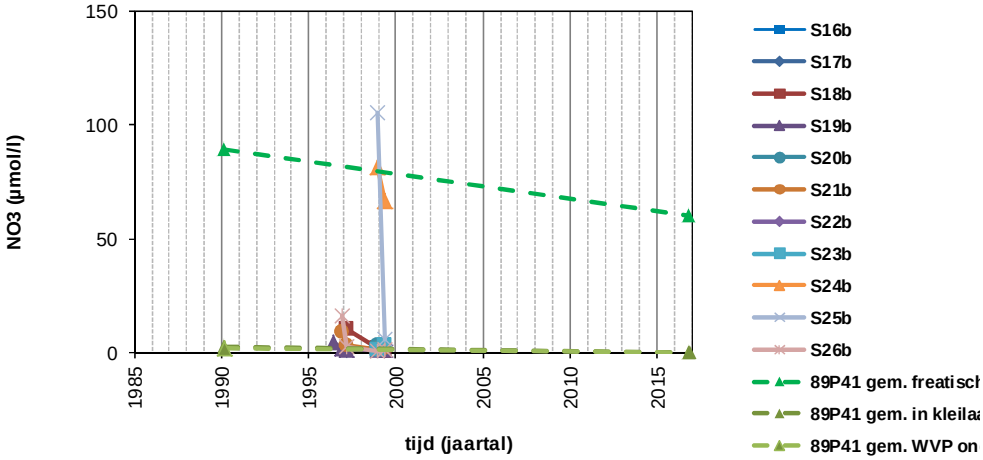
SH centrale slenk basenrijk



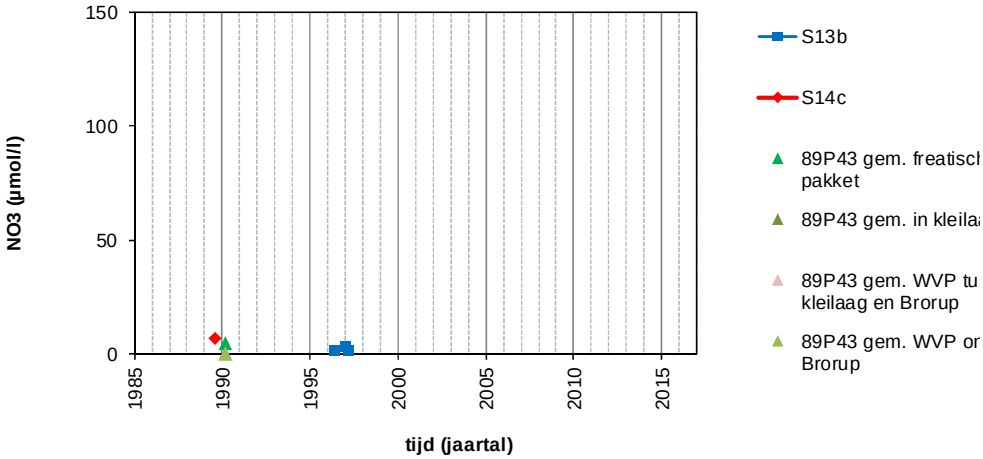
SH rond centrale slenk basenrarm



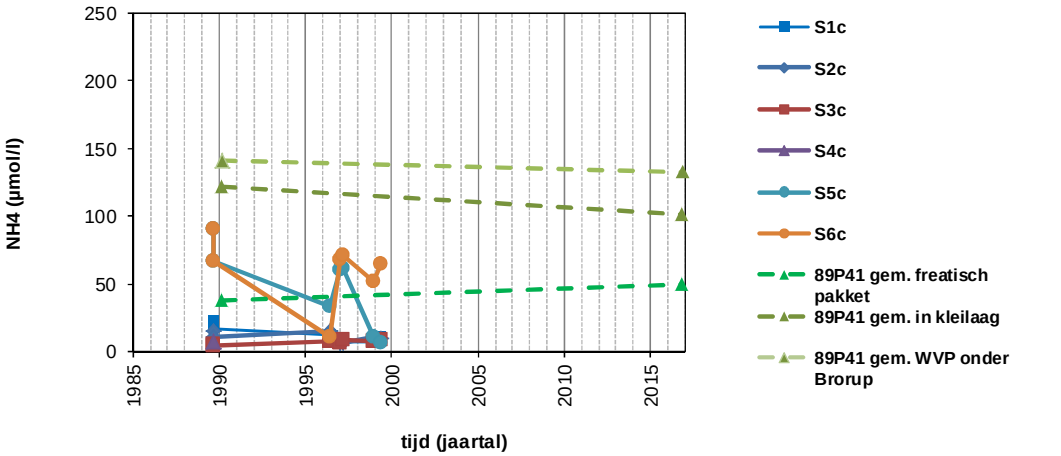
Groener



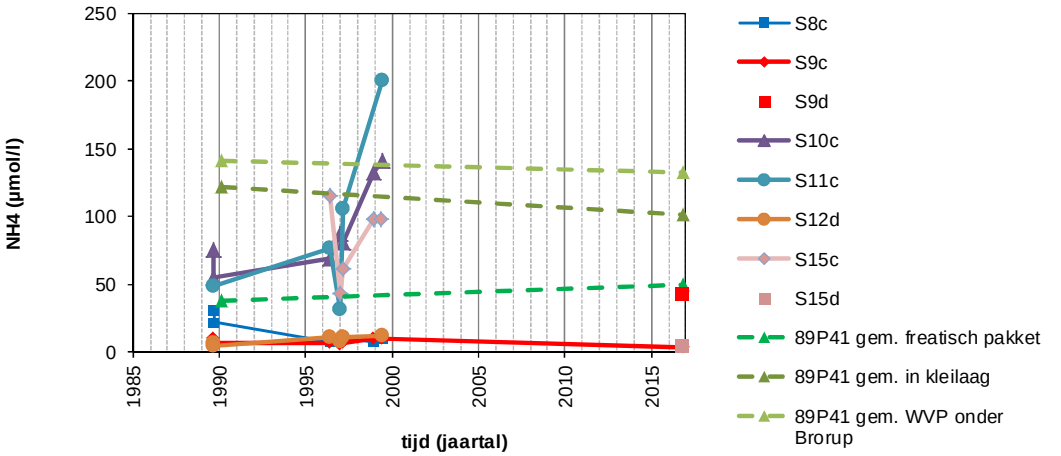
SH venrand midden en oost



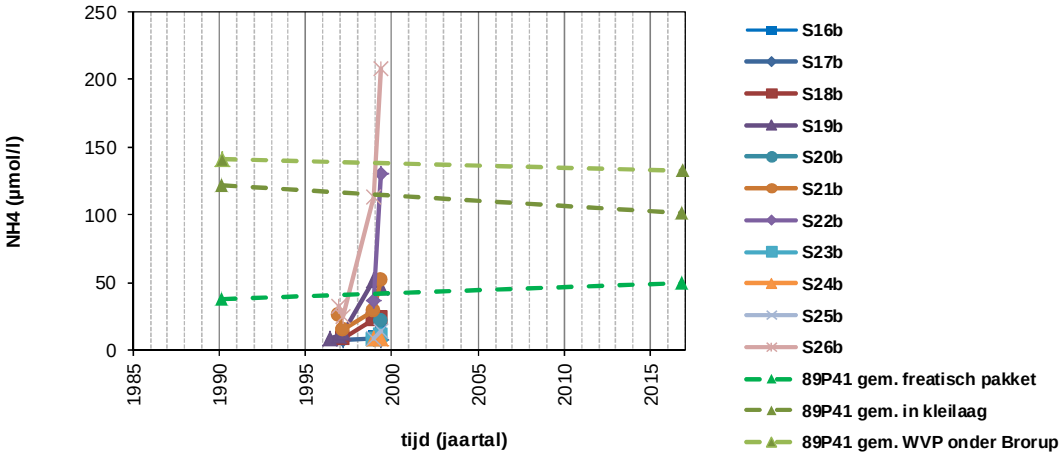
SH centrale slenk basenrijk



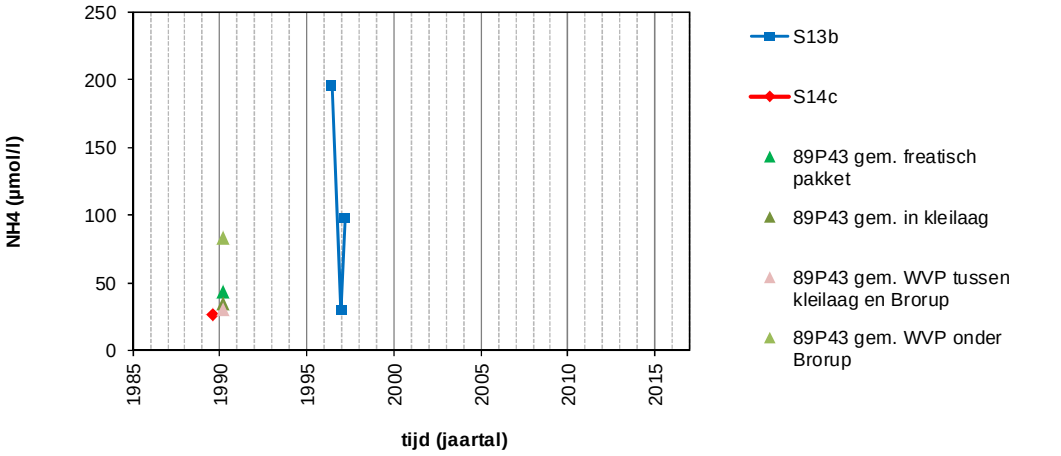
SH rond centrale slenk basenrarm



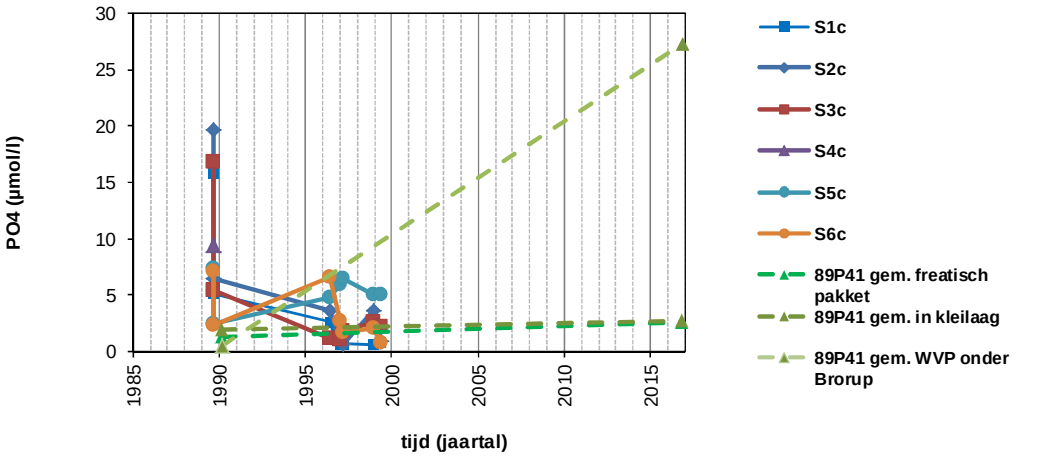
Groener



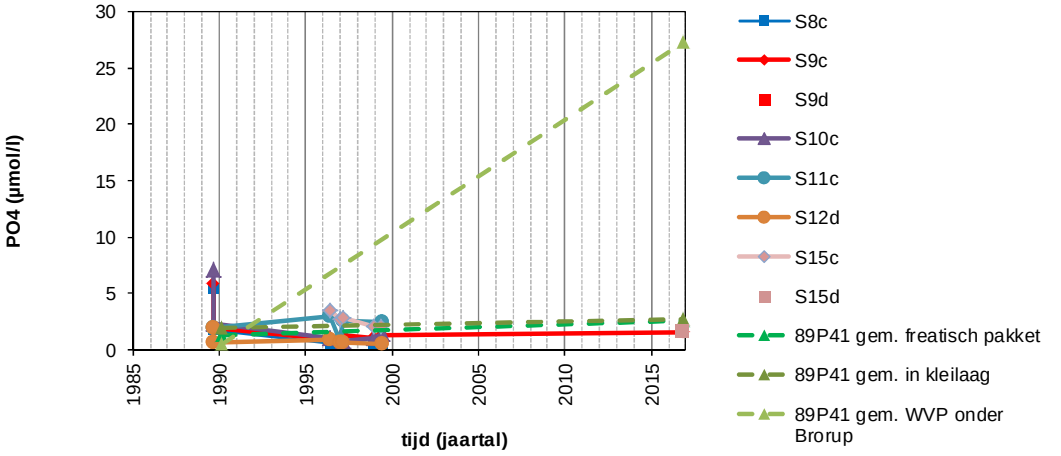
SH venrand midden en oost



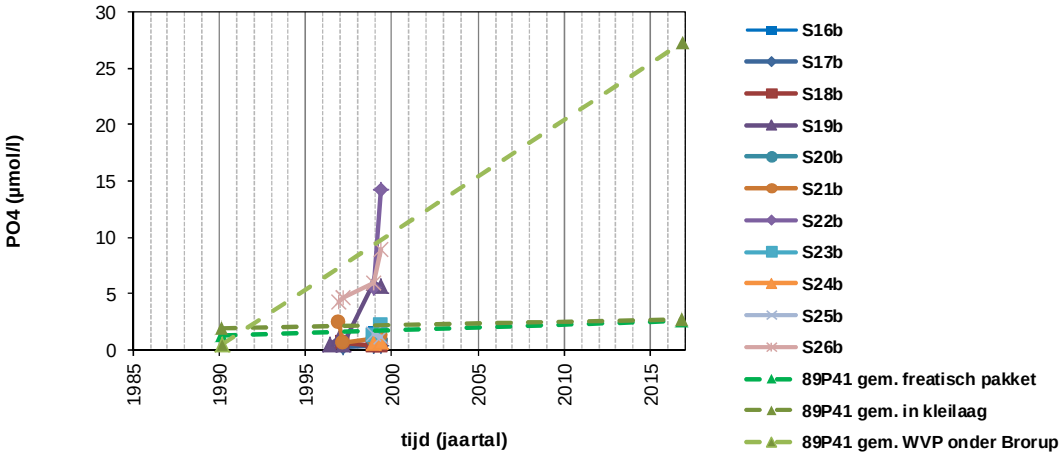
SH centrale slenk basenrijk



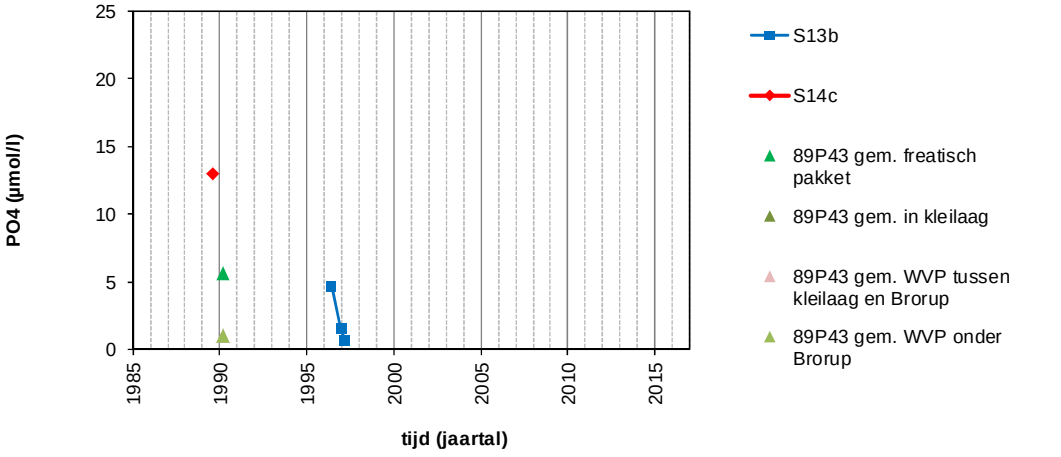
SH rond centrale slenk basenrarm



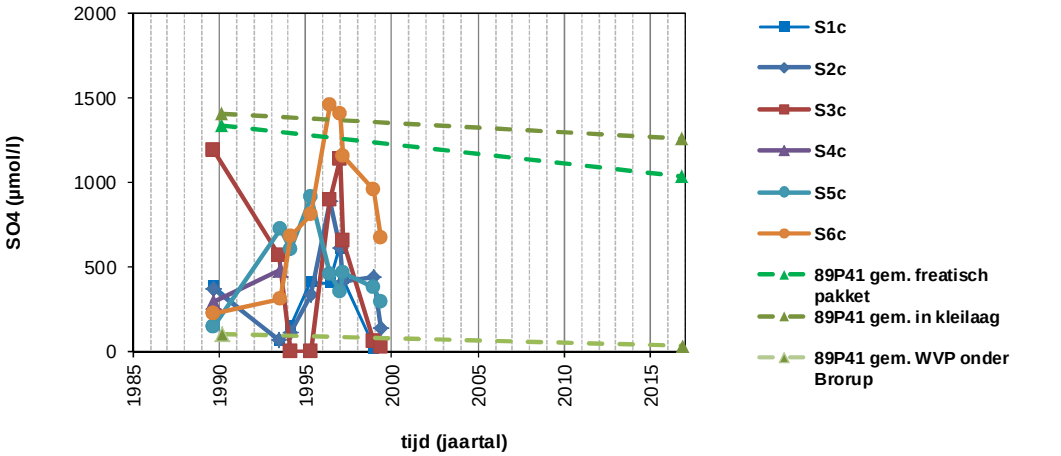
Groener



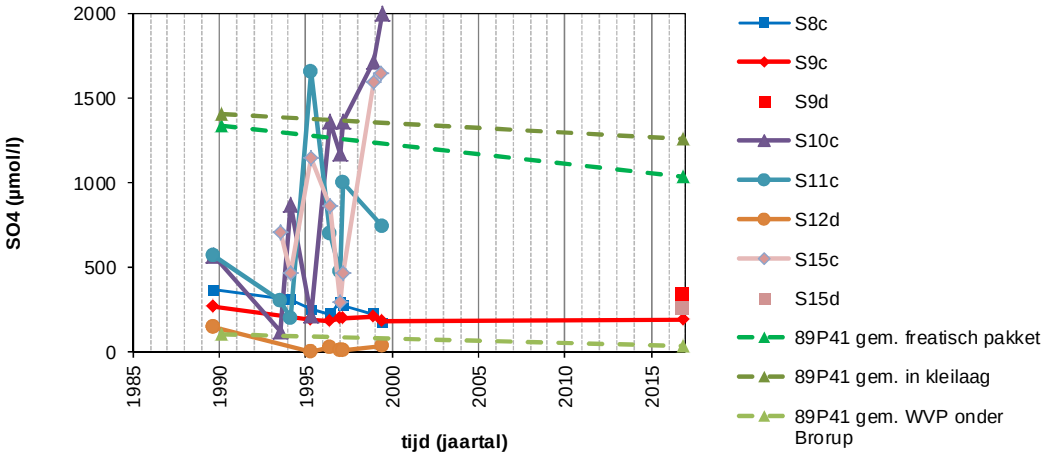
SH venrand midden en oost



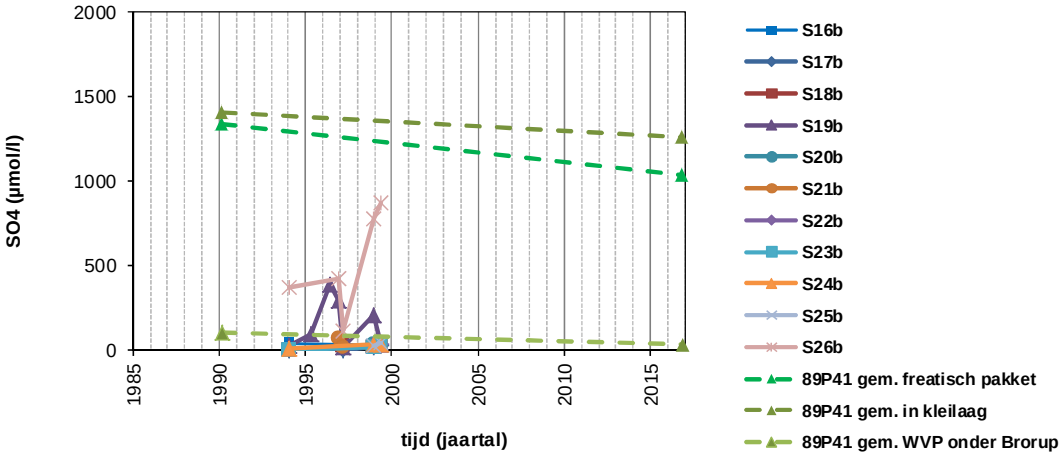
SH centrale slenk basenrijk



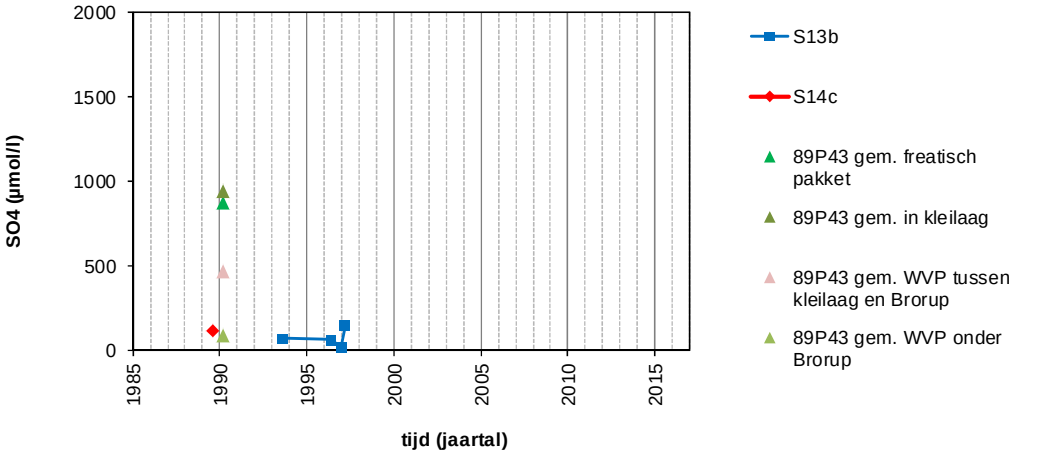
SH rond centrale slenk basenrarm

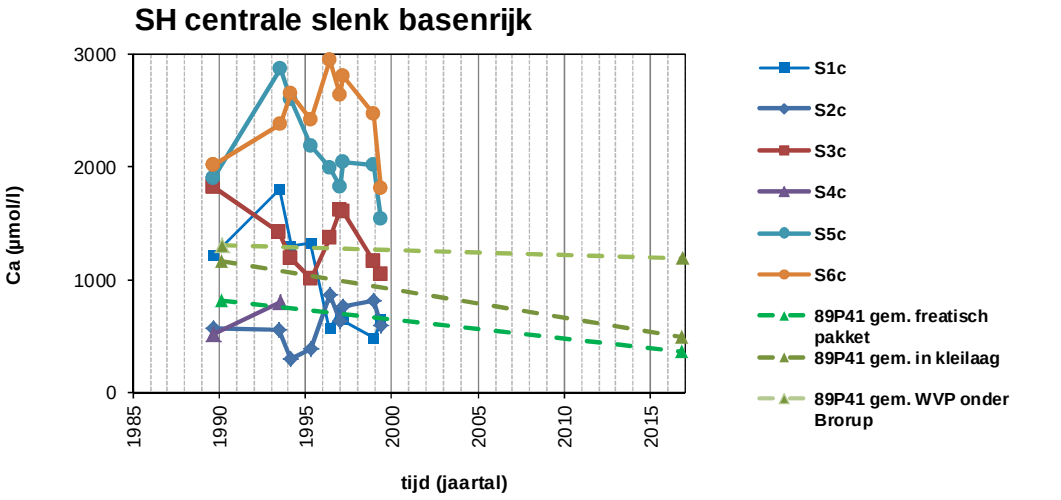


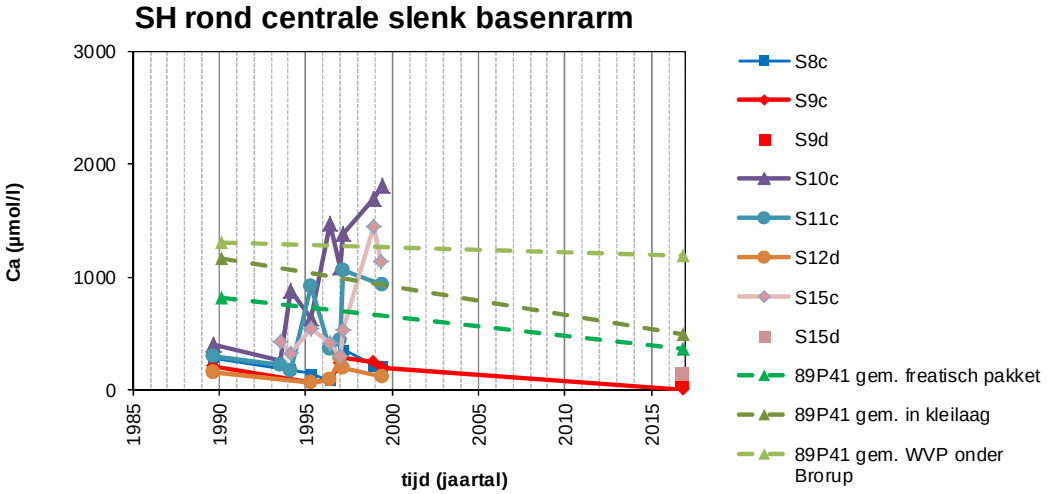
Groener

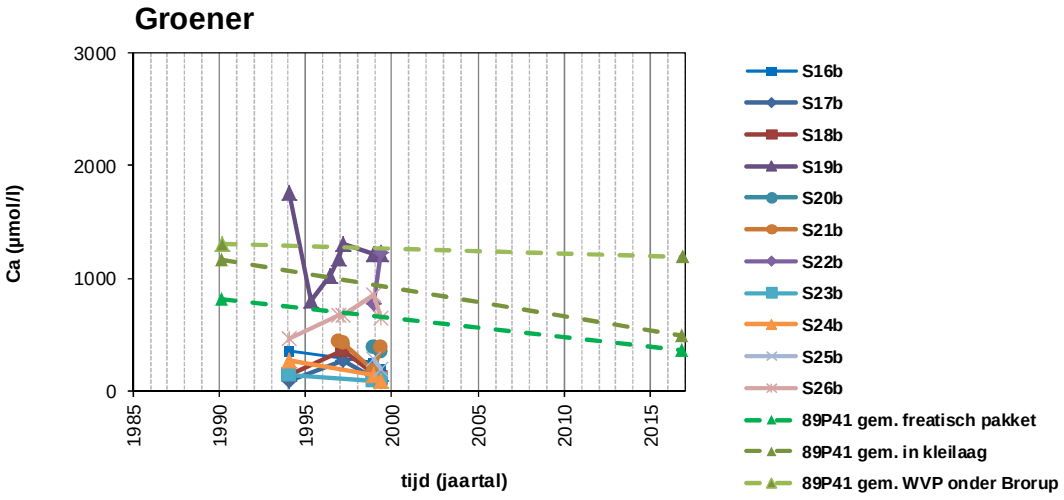


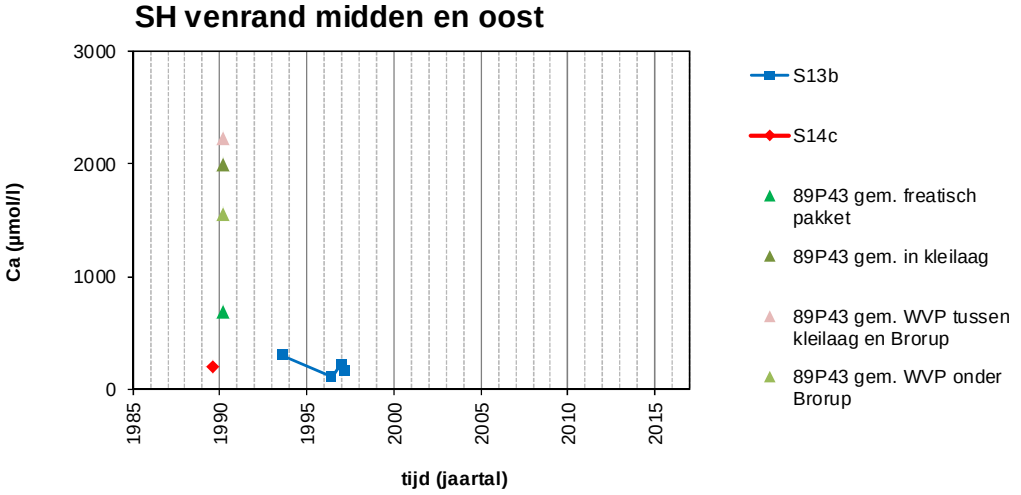
SH venrand midden en oost



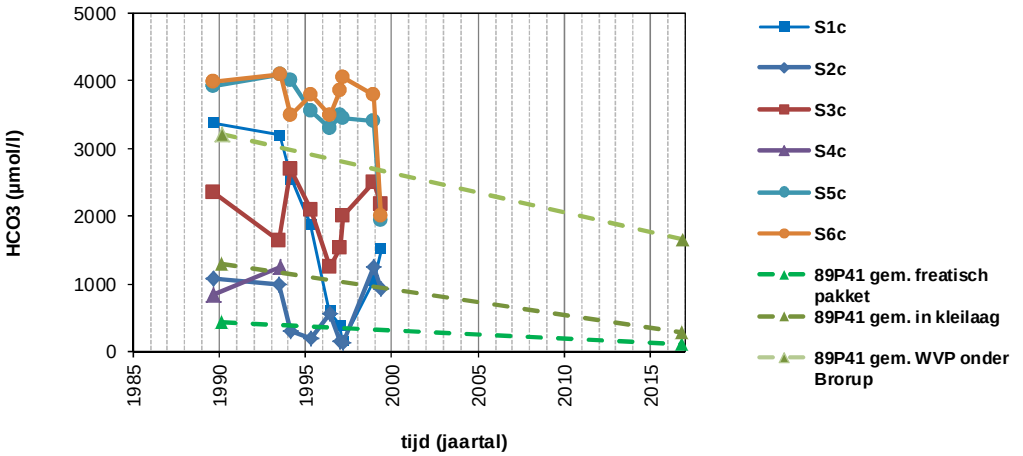

SH centrale slenk basenrijk
Ca (µmol/l)
tijd (jaartal)
S1c
S2c
S3c
S4c
S5c
S6c
89P41 gem. freatisch pakket
89P41 gem. in kleilaag
89P41 gem. WVP onder Brorup


SH rond centrale slenk basenrarm
Ca (µmol/l)
tijd (jaartal)
S8c
S9c
S9d
S10c
S11c
S12d
S15c
S15d
89P41 gem. freatisch pakket
89P41 gem. in kleilaag
89P41 gem. WVP onder Brorup

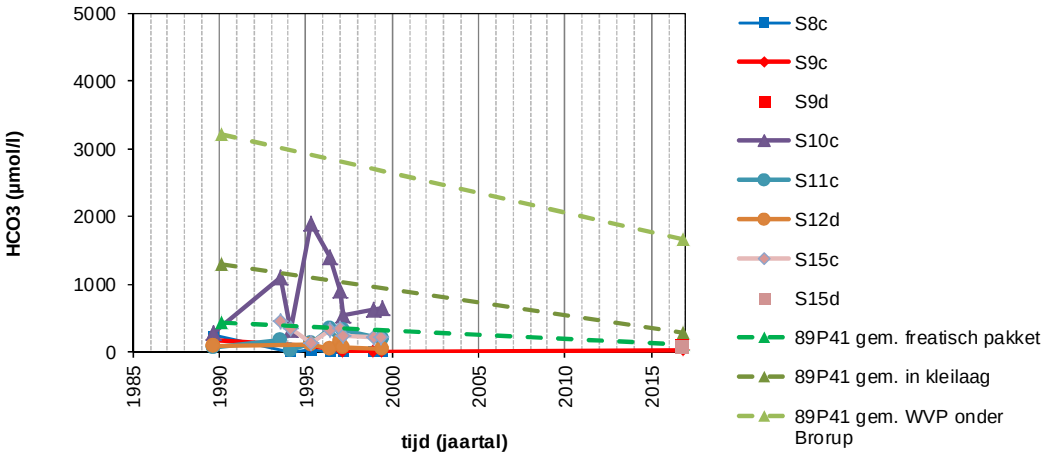

Groener
Ca (µmol/l)
tijd (jaartal)
S16b
S17b
S18b
S19b
S20b
S21b
S22b
S23b
S24b
S25b
S26b
89P41 gem. freatisch pakket
89P41 gem. in kleilaag
89P41 gem. WVP onder Brorup


SH venrand midden en oost
Ca (µmol/l)
tijd (jaartal)
S13b
S14c
89P43 gem. freatisch pakket
89P43 gem. in kleilaag
89P43 gem. WVP tussen kleilaag en Brorup
89P43 gem. WVP onder Brorup

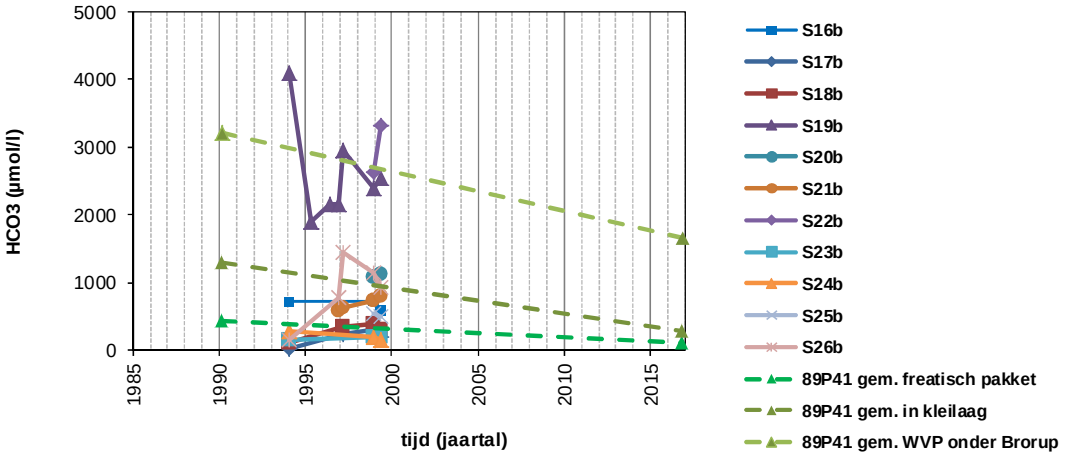
SH centrale slenk basenrijk



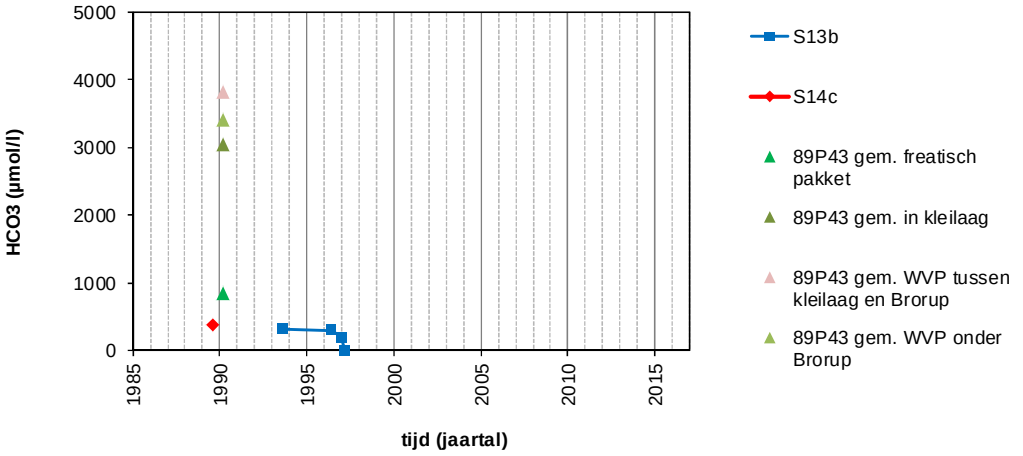
SH rond centrale slenk basenrarm



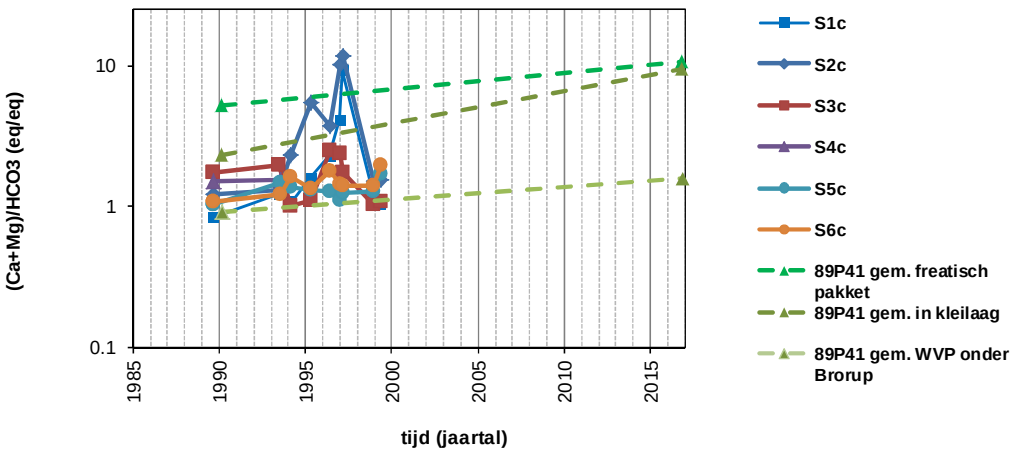
Groener



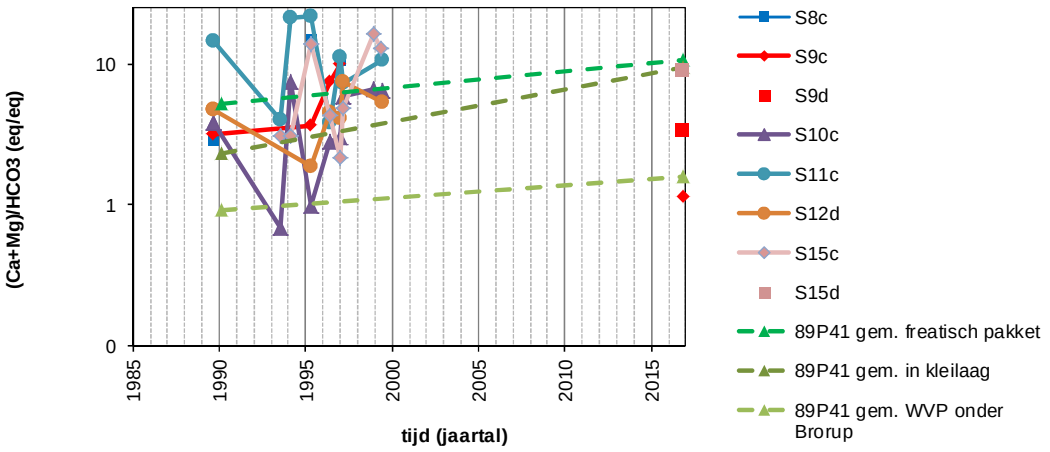
SH venrand midden en oost



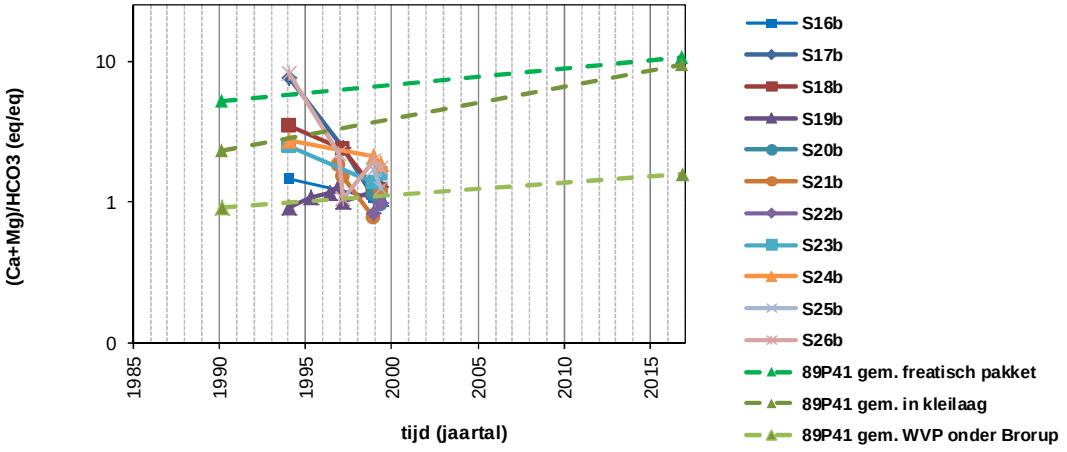
SH centrale slenk basenrijk



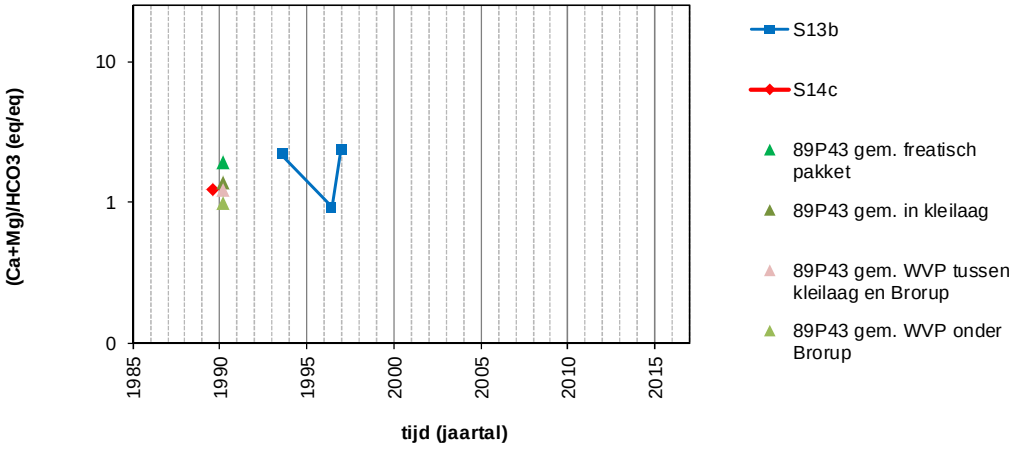
SH rond centrale slenk basenrarm



Groener



SH venrand midden en oost



6 Discussie

6.1 Grondwaterkwaliteit en veranderingen in grondwaterkwaliteit van in het freatisch pakket in herkomstgebied

Het grondwater dat in de zuidelijk gelegen landbouwpercelen infiltreert, stroomt vooral via het diepere deel van het freatisch pakket naar de kwelzones in en rond de centrale slenk van Stroothuizen en naar de lage delen van perceel Groener. Dit grondwater is sterk vervuild met sulfaat als gevolg van nitraatreductie. Dit is het geval in zowel het jaar 1990 als 2016. De hoge sulfaatconcentratie wordt veroorzaakt door een hoge belasting met nitraat in het agrarische gebruikte deel van het intrekgebied. Gezien de relatief korte verblijftijden is niet aannemelijk dat de vroegere hoge zwaveldepositie hierin een rol speelt. Een hoge belasting met nitraat door vooral bemesting resulteert in oxidatie van sulfiden in de bodem waarbij sulfaat en zuur wordt gevormd en het nitraat vergaand denitrificeert. Hierdoor is de nitraatconcentratie van het toestromende grondwater laag en de sulfaatconcentratie juist hoog. Bij de oxidatie van sulfiden door nitraat wordt sterk zuur gevormd, waardoor versnelde uitloging van basen is opgetreden in het freatisch pakket. Bij afwezigheid van kalk neemt door het sterk zuur tevens de alkaliniteit af. Het gebruik van kaliumchloride bemesting in het intrekgebied blijkt uit de metingen op de minifilterlocatie zuidelijk van de centrale slenk en perceel Groener (89P41 en 89P40).

Op basis van de metingen op de vier minifilterlocaties kunnen de volgende trends worden onderkent:

- Freatisch pakket locatie 89P40 en 89P41- chloride, sulfaat en nitraat: Omdat alleen bij locatie 40 en 41 in 2016 filters in het freatisch pakket zijn bemonsterd worden alleen de trends van deze locaties geëvalueerd. De vervuiling met chloride neemt op beide locaties af. Deels gaat dit ook gepaard met een afname van kalium (89P40). Bij minifilterlocatie 89P41, die in de aanvoerroute ligt van het vermeste grondwater naar de centrale slenk, blijft de K-concentratie hoog. Bij locatie 89P40, die van belang is voor lokale stroombanen die in het zuidelijk deel van perceel Groener dagzomen, neemt ook de sulfaat concentratie af, terwijl die van locatie 89P41 weinig verandert. Op basis van locatie 89P41 kan geconcludeerd kan worden dat het grondwater dat toestroomt richting de centrale slenk en omgeving nog steeds sulfaatrijk is. Bij locatie 89P41 neemt bovenin het freatische pakket de nitraatconcentratie af. Dit betreft lokaal geïnfiltreerd grondwater binnen het onbemeste reservaat. De afname wordt veroorzaakt door een verminderde N-depositie.
- Freatisch pakket locatie 89P41 - basenrijkdom: Een opvallende trend in het diepere deel van het freatisch pakket is de sterke afname van de calcium concentratie en een daling van de HCO_3-concentratie naar lage waarden. Een mogelijke oorzaak van deze trends is een sterke uitloging van het freatisch pakket als gevolg van een sterke zuurvorming door sulfidenoxidatie en ook door vroegere hoge belasting met zwavel door depositie. De centrale slenk gaat hierdoor met minder basenrijk grondwater worden gevoed.

6.2 Doorwerking in kwelzones

Het chloride- en sulfaatrijke grondwater bereikte in de jaren ‘90 zowel relatief basenrijke locaties in de centrale slenk en perceel Groener (zwak gebufferde ven vegetatie) als basenarme locaties op de flanken van de slenk (zure venvegetatie en natte heide). Er zijn aanwijzingen dat dit op die locaties leidt tot anaerobe afbraak van organische stof en interne eutrofiering door verhoogde NH_4 en P-ortho concentraties in het grondwater. Opvallend is dat de hoge K concentraties die in het toestromende grondwater bij de minifilterlocaties zijn gemeten niet optreden op de locaties in het reservaat waar de Cl en SO4 concentratie zijn toegenomen. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door kationuitwisseling. Wegens het ontbreken van recente metingen in de lage delen van de centrale slenk en perceel Groener is onduidelijk in hoeverre de kwelzones in de huidige situatie worden beïnvloed door

sulfaatrijk grondwater. De reden dat de stijgende trends van chloride en sulfaat halverwege de jaren '90 optreden heeft te maken met interne vernattingsmaatregelen in 1994, die bestonden uit het dempen van de diepe sloot tussen Stroothuizen en perceel Groener en het verwijderen van buisdrainage in perceel Groener. Hierdoor ging grondwater dat voorheen kunstmatig werd gedraineerd naar de lagere terreindelen toestromen. Deels gaan genoemde trends samen met een toename van de NH_4 en P-ortho concentratie.

Recente hydrochemische metingen van freatisch grondwater van twee locaties in heide (S9 en S15) duiden niet op toestroming van door bemesting (sterk) vervuild grondwater. Deze natte heide locaties liggen echter in ofwel een lokaal infiltratiegebied ofwel een kwelzone van een lokaal grondwatersysteem waarvan het intrekgebied in het reservaat ligt. Deze locaties zijn daardoor niet geschikt om de invloed van bemesting in het intrekgebied buiten het natuurreservaat te volgen.

Het freatisch grondwater aan de noordoostzijde van Stroothuizen is vervuild met sulfaat en chloride door bemesting in het intrekgebied ten zuidoosten hiervan. Voor een locatie in de zuidrand van het Oortven die benedenstrooms van het bemeste intrekgebied is gelegen, geven de hydrochemische metingen aan het ondiep grondwater in de periode 1989-1994 geen aanwijzing dat dit vervuilde water het ven had bereikt. Metingen van ondiepe watermonsters in de zuidelijke oever van het Rondeven in dezelfde periode geven ook geen aanwijzing voor toestroming van grondwater dat door bemesting in het intrekgebied is vervuild.

Opgemerkt wordt dat de actuele hydrochemische toestand van het ondiepe grondwater in en rond de centrale slenk en in de laagten van perceel Groener niet kan worden beoordeeld op basis van recente hydrochemische gegevens van het grondwater in de kwelzones. Evenmin kunnen daarom hier de trends die na de jaren '90 zijn opgetreden worden geëvalueerd. De metingen in de minifilter (89P41) die meet in de stroombanen die de centrale slenk voeden, laten zien dat er in 2016 nog steeds sprake is van sterke vervuiling met sulfaat in het diepere deel van het freatische pakket. Gezien het actuele patroon van de stroombanen van het grondwater die vanuit de zuidelijke agrarische percelen in noordwestelijke richting naar de centrale slenk lopen, is het aannemelijk dat het zuidelijke deel van de centrale slenk en aangrenzende natte heide en venvegetatie nog steeds onder invloed staat van toestroming van sulfaatrijk grondwater. Of in meer kwelzones invloed van vermest grondwater is gaan optreden, is onbekend.

Eveneens ontbreken recente metingen aan het ondiepe grondwater het Ronde ven en Oortven. Over de huidige toestand van het toestromende grondwater kan hier daarom geen uitspraak worden gedaan.

6.3 Toestand diepere watervoerende pakketten

In 1990 was het watervoerende pakket tussen de kleilaag en Brørup-laag niet of weinig beïnvloed door toestroming van vervuild grondwater. De watervoerende laag onder de Brørup-laag was helemaal niet vervuild. In 2016 is deze situatie gewijzigd. Beide watervoerende pakketten zijn inmiddels beïnvloed door toestroming van sulfaatrijk water. Daarbij nemen de chloride en sulfaatconcentratie in een deel van de minifilterlocaties toe en is deels sprake van toename van de hardheid (meer Ca) en afname van de alkaliniteit (minder HCO_3). Dit wordt veroorzaakt vorming en/of aanvoer van sterk zuur als gevolg van nitraatreductie en de oxidatie van ijzersulfide. Omdat in het watervoerende pakket tussen de kleilaag en Brørup-laag de Cl-concentratie ook toeneemt speelt bemesting in intrekgebied voor deze laag hier een rol in. De trends in het watervoerende pakket onder Brørup-laag kunnen (mede) zijn veroorzaakt door de invloed van verzurende zwaveldepositie. Omdat de verblijftijd in deze watervoerende laag onbekend is, kan niet het relatieve belang van beide oorzaken worden geduid. Een andere oorzaak kan ook de toegenomen drainage zijn geweest als gevolg van de ruilverkaveling in de jaren @Rob@. Door een plotselinge, sterke verlaging van de freatische standen kan toen oxidatie zijn opgetreden van sulfiden in de zone van het freatisch pakket die toen droog viel.

Opvallend is dat de veranderingen in het diepere grondwater ook gepaard gaan sterke toename van de P-ortho concentratie. Dit kan samenhangen met reductie van sulfaat dat vanuit het freatisch pakket wordt aangevoerd. Bij de reductie van sulfaat worden ijzerhydroxiden omgezet in sulfiden, waarbij geadsorbeerd fosfaat kan vrijkomen. Verder kan reductie van sulfaat ook gepaard gaan met afbraak van organisch materiaal waarbij ook fosfaat vrijkomt door mineralisatie. Hoge TOC concentraties in 2016 duiden op afbraak van organisch materiaal.

6.4 Mogelijke effecten op grondwaterafhankelijke vegetaties in kwelzone

Er is vastgesteld dat een deel van de kwelzones in en rond de centrale slenk en het perceel Groener in de jaren '90 werd beïnvloed door toestroming van SO_4 rijk en NO_3-arm grondwater. Het is aannemelijk dat deze situatie ook nu nog voortduurt. Dit geeft de risico's voor de standplaatscondities en daarmee het voorkomen en de kwaliteit van habitattypen die worden beïnvloed door toestroming van grondwater. Dit betreffen voor situaties met (relatief) basenrijke kwel habitattypen H6410 Blauwgraslanden en H3130 Zwakgebufferde vennen en voor situaties met basenarme H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden) en H7150 Pioniervegetaties met snavelbiezen. De risicoanalyse is gebaseerd op algemene kennis over processen en de samenhang tussen waargenomen patronen en trends. Wegens het ontbreken van grenswaarden voor stofconcentraties in het toestromende grondwater voor deze habitattypen is deze analyse niet gebaseerd op een toetsing van stofconcentraties aan grenswaarden.

We onderkennen de volgende risico's:

1. Toevoer van veel sulfaat zorgt voor een verhoogde afbraak van organische stof in de bodem die leidt tot een verhoogde mineralisatie en daarmee tot een grotere beschikbaarheid van N en P. Dit zorgt voor interne eutrofiering.
2. Desorptie van aan ijzerhydroxiden gebonden fosfaat door reductie van sulfaat waarbij ijzerhydroxiden worden omgezet ijzersulfiden. De desorptie van fosfaat leidt dan tot interne P-eutrofiering. Risico's 1 en 2 kunnen een oorzaak zijn voor de relatief hoge productiviteit van de vegetatie in centrale slenk (Aggenbach & Cirkel 2016).
3. De opbouw van extra verzuringscapaciteit in de bodem door vorming van ijzersulfiden (zie vorige punt). Reductie van sulfaat naar sulfiden treedt op onder anaerobe omstandigheden. In droge periode waarbij de bodem geaereerd raakt, oxideren de sulfiden en treedt zuurvorming op. Omdat bij reductie van sulfaat naar sulfiden ook HCO_3 wordt gevormd, kan dit de adsorptie van door het grondwater aangevoerd calcium ook bevorderen. Opbouw zuurbuffercapaciteit kan daarom ook gepaard gaan met toename van de zuurbuffercapaciteit. Dat is alleen het geval in bodems waarin voldoende kationadsorptiecapaciteit beschikbaar is voor de sorptie van calcium (relatief hoge CEC en geen hoge basenverzadiging). Opslag van calcium in kalk door kalkvorming is weinig aannemelijk gezien de lage verzadingsindex voor calciet in het ondiepe grondwater. Omdat bij reductie van sulfaat organische stof wordt afgebroken, kan de organische stofvoorraad afnemen en daardoor ook de kationadsorptiecapaciteit. Tevens leidt afbraak tot een hoge basenverzadiging, hetgeen met monitoring van organische stof en basenchemie voor een aantal locaties in Stroothuizen is aangetoond (waaronder S19 die onder invloed van vermest grondwater staat; Aggenbach & Cirkel 2016). Wanneer sprake is van een dergelijke situatie en nog steeds sulfaatrijk grondwater wordt aangevoerd, kan wel de verzuringscapaciteit verder toenemen door opbouw van sulfiden, maar niet de zuurbuffercapaciteit. De verzuringscapaciteit kan dan op den duur de zuurbuffercapaciteit gaan overschrijden. Dit resulteert dan in een zogenaamde 'zuurbom' op die in een droge periode wordt geactiveerd. Een lage ratio van calcium en sulfaat in het toestromende grondwater, waarvan nu sprake is in het toestromende vervuilde grondwater, versterkt dit risico eveneens (zie volgende punt).
4. Uitloging basen in het freatische pakket door zuurvorming/ belasting in het verleden (vroegere bemesting intrekgebied, atmosferische N- en S-depositie) en actuele zuurvorming (bemesting intrekgebied). De sterke daling van de calcium en bicarbonaat concentratie in het freatische pakket dat van belang is voor voeding van de centrale slenk met de basenminnende habitattypen, is zorgwekkend. Wanneer deze daling werkelijk samenhangt

met uitloging van het freatische pakket dan is dat een bedreiging voor de instandhouding van basenrijke condities van de habitattypen H6410 Blauwgraslanden, H3130 Zwakgebufferde vennen. Tevens werkt een afname van de basenrijkdom van het toestromende grondwater ongunstig uit voor de balans van zuurbuffercapaciteit en verzuringscapaciteit in sulfaatbelaste kwelzones (zie vorige punt). Door de geringe kwelflux is bovendien een voldoende buffering van een hoge zuurgraad een knelpunt (Aggenbach & Cirkel 2016).

De risico's 1, 2 en 3 worden sterker als kwelfluxen door maatregelen in de huishouding worden hersteld c.q. vergroot, en tegelijk de nitraatbelasting in het agrarisch gebruikte intrekgebied door bemesting hoog blijft. Deze risico's worden weggenomen als bemesting in het intrekgebied wordt beëindigd. Bij voortzetting van het intensieve agrarische gebruik blijft uitloging van het freatisch pakket door oxidatie van sulfiden onder invloed van een hoge denitrificatie voortduren (risico 4).

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Vraag 1: In hoeverre is het grondwater dat de kwelzones in Stroothuizen voedt, vervuild als gevolg van bemesting in het intrekgebied?

- Grondwater dat kwelzones voedt, is sterk vervuild als gevolg van bemesting in het inzijggebied. Het grondwater dat de centrale slenk en omgeving voedt is sterk vervuild met sulfaat;
- Gezien de relatief korte verblijftijden van het toestromende grondwater is de verwachting dat dit water inmiddels overal is doorgedrongen in de kwelzones.

Vraag 2: Welke trends in de hydrochemie van het grondwater zijn tussen 1990 en 2016 opgetreden?

- De invloed bemesting in freatische grondwater is weinig of niet afgenomen;
- Als gevolg van verzurende werking van meststoffen is vermoedelijk uitloging van het freatisch pakket opgetreden, waardoor grondwater dat toestroomt in de kwelzones minder basenrijk wordt/is geworden;
- Daarnaast is de invloed van bemesting en mogelijk ook atmosferische depositie nu ook zichtbaar geworden in het 1e en 2e watervoerende pakket.

Vraag 3. Welke (toekomstige) risico's zijn aanwezig voor kwelafhankelijke habitattypen door toestroming van grondwater dat beïnvloed is door bemesting van het intrekgebied?

- Afbraak van organische materiaal en eutrofiëring. Dit is een risico voor het voorkomen en de kwaliteit van de habitattypen H3130 Zwakgebufferde vennen, H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden), H6410 Blauwgraslanden en H7150 Pioniervegetaties met snavelbiezen;
- Door vermindering van de basenrijkdom het toestromende grondwater minder toevoer van zuurvormende stoffen en door aanvoer veel sulfaat opbouw van verzuringscapaciteit in de bodem. De kwelzones worden daardoor in droge perioden meer gevoelig voor sterke verzuring. Dit is een risico voor het voorkomen en de kwaliteit van de habitattypen H3130 Zwakgebufferde vennen, H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden), H6410 Blauwgraslanden.

7.2 Aanbevelingen

- Gezien de risico's van vervuiling van het freatische grondwater door bemesting in het intrekgebied voor kwelafhankelijke habitattypen wordt geadviseerd om de belasting van nitraat door bemesting en andere zuurvormende meststoffen in het intrekgebied op de korte termijn te stoppen.
- De recente hydrochemische toestand van het ondiepe grondwater in de (potentiële) kwelzones van Stroothuizen, perceel Groener, het Rondeven en Oortven (0.4-0.5 en 0.7-0.8 m -mv). De omvang van de invloed van vermest grondwater is daardoor onbekend. Deze informatielacune kan met gerichte bemonstering van grondwater in de (potentiele) kwelzones worden weggenomen.
- Een aanzienlijk deel van de in 2016 geanalyseerde grondwatermonsters uit de minifilters waren niet exact te herleiden naar de filterdiepte. Er kan nog gepoogd worden deze filterdieptes in het veld op te meten.
- Recente metingen van de basentoestand van de bodem in de (potentiële) kwelzones ontbreken en de verzuringscapaciteit is nauwelijks onderzocht (laatste metingen basenchemie dateren uit 2002/ 2009; zie Aggenbach & Cirkel 2016). De omvang van risico 3 genoemd in paragraaf 6.4 is daardoor niet goed te duiden.

- De vaststelling van mogelijke uitloging van het freatische pakket (risico 4 genoemd in paragraaf 6.4) is alleen gebaseerd op de hydrochemische trends in het grondwater. Geochemisch onderzoek aan het sediment in het freatische pakket op de stroombanen naar kwelzones kan meer uitsluitsel geven in hoeverre de uitloging is voortgeschreden.
- Voor de diepere watervoerende lagen van de minifilterlocaties kon slecht zeer beperkt een indicatie worden gegeven van verblijftijden op basis van gemodelleerde grondwaterstroombanen. Dit beperkte de analyse van de achterliggende oorzaken voor de gevonden hydrochemie en trends daarin. Aanvullende stroombaananalyse kan dit deels verhelpen. Datering met behulp van isotopen in het grondwater van de diepere watervoerende lagen kan meer zekerheid geven over de relatieve bijdrage van bemesting in intrekgebied, zwaveldepositie en verdroging door de ruilverkaveling.

8 Referenties

Aggenbach, C.J.S. & G. Cirkel (2016). Analyse van actuele en vereiste kwelfluxen voor basenminnende habitattypen in Stroothuizen en Punthuizen. KOA 2016.xxxx, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Aggenbach, C.J.S. & Jansen, A.J.M. (2004). Effectgerichte maatregelen tegen verdroging, verzuring en stikstofdepositie in beekdalen (Twenthe) en natte duinvalleien in het Renodunaal District (Goeree-Overflakee). 2004/280-O, Ministerie van LNV, Ede.

Cirkel, D.G., C.G.E.M. van Beek, J.Ph.M. Witte & S.E.A.T.M. Van der Zee (2014). Sulphate reduction and calcite precipitation in relation to internal eutrophication of groundwater fed alkaline fens. Biogeochemistry, 117(2-3), 375-393..

KWR, Witteveen+Bos & Royal Haskoning DHV (2015). Natura 2000 gebiedsanalyse voor Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Dinkelland. Provincie Overijssel, Zwolle.

Pranger, D.P. & M.E. Tolman (2011). Vegetatie- en plantensoortenkartering Dinkelland 2010. Rapport 902f-EGG P&T, EGG-consult/ Pranger & Tolman ecologen, Groningen.

Stuyfzand, J.P. (1993) Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. PhD, Vrije Universiteit van Amsterdam.

Bijlage 9

Bodem, Grondwater en bodemgeschiktheid Punthuizen-Stroothuizen

(Aequator 2017)

BODEM, GRONDWATER EN BODEMGESCHIKTHEID UITWERKINGSGEBIED PUNTHUIZEN/STROOTHUIZEN

BODEM, GRONDWATER EN BODEMGESCHIKTHEID UITWERKINGSGEBIED PUNTHUIZEN/STROOTHUIZEN

Uitgebracht aan:	Staatsbosbeheer Overijssel De heer L. Jacobs Postbus 6 7400 AA Deventer
Uitgebracht door:	Aequator Groen & Ruimte bv Postbus 1171 3840 BD Harderwijk

In samenwerking met de Bosgroepen

Contactpersoon:	Everhard van Essen Telefoonnummer 06 – 265 18 630
Auteur(s):	Matheijs Pleijter, Jan van Berkum en Everhard van Essen
Versie:	Definitief
Datum:	16 oktober 2017
Gecontroleerd door:	Everhard van Essen

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 4

1.1 Aanleiding 4
1.2 Doel onderzoek 4
1.3 Invloedsgebied en afbakening 4

2 AANPAK 5

2.1 Fase 1. Beschrijving huidige bodem- en grondwatersituatie 5
2.2 Fase 2. Beschrijving bodem- en grondwatersituatie na uitvoering PAS-herstelmaatregelen 9
2.3 Fase 3. Mitigerende maatregelen en rapportage. 10

3 RESULTATEN 11

3.1 Bodemopbouw 11
3.2 Grondwatersituatie 16
3.3 Landbouwkundige geschiktheid huidige situatie 17
3.4 Landbouwkundige geschiktheid toekomstige situatie 19
3.5 Effecten op nat- en droogteschade 20
3.6 Compenserende maatregelen 21

4 SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN 26

4.1 Samenvatting bodemgesteldheid, effecten maatregelen op landbouw en compenserende maatregelen 26
4.2 Aanbevelingen 27

5 REFERENTIES 29

6 BIJLAGEN 30

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Dit voorjaar heeft Aequator Groen & Ruimte in opdracht van de provincie Overijssel een gebied van 75 hectare (bekend als M30 behorende bij de gebiedsanalyse PAS) in kaart gebracht betreffende de bodemopbouw en de grondwatersituatie. De aanleiding hiervoor zijn de voorgenomen vernattingsmaatregelen in het kader van de PAS-herstelmaatregelen Punthuizen/Stroothuizen. Met deze gegevens en de berekende verandering van de grondwatersituatie zijn de effecten op de bodemgeschiktheid voor grasland en akkerbouwgebruik in beeld gebracht. De effecten van de vernattingsmaatregelen reiken echter verder dan het bovengenoemde gebied. De effecten van hydrologische maatregelen op het grondwater zijn berekend met een grondwatermodel (Tauw, 2016 etc.) voor een groter gebied, het zogenaamde uitwerkingsgebied.

1.2 Doel onderzoek

Doel van dit onderzoek is een gedetailleerd beeld te geven van de huidige en toekomstige bodemgeschiktheid voor grasland en akkerbouw in het gehele hydrologische invloedsgebied rondom Punthuizen/Stroothuizen. Hiervoor is de bodemkundige en grondwatersituatie in het veld gekarteerd. Met deze gegevens is de bodemgeschiktheid voor landbouw in kaart gebracht voor de huidige en toekomstige situatie. Het totale landbouw gebied wat hiervoor onderzocht is, is 620 hectare. Ook het eerder gekarteerde gebied ten oosten van het Strenge Veld en de Strengeveldweg is bij dit onderzoek meegenomen.

1.3 Invloedsgebied en afbakening

De afbakening van het te karteren gebied is gebeurd op basis van de eerste berekeningen met het hydrologisch model. Hierbij zijn de effecten van eerste concept maatregelen op de grondwaterstand berekend. Later is gebleken dat de effecten op de grondwaterstand nog iets verder reikten, en is het gekarteerde gebied nog uitgebreid. Het totale landbouwgebied wat gekarteerd is om effecten op landbouw inzichtelijk te maken is circa 620 hectare. Grofweg ligt het gebied ten zuiden van de Brandlichterweg en ingeklemd tussen het Omleidingskanaal en de Duitse grens.

De eerste 75 hectare (M30 volgens uitvoeringsplan PAS, ingeklemd tussen Mensmanweg, Punthuizerweg, Holtweg) en het Strengeveld zijn in het voorjaar van 2016 gekarteerd. Het overige deel is gekarteerd in de periode juli, begin augustus 2016. De Unie van Bosgroepen heeft de percelen die mogelijk omgevormd worden naar natuur gekarteerd (circa 100 hectare). De overige ruim 400 ha is gekarteerd door Aequator Groen & Ruimte. Tenslotte is aan de noordzijde nog een gebied van 100 hectare in het voorjaar van 2017 gekarteerd. Tijdens het veldwerk is onderscheid gemaakt tussen intensief en extensief karteren. Extensief gebied zijn hoger gelegen, droge gronden met minder risico op een toename aan opbrengstdepressie a.g.v. wateroverlast. De lager gelegen gronden kennen meer variatie in bodemgesteldheid en hebben een groter risico op een opbrengstdepressie a.g.v. wateroverlast. Om deze reden zijn de lager gelegen gebieden intensiever gekarteerd.

2 AANPAK

Het onderzoek is opgesplitst in drie fasen:

Fase 1. Beschrijving huidige bodem- en grondwatersituatie
Fase 2. Beschrijving bodem- en grondwatersituatie na uitvoering PAS-herstelmaatregelen
Fase 3. Mitigerende maatregelen en rapportage

2.1 Fase 1. Beschrijving huidige bodem- en grondwatersituatie

Karteren bodemopbouw
Op basis van een gedetailleerde bodemkartering zijn de huidige grondwaterstanden, de aanwezigheid van storende lagen en de eventueel uitgevoerde egalisatiewerkzaamheden in beeld gebracht. Bij het veldonderzoek is, met behulp van een edelman grondboor, de bodemgesteldheid beschreven volgens De Bakker en Schelling (1989, referentie 1) tot ca. 150 cm –mv, zie het kader op de volgende bladzijde. De boordiepte is afhankelijk van de aangetroffen bodemopbouw, waarbij steeds tot ten minste de gereduceerde zone wordt geboord, met een maximum van 1,80 m –mv.

Bepaling boorlocaties
De hoge gronden met weinig risico op natschade en minimaal te verwachten grondwatereffecten zijn extensief gekarteerd met 1 boring per 2 ha en de lage gronden met hoger risico op natschade zijn intensiever beoordeeld (ongeveer 1 boring per ha). In het veld is de exacte locatie van de boring bepaald. Onze aanpak van de kartering verloopt volgens het systeem van een zogenaamde ‘vrije kartering’. De precieze locaties en dichtheid van de boringen zijn door de bodemdeskundige bepaald op basis van de informatie uit de bureaustudie, het oriënterend veldbezoek en op basis van veldkenmerken (zie onderstaand kader). In tegenstelling tot een kartering volgens een vast raster, wordt bij een vrije kartering de expertise van de bodemdeskundige optimaal ingezet. Hierdoor zal ook het eindresultaat van de kartering effectief tot stand kunnen komen, en daarbij van extra kwaliteit zijn.
Door de keuze van de boorlocatie over te laten aan de bodemdeskundige, kan in homogene gebieden (en gebieden met minder verwachtte natschade) minder intensief worden geboord (en sneller worden gewerkt). Anderzijds kan er op plekken waar veel GxG variatie op korte afstand wordt verwacht of meer natschade, intensiever worden geboord. Op deze manier is de bodem en GxG op deze plekken optimaal in kaart gebracht.

Ervaringen grondgebruikers en controle locaties
De bodem en grondwaterkaarten zijn ook getoetst in gesprekken met agrariërs, en vooraf zijn ook ervaringen van hen meegenomen. Daar waar gebruikers de kaarten niet herkenden zijn controles uitgevoerd, en eventueel zijn de kaarten aangepast. In bijlage J zijn een 12-tal locaties opgenomen en is beschreven hoe met deze locaties is omgegaan.

Veldkenmerken
Dit zijn kenmerken die in het veld zichtbaar zijn zoals landschap, reliëf, dichtheid van afwaterings- en ontwateringstelsel, slootwaterstanden, begreppeling, buisdrainage, bodemgebruik en vegetatie (nat- en droogte-indicatoren, kruiden, grassen, bomen).
Een aantal voorbeelden: Hoogteverschillen gaan vaak samen met wisseling in het bodemtype en verschillen in de GxG. Het waterpeil in de sloten (of afwezigheid van water in de sloot) geeft een indicatie van de grondwaterstand. Roest en een 'filmpje' op het water in de sloot zijn een indicatie van kwel (en mogelijk hogere grondwaterstanden). Een veranderende dichtheid van sloten, of verandering van het landgebruik, geeft een indicatie van mogelijk veranderende bodemomstandigheden.

Karteren grondwater
De grondwaterfluctuatie is beoordeeld in termen van GHG en GLG (Gemiddeld Hoogste en Laagste grondwaterstanden). Dit is gebeurd op basis van hydromorfe kenmerken (roest verschijnselen), bodemopbouw (doorlatendheid van de bodem) en actuele grondwaterstanden. In de meeste boorgaten is de grondwaterstand opgenomen. Om deze beoordeling zo goed mogelijk te kunnen maken hebben we gebruik gemaakt van

- GHG en GLG kaarten uit de meest recente model berekeningen.
- Grondwaterstanden van de peilbuisgegevens.
- Metingen aan de grondwaterstanden van de peilbuizen in het onderzoeksgebied tijdens de veldwerkperiode.

Met name de grondwaterstanden in de peilbuizen in het gebied zijn gebruikt voor de schattingen op boorlocaties. In de boorgaten is het grondwater een dag later gemeten. De grondwaterstandsmetingen in de peilbuizen van het zelfde tijdstip zijn gebruikt om een indicatie te verkrijgen hoever op dat moment de meting van GHG of GLG vandaan zit. Er is gebruik gemaakt van alle peilbuizen in de landbouw gebieden (met name de zuidelijke raai).
Middels het meten van actuele grondwaterstanden in open boorgaten is het functioneren van de drainage meegenomen. Hierbij is ook een kaart met bekend aanwezige buisdrainage gebruikt tijdens het veldwerk. Het is lastig om op een moment tijdens het veldwerk het functioneren van drainage goed in te schatten. Dat moet vooral in een natte periode gebeuren wanneer de afvoer van de drainagebuizen goed beoordeeld kan worden. De perioden van het veldwerk leenden zich daar niet voor. Het was niet zo nat, en sloten waren in de zomer sterk begroeid, zodat de eindbuizen niet zichtbaar (of te vinden) waren.

Drainage
Drainage is veelal gericht op het verbeteren van de ontwateringssituatie. Van oorsprong is het vooral bedoeld om hoge grondwaterstanden, of GHG's te verlagen. De opbolling van de grondwaterstand (grondwaterstanden hoger dan het slootpeil) tussen sloten neemt hierbij af. Uiteraard is er tussen drainagebuizen altijd nog sprake van een opbolling in natte perioden. Die is afhankelijk van het functioneren van de drainage, de doorlatendheid van de bodem, mate van kwel en dergelijke.

Daarnaast is eind oktober nog een gerichte opname gedaan tijdens een GLG moment. Dit als extra kwaliteitscontrole om de kaarten te verfijnen. 10% van de boorlocaties is teruggezocht, en in open boorgaten is de grondwaterstand opgenomen tijdens een GLG moment. Het groeiseizoen was uitzonderlijk nat, waardoor het lastiger is om een goede indruk te krijgen van de GLG. Uit peilbuismetingen bleek dat de grondwaterstand eind oktober ongeveer op GLG niveau zat. Grofweg zaten we op de droge Gt's VII en VIII 7 cm boven

GLG niveau, en op de nattere Gt's 15/18 cm boven GLG. Dit blijkt uit de stampeilbuizen. De GLG was nog niet helemaal bereikt, en/of de neerslag van 14 dagen ervoor werkte nog door (circa 40 mm in het gebied).

De korte samenvatting is dat door de bank genomen de GLG schatting van de zomer goed is gedaan. Aan de oostkant zit de GLG waarschijnlijk iets dieper. De GLG schattingen zijn op basis van de gerichte opname verfijnd.
In de doorlooptijd van het veldwerk, voorjaar 2016 tot oktober 2016 is het niet mogelijk geweest om een gerichte opname te doen van de GHG.

Op deze wijze ontstaat een beeld van de actuele grondwaterstand van het recente verleden, zeg de nulsituatie. Klimaatsverandering van de afgelopen decennia zit hier in verwerkt, echter toekomstige klimaatsverandering niet. Dit kan alleen modelmatig worden berekend en valt buiten deze opdracht.

Vlakken bodem en grondwaterkaart
Alle boorgegevens worden op kaart weergegeven en volgens het Nederlandse classificatie systeem krijgen ze een code. Daarnaast wordt ook de GHG en GLG samengevat in een grondwatertrap. Met hulp informatie zoals het AHN worden vlakken getekend waarbinnen de bodemgesteldheid en grondwatertrap vergelijkbaar is. Daarbij dient opgemerkt te worden dat laagdiktes kunnen variëren, net als er binnen grondwatertrappen bandbreedtes kunnen zijn. Tevens kunnen individuele boorpunten soms afwijken ten opzichte van het vlak waarin ze liggen. Tenslotte er is gekarteerd volgens een schaal van 1:10.000, wat praktisch betekent dat het kleinste vlak wat weergegeven wordt 1 hectare is. Afwijkingen kleiner dan 1 hectare worden niet weergegeven.
Tijdens het karteren worden een aantal zaken vastgelegd, zoals laag diktes, textuur, zandgrofheid, horizontcodes, organische stofgehalten, bewortelbare diepte, en dergelijke. Hieruit kunnen ook weer direct of indirect factoren worden afgeleid, zoals storende lagen, draagkracht, vochtleverend vermogen en dergelijke. Deze kaarten worden niet separaat geleverd, maar kunnen met bewerkingen van de boorgegevens wel gemaakt worden.

Algemene uitgangsprincipes beschrijving bodemopbouw:
- Er wordt geclassificeerd conform het Nederlandse classificatiesysteem van De Bakker & Schelling, ref. 1.
- De bodemcodes die gebruikt zijn volgens de 1:50.000 kartering, ook bij meer gedetailleerde kaartschalen.
- De boorgegevens zijn beschreven conform ref. 2 Ten Cate et al., 1995, Deel A Bodem (richtlijnen en -voorschriften A-20 t/m A49), hierbij worden ook boorpuntcodes beschreven en horizontcodes opgeschreven.
- Elk profiel is ingemeten met een X- en Y-coördinaat.
- Elk profiel wordt uitgelegd in klassen van 40 of 50 centimeter.
- Grofweg 1/3 van de profielen is gefotografeerd, waarbij een label met fotonummer in de linkerbovenhoek wordt geplaatst.
- De boorbeschrijvingen worden opgeleverd in een excel document waarbij in 1 tabblad de horizont beschrijvingen zijn opgenomen en in een ander tabblad de gegevens per boring zoals GHG, GLG, waargenomen grondwaterstand, bewortelingsdiepte, en dergelijke.

Bepalen bodemgeschiktheid
Met behulp van de veldgegevens is de bodemgeschiktheid voor gebruik voor grasland en akkerbouw bepaald voor het gehele gebied (incl. een vernieuwing voor M30). Daarbij is uitgegaan van het interpretatiesysteem WIB-C (=Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten – stadium C). Een combinatie van gradaties van drie (voor grasland) of vijf (voor bouwland) beoordelingsfactoren, namelijk ontwateringstoestand, vochtleverend

vermogen, de stevigheid of draagkracht van de bovengrond, verkruimelbaarheid (of bewerkbaarheid) en slemp- of stuifgevoeligheid leidt tot een bodemgeschiktheidsklasse, die op een kaart wordt weergegeven. Het toekennen van een geschiktheidsklasse gebeurt met een sleutel, zie figuur Tabel D-34 uit TD 19D, referentie 3.

Tabel D-34 Sleutel voor de vaststelling van hoofdklassen en klassen van de bodemgeschiktheid voor weidebouw

<table>
<tr><th rowspan="2">Ontwaterings-toestand</th><th rowspan="2">Vochtleverend vermogen</th><th colspan="3">Stevigheid van de bovengrond</th></tr>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr>
<tr><td rowspan="4">1of 2</td><td>1</td><td>1.1</td><td>1.2</td><td rowspan="2">2.1</td></tr>
<tr><td>2</td><td>1.3</td><td>1.4</td></tr>
<tr><td>3</td><td>2.2</td><td colspan="2">2.3</td></tr>
<tr><td>4 of 5</td><td colspan="3">3.2</td></tr>
<tr><td rowspan="4">3</td><td>1</td><td>1.1</td><td>1.2</td><td rowspan="3">3.1</td></tr>
<tr><td>2</td><td>1.3</td><td>1.4</td></tr>
<tr><td>3</td><td>2.2</td><td>2.3</td></tr>
<tr><td>4 of 5</td><td colspan="3">3.2</td></tr>
<tr><td rowspan="4">4</td><td>1</td><td>1.2</td><td rowspan="2">2.1</td><td rowspan="3">3.1</td></tr>
<tr><td>2</td><td>1.3</td></tr>
<tr><td>3</td><td>2.2</td><td>2.3</td></tr>
<tr><td>4 of 5</td><td colspan="3">3.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5</td><td>1, 2 of 3</td><td colspan="2">2.1</td><td>3.1</td></tr>
<tr><td>4 of 5</td><td colspan="3">3.2</td></tr>
</table>

Op deze wijze leiden we de geschiktheid voor bijvoorbeeld weidebouw/grasland af van de gradaties van de beoordelingsfactoren voor de ontwateringstoestand, het vochtleverend vermogen en de stevigheid van de bovengrond. Een verandering in de ontwateringstoestand werkt door in het vochtleverend vermogen en in de stevigheid van de bovengrond (in geval van grasland). De omschrijving van de klassen staat in de volgende tabel D-36 uit TD 19D, ref. 3. Kort samengevat wordt de bodemgeschiktheid dus bepaald door de bodemopbouw en grondwatersituatie, en daaruit afgeleide beoordelingsfactoren. Alleen droogtegevoelige gronden (categorie 2.2 en 3.2) kunnen ook beregend worden, waardoor deze in de praktijk veelal als minder problematisch worden ervaren.

De bodemgeschiktheid van de meer droogtegevoelige gronden is sterk afhankelijk van de capillaire opstijging. In de huidige berekeningen is uitgegaan van een kritiek z-afstand (afstand waarbij per dag 2 mm capillair water kan opstijgen uit het grondwater naar de onderkant van de wortelzone) van 110 cm. Uit de literatuur blijkt voor de type gronden een variatie van 70 tot 130 cm voor te komen. De huidige bodemgeschiktheid is afgestemd met enkele gebruikers en komt het dichtst bij de ervaring van de grondgebruikers en dat ondersteunt de keuze voor een kritieke z-afstand van 110 cm.

Tabel D-36 Bodemgeschiktheidsklassen voor weidebouw

1		**Gronden met ruime mogelijkheden**
	1.1	Hoge bruto-produktie; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar
	1.2	Hoge bruto-produktie; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; enigszins beperkt berijdbaar
	1.3	Hoge bruto-produktie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar
	1.4	Hoge bruto-produktie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; enigszins beperkt berijdbaar
2		**Gronden met beperkte mogelijkheden**
	2.1	Hoge bruto-produktie; matige beweidingsverliezen; beperkt berijdbaar
	2.2	Matige bruto-produktie in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar
	2.3	Matige bruto-produktie in droge jaren; matige beweidingsverliezen in natte jaren; beperkt berijdbaar
3		
	3.1	**Gronden met weinig mogelijkheden**
	3.2	Matige of hoge bruto-produktie; grote beweidingsverliezen; zeer beperkt berijdbaar Lage of matige bruto-produktie; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar

Bepalen nat- en droogteschade

Met de gegevens uit het veld is de nat- en droogteschade in vergelijking met een optimale situatie berekend met de HELP systematiek. Dit is geautomatiseerd in de zogenaamde Waternoodsystematiek software. De nat- en droogteschade wordt berekend aan de hand van het bodemtype, de GHG en GLG ten opzichte van ideale productie omstandigheden. Veelal komt dit in de praktijk niet voor, aangezien er bijvoorbeeld niet optimaal beregend wordt.

Deze fase heeft de volgende concrete resultaten opgeleverd:

- Bodem-, grondwatertrappenkaart, GHG en GLG kaart 1: 10.000
- Bodemverdichting of storende lagen kaart 1:10.000
- Bodemgeschiktheidskaartkaart huidige situatie 1: 10.000 voor alle gekarteerde landbouw percelen voor zowel akkerbouw als grasland
- Overzicht van de nat- en droogteschade en de praktische consequenties beschreven voor de huidige situatie
- Een boorpunten bestand met gegevens per bodemlaag en GXG

2.2 Fase 2. Beschrijving bodem- en grondwatersituatie na uitvoering PAS-herstelmaatregelen

Door Tauw zijn modelberekeningen uitgevoerd, op basis waarvan de veranderingen van de grondwaterstanden ten opzichte van de huidige situatie, als gevolg van de uit te voeren hydrologische maatregelen, zijn bepaald. Met die gegevens zijn, op dezelfde manier als in fase 1, de mogelijkheden voor gebruik als grasland en de nat- en droogteschade na uitvoering van de hydrologische maatregelen bepaald. Er is echter geen rekening gehouden met effecten van klimaatsverandering.

De voorgenomen maatregelen zijn veelal onverondiepen of dempen van sloten en het opheffen van drainage. Deze maatregelen zijn opgenomen in het hydrologisch model en beschreven in de desbetreffende rapporten. De effecten van de maatregelen zijn doorgerekend met het hydrologisch model. Zo ook het opheffen of laten liggen van drainage.

Deze fase heeft de volgende concrete resultaten opgeleverd:

- Bodemgeschiktheidskaart 1:10.000 na uitvoering hydrologische maatregelen voor zowel gras- als akkerland (maïs).
- Overzicht van de nat- en droogteschade en de praktische consequenties na uitvoering hydrologische maatregelen.
- Veranderingen in nat- en droogteschade t.o.v. de huidige situatie. Bij deze veranderingen is uitgegaan van langjarige gemiddelden. De veranderingen in extremen in natte of droge jaren zijn niet doorgerekend.

2.3 Fase 3. Mitigerende maatregelen en rapportage.

Op basis van onze ervaring met nat- en droogteschade zijn maatregelen beschreven, waarmee de effecten van de hydrologische maatregelen op de gebruiksmogelijkheden van het grasland kunnen worden gemitigeerd. Randvoorwaarde daarbij is dat de mitigerende maatregelen geen negatief/beperkend effect hebben op de resultaten van de PAS-maatregelen; zij mogen de effectiviteit van de PAS-maatregelen niet beperken/aantasten. Voor het onderzoek in M30 is reeds een aantal (algemene, niet- plaats specifieke) maatregelen beschreven. Deze zijn als uitgangspunt genomen.

Deze fase heeft de volgende concrete resultaten opgeleverd:

- Voorstel voor en beschrijving van mitigerende maatregelen om het landbouwkundig graslandgebruik te optimaliseren zonder negatieve effecten op het Natura 2000-gebied.

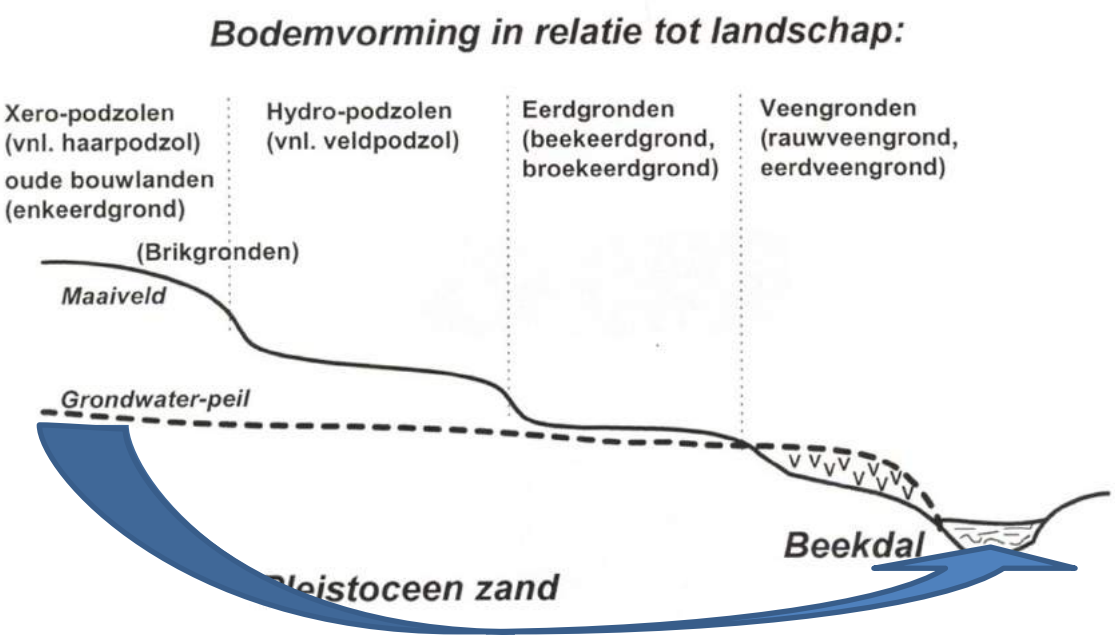
Daarnaast zijn voor een 12 tal locaties beknopte uitwerkingen gemaakt hoe effecten middels mitigerende maatregelen opgevangen kunnen worden.

3 RESULTATEN

3.1 Bodemopbouw

Het gebied is circa 620 hectare groot. Het veldwerk is voor een beperkte oppervlakte begin 11 april 2016 uitgevoerd. Vanaf medio juli tot half augustus is het meeste veldwerk gedaan. Aanvullend is aan de noordkant in april mei nog 100 hectare extra grond gekarteerd. In totaal zijn er door Aequator Groen & Ruimte en de Bosgroepen 629 beschreven boringen verricht.

In bijlage A is de bodemkaart opgenomen. Hieronder zijn schematisch de verschillende bodems weergeven welke in een zandlandschap kunnen voor komen. Met een blauwe pijl is de grondwaterstandsbeweging weergegeven, en ook de ligging ten opzichte van het grondwater is weergegeven. We treffen dus vooral enkeerdgronden op de hogere delen van het landschap aan, veldpodzolen liggen al dichter bij het grondwater, vooral beekeerden en de veengronden liggen laag in het landschap. Gooreerdgronden liggen landschappelijk veelal tussen de veldpodzolen en beekeerdgronden. Hieronder worden de voor komende gronden besproken.



Op hoge gedeeltes zijn esgronden ontstaan, dit bodemtype is aangeduid als ***zwarte enkeerdgrond*** met de code zEZ…. Dit zijn gronden die al eeuwen in cultuur zijn gebracht. In het verleden werden deze gronden bemest via het zogenaamde heideplagsel-potstalsysteem. Heideplagsel werd in de potstal als strooisel gebruikt. Hiermee werd ook vaak zand van de hei meegebracht. Met het bemesten werd de bovengrond gedurende de eeuwen langzaam opgehoogd. De humushoudende bovenlaag van deze gronden is dikker dan 50 cm. Deze gronden liggen verspreid over het gebied, langs de oude Puntbeek, en in het noorden verspreid over enkele locaties, en in het uiterste noordwesten (ten westen van het Omleidingskanaal).
De esgronden hebben dus esdekken dikker dan 50 cm. In sommige gevallen is het esdek 30-50 cm dik, en dan wordt gesproken over ***laarpodzolen*** (code cHn..).

Uit het bodemonderzoek komt naar voren dat er met name ***veldpodzolgronden*** zijn aangetroffen. Dit zijn zandgronden waarin een humusinspoelingslaag is ontwikkeld. Veldpodzolen zijn aangeduid met de code Hn…... De humusinspoelingslaag ontstaat onder natuurlijke zure omstandigheden wanneer regenwater de

grond infiltreert en dan humus en ijzer oplost in het water. Op een gegeven moment is het water verzadigd en dan slaat de humus weer neer in het zand. Dit is te herkennen aan een koffiebruine laag onder de bovengrond, de zogenaamde podzol B laag.

Figuur 1: Een veldpodzol profiel, de boring is uitgelegd in rijen van 50 cm waarbij de bovenkant (het maaiveld) linksonder van de foto is. Tussen 0-30 cm is een humushoudende bouwvoor aangetroffen. Tussen 30-50 cm een iets gemengde laag, als gevolg van diepe grondbewerkingen (woelen). De laag tot circa 90 cm heeft een bruine kleur (de podzol B, of inspoelingslaag). Tussen 90 en 150 cm is zand egaal van kleur. Op een diepte van 140 cm wordt het zand grauw als gevolg van het feit dat het permanent onder water zit.

Onder (natuurlijke) nattere omstandigheden ontbreekt de humusinspoelingslaag of is minder uitgesproken aanwezig. Met name in de wat lagere en nattere delen komen hierdoor ***gooreerdgronden*** voor, aangeduid met bodemcode tZn….. Met name tussen de Punthuizerweg en het Omleidingskanaal, aan de noordwestkant van het gebied komen gooreerdgronden voor. Verder liggen ze her en der verspreid met name in de lagere delen van het landschap, vaak vlak naast de laagste delen, waar beekeerdgronden voorkomen.

Figuur 2: Een profiel van een gooreerdgrond, de boring is uitgelegd in rijen van 50 cm waarbij de bovenkant links van de foto is. Tussen 0-30 cm is een humushoudende bouwvoor aangetroffen. Tussen 30-80 cm een zeer lichte inspoelingslaag (podzol B), hierin zijn ook lichte roestvlekken waargenomen. Iets gemengde laag, als gevolg van diepe grondbewerkingen (woelen). Vanaf 90 cm is de ondergrond meer grauw, als gevolg van het feit dat het permanent of vaker onder water zit.

In de meest lage en natte gedeeltes zijn ***beekeerdgronden*** ontstaan, dit zijn gronden met veel roest in het profiel (code pZg….). Roest komt tot binnen 30 cm –mv voor, en de grond wordt daardoor veel gekenmerkt door een bruine bovengrond. Deze gooreerd- en beekeerdgronden liggen verspreid over het hele gebied, en met name in het Strengenveld en aan de westzijde richting het Omleidingskanaal. Aan de zuidwestkant komen ze ook voor ten zuiden van de Holtweg. Hier heeft de oude Puntbeek in het verleden ook gestroomd. De bodemkaart geeft dit indicatief aan. Voor een exacte lokalisering zou meer in detail gekarteerd moeten worden.
Een ***broekeerdgrond*** (code vWg) is ontstaan in laagtes in het noordoosten van het gebied, deze gronden kenmerken zich door een moerige bovengrond op zand. Een moerige bovengrond bestaat uit venig materiaal (meer dan 15 / 25% organische stof).

Figuur 3 Een beekeerdgrond, van linksonder naar rechtsboven uitgelegd in rijen van 50 cm (maximale boordiepte was 1 m vanwege grondwater op 65 cm). Onder een humeuze bovengrond (met roest) van 25 cm dikte zit een verwerkte lemige grond (uit een venbodem?) tot 50 cm diepte op zwak lemig, matig fijn zand met roest. De lemige verwerkte grond is storend voor de waterafvoer (in het overzicht van alle boringen heeft deze boring nr. 216 gekregen).

Het cijfergedeelte in de legenda op de bodemkaart beschrijft de zandgrofheid (eerste cijfer) en de textuur of lemigheid (tweede cijfer). Zie ook tabellen A-25. Het zand is in een groot deel van het gebied zwak lemig en matig fijn van textuur, aangeduid met de cijfers 53 achter de bodemcode Hn… tZn en tZg.). Enkele kaartvlakken hebben geen 53, maar andere cijfercombinaties. De enkeerdgronden zijn bijvoorbeeld als zEZ33 aangegeven: zwak lemig, maar zeer fijn zand. Laaggelegen gronden zijn hier en daar met 35 aangeduid: sterk lemig en zeer fijn zand. Dit betreft percelen aan de westkant van het gebied. Ook komen sterk verspreid een paar 'vlakken' voor met sterk lemig en matig fijn zand, aangeduid met …55.

Tabel A-25 Indeling cijfercode bij zand- en leemgronden

Zandgrofheidsklassen bij zandgronden (eerste cijfer in het cijferdeel van de legendacode)

naam		M50 (in µm)	code[1]
fijn	uiterst fijn	50-105	1
	zeer fijn	105-150	3
	matig fijn	150-210	5
grof	matig	210-420	7
	zeer grof	420-2000	9

De eerste kolom bevat de codes van de enkelvoudige klassen. De volgende kolommen met even getallen bevattende codes voor telkens twee samengevoegde enkelvoudige klassen.

Leemgehalte bij zandgronden (tweede cijfer in het cijferdeel van de legendacode) en leemgronden (enige cijfer)

naam		% <50 µm	% <2 µm	code[1]
zand	leemarm zand	0-10	<8	1
	zwak lemig zand	10-17,5		3
	sterk lemig zand	17,5-32,5		5
	zeer sterk lemig zand	32,5-50		7
leem	zandige leem	50-85	meestal >8	5
	siltige leem	85-100		6

[1] Voor zand: de eerste kolom bevat de codes van de enkelvoudige klassen. De volgende kolommen met even getallen bevattende codes voor telkens twee samengevoegde enkelvoudige klassen.

Verspreidt over het gebied komen laagtes voor met enige bodemverdichting in de laag 20-40 cm. Deze boringen zijn weergegeven op de kaart in bijlage B. De waarnemingen op deze kaart zijn indicatief: het is met alleen boren niet goed vast te stellen in welke mate een bodem verdicht is. Bovendien zijn de meeste boringen in de zomer gemaakt en kan droogte de verdichting maskeren. 'Echt' verdichtingsonderzoek vraagt een andere aanpak m.b.v. bij voorbeeld profielkuilen en penetrometingen. In april is vastgesteld dat er van de winter plassen op het land hebben gestaan en verslemping is opgetreden van de losse bovengrond in het bouwland. Dan is verdichting veelal eenvoudiger vast te stellen. In profielkuilen ten noorden van de Mens-

manweg, en ten westen van de Punthuizerweg was in augustus te zien dat de beworteling in grasland beperkt is; de bewerkte en gemengde ondergrond is niet zo bewortelbaar als dat je zou denken. Het gaat hier om relatief hele jonge gronden waarbij sprake is van disperse humus, wat makkelijk voor interne slemp zorgt bij natte omstandigheden en berijden met zware machines (zandgrond is altijd berijdbaar…). Een geconstateerde verdichting in dit gebied is vaak gerelateerd aan laag gelegen grond. Op basis van dit onderzoek zijn andere relaties of oorzaken niet aan te wijzen (bijvoorbeeld grondgebruik, te zware machines, leemlagen of het ophogen van een lage plek).

Grondgebruikers uit het gebied hebben verteld dat in het verleden sommige gronden zijn afgegraven tijdens of na de ontginning, gediepploegd of gemengwoeld. Dit is ook bekend uit uitgevoerde ruilverkavelingswerkzaamheden Denekamperveld. Veel delen zijn geëgaliseerd waarbij schraal zand naar boven is gewerkt en met deze grond zijn laagtes wat opgevuld. Hiermee is het oorspronkelijke reliëf afgevlakt. In veel van de boringen zijn ‘scherpe’ overgangen van verschillende gronden gezien en is deze vermenging geconstateerd. De laag onder de bouwvoor is veelal gemengd van samenstelling. Om die reden zijn in dit gebied de meeste podzolgronden sterk verwerkt. Dit is niet op kaart weergegeven. De reden daarvan is dat dit niet goed in vlakken op een schaal niveau van 1:10.000 is weer te geven. Een vlak moet dan minimaal 1 hectare zijn. Op korte afstand kan door de diepe bodembewerking veel variatie zijn. Het is wel opgenomen in de boorbeschrijvingen van de individuele boringen met een letter F. Er zijn kaarten van te maken op boorpunt niveau. Als het wel als grote vlakken is weer te geven is het als een als een code ***SVP*** opgenomen (Sterk Verwerkte Podzolen) weergegeven. Tenslotte zijn er ook perceelsgewijs percelen opgehoogd, zoals net ten oosten van het Omleidingskanaal (grond uit het Omleidingskanaal). Ook dit is in de boorbeschrijvingen opgenomen met en letter H.

3.2 Grondwatersituatie

De grondwatersituatie is in beeld gebracht op basis van hydromorfe kenmerken in het bodemprofiel en metingen in de boorgaten. Hydromorfe kenmerken zijn roestvlekken in het profiel. In grondwater zit ijzer opgelost, wanneer het grondwater zakt kan ijzer gaan oxideren en geeft dit roestvlekken in het bodemprofiel. De gronden zijn echter vrij arm aan ijzer, waardoor niet altijd duidelijk hydromorfe kenmerken zijn waargenomen. De metingen in de boorgaten gaven meestal meer ‘houvast’.
Daarnaast is gebruik gemaakt van grondwaterstanden in peilbuizen door die ook tijdens de kartering te meten. Hierbij is gebruik gemaakt van de peilbuizen in het onderzoeksgebied, die ons in juli bij het begin van de kartering bekend waren. Op deze wijze ontstaat inzicht in de actuele grondwaterstand in relatie tot de totale jaarlijkse fluctuatie. De peilbuizen met informatie over meerdere jaren staan niet goed verspreid over het gebied en de meeste peilbuizen staan in natuurterreinen. Tevens ontbreken goede grondwaterstandsreeksen van de drogere grondwatertrappen (VII en VIII).
Eind oktober, toen het nog opvallend droog was, is de GLG geverifieerd d.m.v. grondwaterstandsmetingen bij ongeveer 10 % van de boringen van de kartering in juli/augustus.

Tabel met gegevens van een aantal peilbuizen uit het gebied

	peilbuis	peilbuis	peilbuis	peilbuis	peilbuis	peilbuis	peilbuis
officiële naam	29C1502	29C1503	29C1504	29C1505	29CP1539	29AP0753	29AP0752
GHG	57	77	35	69	61	53	55
GLG	109	150	120	144	199	145	145
fluctuatie	52	73	85	75	138	92	90

Er komen grote delen voor met grondwatertrappen Gt VIo. Dit houdt in dat er grondwaterstanden in de winter voor komen tussen 40 en 80 cm en deze in de zomer wegzakken naar een niveau van 120-180 (zie ook de toelichtende tabel bijlage E). In de bijlage C en D zijn de kaarten van de GHG en de GLG toegevoegd. Vooral aan de noordoostkant van het gebied komen ook hogere delen voor met Gt VIId. Dit zijn de droogste delen van het gebied. Deze komen ook aan de Brandlichterweg voor en in het midden van het onderzoeksgebied. De laagste en natste delen van het gebied zijn ook duidelijk te zien. De natste grondwatertrappen IIIa en ook IIa liggen meestal in kleine laagtes en komen vooral aan de westkant van de Punthuizerweg en aan de oostkant van de Strengeveldweg voor. Andere kleine laagtes komen verspreid in het gebied voor. Bij veel regen kan het water tot net onder het maaiveld komen, in natte periodes geeft dit problemen met de draagkracht. Bij verkeerd gebruik onder te natte omstandigheden kunnen deze gronden gemakkelijk verdichten. De grondwatertrap IIIb komt in dezelfde regio over een grotere oppervlakte voor en ligt vaak rond de natste plekken met Gt IIIa en IIa. Verspreid over het gebied komt hier en daar ook een grondwatertrap Vbo voor. Dit betekent dat er een GHG tussen 25 en 40 cm –mv voor komt. Periodiek kunnen dus wel hogere grondwaterstanden optreden. In de zomer zakken de grondwaterstanden in deze natte plekken uit naar 120-180 cm –mv. Deze gronden kennen zowel draagkracht problemen in natte perioden als gevoeligheid voor droogte in droge perioden.

3.3 Landbouwkundige geschiktheid huidige situatie

3.3.1 Achtergronden bij werkwijze

De bodemopbouw en grondwatersituatie bepalen de landbouwkundige geschiktheid. De WIB-C methode is toegepast om de bodemgeschiktheid te beoordelen. Voor de veel in dit gebied voor komende droogtegevoelige zandgronden zijn in deze beoordelingssystematiek de resultaten sterk afhankelijk van het inschatten van de kritieke Z afstand (de afstand waarover er nog 2 mm vocht capillair wordt geleverd vanuit het grondwater naar de wortelzone). In deze studie zijn de parameters uit Technisch Document 19D (Ten Cate et. al. 1995) opgenomen, waarbij voor de voorkomende zwak lemige ondergronden een kritieke Z afstand van 110 cm geldt.
Daarnaast is de inschatting van de effectieve beworteling belangrijk voor het inschatten van met name de droogteschade. In deze studie zijn we er van uitgegaan dat de effectieve beworteling 80% is van de humushoudende bovengrond (A horizont), zie ook bijlage I.
Bij het bepalen van de landbouwkundige geschiktheid is dus geen rekening gehouden met de mogelijkheid om droogteschade te compenseren middels beregening. Er wordt immers in de systematiek uitgegaan van de bodemopbouw en grondwatersituatie. Agrariërs kunnen middels beregening in droge perioden het vocht te kort vanuit de bodem, compenseren, en zo verminderde opbrengst als gevolg van droogte voorkomen. Grond die als droogtegevoelig wordt gekarakteriseerd kan door boeren die veel beregenen dus anders worden ervaren dan de WIBC systematiek aangeeft. Met goed beregeningsmanagement is ongeveer 80% van de opbrengstderving door droogte te voorkomen. Echter in de normale landbouw praktijk wordt er vaak te laat te gestart met beregening.

Op een bodem- en Gtkaart wordt de ruimtelijke verspreiding van de verschillende bodemtypen aangegeven in de vorm van kaartvlakken. Een kaartvlak bestaat nooit voor 100 % uit één bodemtype en grondwatertrap combinatie. Meestal zijn er overgangen naar bodems in aangrenzende kaartvlakken of komen binnen kaartvlakken variaties voor die (al dan niet bewust) niet uitgekarteerd zijn (onzuiverheden). Bij het vervaardigen van een bodemkaart is generalisatie nodig omdat de bodemgesteldheid van plaatst tot plaats sterk kan verschillen en deze niet allemaal binnen kaartvlakken op dit schaal niveau is te onderscheiden. Een kaarteenheid is een combinatie van bodemtype en grondwatertrap (kaartvlakken) die op meerdere plaatsen op een kaart kan voorkomen. Voor het bepalen van de bodemgeschiktheid is per kaarteenheid een standaardprofiel opgesteld. Dit standaardprofiel is een representatieve weergave van de bodemopbouw binnen een kaart-

eenheid, en de daarbij behorende fluctuatie van de grondwaterstand. In het onderzoeksgebied zijn 36 kaarteenheden onderscheiden.

Om de effecten van de maatregelen op de gebruiksmogelijkheden te kunnen bepalen is gebruik gemaakt van hydrologische modelberekeningen (Tauw, 2016). De uitkomsten van dit model betreffen rasterkaarten die voor iedere cel een verandering van de GHG en de GLG voorspellen. De huidige situatie is vastgelegd op een vlakkenkaart waarbij per kaartvlak een GHG en een GLG is geschat op basis van boorbeschrijvingen. Voor de berekening van de toekomstige GxG is per kaartvlak op basis van de rasters een gemiddelde verandering van de GHG en de GLG berekend t.o.v. de huidige situatie. Gevolg van deze werkwijze is dat de veranderingen van de GxG worden uitgemiddeld per kaartvlak en variaties in verandering van de GxG binnen een kaartvlak niet tot uiting komen. De vlakkenkaart geeft echter de bodemgesteldheid weer op perceelsniveau en geeft daarmee voldoende inzicht in de effecten van de maatregelen op de geschiktheidsbeoordeling per perceel.

3.3.2 Bodemgeschikheid voor grasland/weidebouw

In de bijlage F en G is de landbouwkundige bodemgeschiktheid voor de huidige situatie, de toekomstige situatie weergegeven. Bij de bodemgeschiktheid zijn 3 hoofdklassen te onderscheiden, namelijk gronden met ruime mogelijkheden, met beperkte mogelijkheden en weinig mogelijkheden. Deze hoofdindeling wordt aangeduid met het eerste cijfer in een tweecijferige code. Het tweede cijfer geeft een verdere aanduiding naar de aard van de geschiktheid en (eventuele) beperkingen (zie ook tabel 1).

1	**Gronden met ruime mogelijkheden**
1.1	Hoge bruto-produktie; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar
1.2	Hoge bruto-produktie; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; enigszins beperkt berijdbaar
1.3	Hoge bruto-produktie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar
1.4	Hoge bruto-produktie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; enigszins beperkt berijdbaar
2	**Gronden met beperkte mogelijkheden**
2.1	Hoge bruto-produktie; matige beweidingsverliezen; beperkt berijdbaar
2.2	Matige bruto-produktie in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar
2.3	Matige bruto-produktie in droge jaren; matige beweidingsverliezen in natte jaren; beperkt berijdbaar
3	
3.1	**Gronden met weinig mogelijkheden**
3.2	Matige of hoge bruto-produktie; grote beweidingsverliezen; zeer beperkt berijdbaar
	Lage of matige bruto-produktie; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar

Tabel 1: Indeling bodemgeschiktheidsklassen voor weidebouw/grasland

In de huidige situatie vallen de droogste delen van het gebied in een klasse 3.2 voor grasland (lage of matige bruto grasproductie weinig beweidingsverliezen, goed berijdbaar). In de iets lagere delen van het gebied kan langer worden geprofiteerd van capillaire opstijging waardoor deze gronden in een betere categorie vallen, te weten 2.2. Deze gronden zijn iets minder droogtegevoelig en komen het meeste voor in het gebied. Vooral in drogere perioden of droge jaren treden hier opbrengstdervingen op als gevolg van droogte.

Plaatselijk, bijvoorbeeld op de esgronden komt 1.3 voor (hoge bruto productie, behalve in droge jaren, weinig beweidingsverliezen, goed berijdbaar). De 'top-graslanden in categorie 1.1. liggen eveneens verspreidt over het gebied.
In de huidige situatie komen in de lage delen van het landschap, en in lemige beekeerdgronden, draagkracht problemen voor. Deze gronden vallen in categorieën 1.2, 2.1 en 3.1.

3.3.3 Bodemgeschikheid voor akkerbouw (maïsteelt)

De bodemgeschiktheidsklassen voor **akkerbouw** (of maïsteelt) lijken op die voor weidebouw. In de gronden met ruime mogelijkheden is onderscheid gemaakt tussen gronden in een kleivruchtwisseling en in een zandvruchtwisseling, zie tabel 2. Op zandgronden worden gewoonlijk zomergranen, aardappelen, suikerbieten en maïs verbouwd. In de huidige situatie vallen de droogste delen van het gebied in een klasse 3.2 (zeer groot teeltrisico; groot vochttekort). De meeste droogtegevoelige gronden vallen in categorie 2.3 (vrij groot teeltrisico, vocht tekort), dit is de categorie met de grootste oppervlakte.
In de iets lagere delen (veelal grondwatertrappen VIo) van het gebied kan langer worden geprofiteerd van capillaire opstijging waardoor deze gronden in een betere categorie vallen, te weten 1.4 (matig tot hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele beperkt berijdbaar; goed bewerkbaar). De gronden met klasse 1.4 zijn minder droogtegevoelig en komen qua oppervlakte in veel mindere mate voor als categorie 2.3.
In de huidige situatie komen in de lage delen van het landschap, op de locatie van de beekeerdgronden, beperkingen met berijdbaarheid voor. Deze gronden vallen in categorieën 2.1 en 3.1 en liggen hoofdzakelijk tussen de Punthuizerweg en het Omleidingskanaal en aan de oostkant van de Strengeveldweg.

Tabel D-32 Bodemgeschiktheidsklassen voor akkerbouw

1	**Gronden met ruime mogelijkheden**
1.1	Kleivruchtwisseling; hoog opbrengstniveau; weinig teeltrisico; goed berijdbaar en bewerkbaar
1.2	Kleivruchtwisseling; matig tot hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele beperkt berijdbaar en bewerkbaar
1.3	Zandvruchtwisseling; hoog opbrengstniveau; weinig teeltrisico; goed berijdbaar en bewerkbaar
1.4	Zandvruchtwisseling; matig tot hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele beperkt berijdbaar; goed bewerkbaar
2	**Gronden met beperkte mogelijkheden**
2.1	Vrij groot teeltrisico; veelal beperkt berijdbaar
2.2	Vrij groot teeltrisico; beperkt bewerkbaar
2.3	Vrij groot teeltrisico; vochttekort
3	**Gronden met weinig mogelijkheden**
3.1	Zeer groot teeltrisico; zeer beperkt bewerkbaar of berijdbaar
3.2	Zeer groot teeltrisico; groot vochttekort
3.3	Zeer groot teeltrisico; overstromingsgevaar

Tabel 2 Indeling bodemgeschiktheidsklassen voor akkerbouw

3.4 Landbouwkundige geschiktheid toekomstige situatie

De effecten van de hydrologische aanpassingen op de bodemgeschiktheid zijn weergegeven in de bijlagen voor grasland. De effecten van de maatregelen zorgen er in het algemeen voor dat de bodemgeschiktheid

toeneemt voor kleine delen van het gebied doordat het vochtleverend vermogen verbetert. Met name de hoger gelegen gronden worden minder droogtegevoelig. Echter op kleine en lage, wat nattere delen neemt de draagkracht af en daarmee ook de mogelijkheden voor grasland. Veel delen die in de huidige situatie vrij optimaal zijn in categorieën 1.1 of 1.2, verschuiven naar categorieën met meer draagkracht problemen (2.1 en 3.1).

Voor akkerbouw door de maatregelen op de lage delen al gauw meer draagkrachtproblemen en neemt de bodemgeschikheid af (van klasse 1.4 of 2.1 naar 3.1). Door de maatregelen valt op dat de droogtegevoeligheid voor een aantal gebiedsdelen afneemt en geschiktheid voor akkerbouw toeneemt (van 2.3 naar 1.4, of van 3.2 naar 2.3).

3.5 Effecten op nat- en droogteschade

De nat- en droogteschade zijn beoordeeld met HELP tabellen voor grasland (zonder herinzaaikosten) en voor maïsland en berekend met het waternood-instrumentarium (ref. 4). Dit is gedaan voor de huidige situatie en het scenario met ingrepen. Feitelijk is het een vergelijkbare benaderingswijze als de voorgaande beoordeling van de bodemgeschiktheidsbeoordeling. De HELP systematiek berekent echter de productiederving ten opzichte van optimale omstandigheden. In optimale omstandigheden, veelal geconditioneerd (bijv. drainage, grondwaterstandsbeheersing en beregening), is er geen/nauwelijks opbrengstderving als gevolg van droge of natte omstandigheden.

De resultaten van de huidige situatie grasland gebruik zijn opgenomen op kaart in bijlage H. Het blijkt dat er in de huidige situatie over het algemeen schade optreedt door droogte. Er treden opbrengstreducties op van 10-30% als gevolg van droogte. Dit houdt in dat er grofweg 1 tot soms 2 snedes gras minder groeit ten opzichte van een goed gedraineerde en vochtleverende bodem. Dit geldt voor grofweg 2/3 deel van het gebied.
Alleen in de laagste delen van het gebied, in het Strengenveld en ten westen van de Punthuizerweg op de laagste beekeerdgronden is sprake van opbrengstreductie als gevolg van hoge grondwaterstanden en een beperking van de draagkracht. Bij de meeste delen is de opbrengstreductie als gevolg van hoge grondwaterstanden 10-20% en voor enkele zeer kleine vlakken 20-30%.

Voor maïsland is de huidige situatie weergegeven in bijlage H. Duidelijk is te zien dat maïs minder droogtegevoelig is en meer gevoelig is voor hoge grondwaterstanden. In de lage delen aan de westkant van het gebied komen delen voor met natschade hoger dan 10% of zelfs hoger dan 20% tot 30%. De meeste droogteschade in maïs komt alleen op de hoogste gronden voor (20-30%), grofweg in 20% van het gebied.

Als gevolg van de vernattingsmaatregelen neemt de droogteschade voor grasland af met 1-7%, voor de droogtegevoelige gronden in het gebied. Op enkele hoge kopjes neemt de droogteschade nog iets meer af. Voor maïsland zien we dezelfde trends in afname van droogteschade als gevolg van de maatregelen.

Als gevolg van vernattingsmaatregelen neemt de natschade voor grasland in de laagste delen toe variërend tussen 1 en 25%. Met name ten westen van de Punthuizerweg neemt de natschade toe tussen 1 en 5%. Voor de delen ten noorden van Stroothuizen en in het Strengenveld zijn toenames van 15 tot 25% te verwachten.
Voor maïsland zijn de patronen vergelijkbaar. De natschade is echter groter, aangezien maïs slechter tegen hoge grondwaterstanden kan. De schade varieert tussen 5 en 35% voor de maatregelen.

3.6 Compenserende maatregelen

In een aantal gebieden neemt de natschade fors toe als gevolg van de maatregelen, ten opzichte van de huidige situatie. Deze toename in natschade kan (gedeeltelijk) beperkt worden door compenserende maatregelen als ondiepe nauwe drainage, begreppeling en/of ophoging van deze nattere gebieden. Uitgaande van de uitgangspunten van N2000, mogen deze compenserende maatregelen geen negatief effect hebben op natuur.
Dergelijke detailontwatering vraagt lokaal maatwerk. Compenserende maatregelen waar aan gedacht moet worden zijn:

- Begreppeling
- Ondiep en/of nauwe drainage
- Ophogen van percelen
- Alternatieve indeling van percelen

In bijlage J is voor een 12-tal locaties een globale beschrijving opgenomen hoe vernattende effecten kunnen worden gemitigeerd. Betreffende de 12 locaties is vooral ophogen een veel voorkomende maatregel. Deze maatregel staat hieronder uitvoerig beschreven. Hieruit valt af te leiden dat ophogen vakmanschap vraagt en gebruik van geschikt zand. Wat geschikt zand is, staat hieronder beschreven. Geschikt zand in de ondergrond is zeker in het gebied aanwezig. Met behulp van de bodemkaart zijn de locaties waar geschikt zand aanwezig is te traceren. We bevelen daarbij altijd aan om ook de individuele boorbeschrijvingen te gebruiken. De legenda eenheden eindigend op de cijfers 53, staande voor matig fijn, zwak lemig zand geven de locaties aan waar dit te vinden is. Dit zijn vooral de hoger gelegen gedeeltes in het midden en het oosten van het gebied. Daar waar de beekeerd en gooreerdgronden voor komen, is het zand veelal niet geschikt. Gezien het oppervlak van geschikte grond in de omgeving wordt verwacht dat binnen de gebiedsgrenzen voldoende geschikt zand aanwezig is voor ophogen. Dit vraagt uiteraard wel meewerking van eigenaren van desbetreffende gronden.

In de onderstaande tabel zijn bedragen opgenomen van diverse werkzaamheden die bij de beschreven maatregelen voor komen. De bedragen zijn indicatief, en zeer afhankelijk van de exacte uitvoering. Als voorbeeld, indien er transport over een langere afstand moet plaatsvinden, dan lopen de kosten van ophogen sterk op. Ze zijn gebaseerd op expert knowledge, KWIN normen, Standaard Eenheidsprijzen (SEP normen) en Gww kosten.

Maatregel	Deel werkzaamheden	Eenheid	Prijzen (€)
Ophogen	Bouwvoor afzetten (>25 cm)	m³	1
	Ontgraven grond	m³	0,75
	Vervoeren grond in terrein (200-5000 m)	m³	0,70-6
	Schuiven van ondergrond (30-120 m)	m³	0,70-1,70
	Ophogen in terrein (0-50 cm)	m³	0,5-0,70
	Bouwvoor terugzetten	m³	1
Egaliseren	Lichte egalisatie (250m3/ha)	ha	600
	Middelzware egalisatie	ha	1220
	Zware egalisatie (2000m3/ha)	ha	2980
Begreppelen	Greppel frezen (grond op kant zetten)	m	0,75
Grasland opnieuw inzaaien	Doodspuiten, bekalken, frezen, ploegen, inzaaien)	ha	700-1180
Drainage	Aanleg buisdrainage, sleufloos	m	0,90-1,25
	Aanleg buisdrainage, kettinggraver	m	1-1,35
	Meerprijs voor peilgestuurd	ha	1000
Opheffen storende lagen	Woelen	ha	290
	Spitten met de kraan	ha	1000-3000

Tabel 3: Overzicht van kosten van maatregelen

Het uitvoeren van de maatregelen zal ook praktische effecten hebben. We adviseren om maatregelen uit te voeren onder droge omstandigheden. Wanneer onder natte omstandigheden bodemverbeterende maatregelen worden uitgevoerd, bestaat een groot risico op het verspoelen of verdichten van gronddeeltjes. Het gevolg is dat de bodem verdicht en er langdurig effect in de toekomst is te merken in het gebruik. De kans bestaat dus dat maatregelen uitgevoerd worden tijdens het groeiseizoen. Hierdoor kan ook een opbrengstderving op gaan treden, als gevolg van het missen van snedes gras. In het geval van maïsteelt en uitvoering van maatregelen in het groeiseizoen, zal er geen maïs geteeld kunnen worden dat seizoen. De maatregelen zullen ook effect hebben op de omliggende grond, bijvoorbeeld vanwege transport naar een laagte van grond over de naast liggende grond.

Hieronder worden een aantal compenserende maatregelen uitgebreider beschreven.

Begreppeling kan zorgen voor een oppervlakkige afwatering, waardoor plasvorming en kans op verdichting wordt voorkomen (er is nu al sprake van verdichting in de laagtes). Bij begreppeling moet rekening worden gehouden met de werkbreedte van de verschillende machines om overlap en extra bewerkingskosten zoveel mogelijk te beperken. Aangezien de gronden vrij goed doorlatend zijn kan gewerkt worden met een grotere greppel afstand van 20 tot 30 meter, deze akkerbreedte is in de landbouw heel gangbaar. Deze afstand is gangbaar voor goed doorlatende bovengronden in combinatie met de huidige landbouwkundige eisen (machine breedtes).
Een alternatief is ***ondiepe nauwe drainage***. Deze moet dusdanig worden aangelegd dat die vooral invloed heeft op het voorkomen of beperken van de hoogste grondwaterstanden. De drains moeten aangelegd worden op een minimale diepte van 60 cm. Dit is in de praktijk de beste diepte om te voorkomen dat bij diepe grondbewerkingen de drains worden geraakt (bijvoorbeeld bij woelen). Aangezien drains vlak worden gelegd liggen ze in net wat lagere delen al gauw ondieper dan 50 cm. Dit vraagt dus ook een iets diepere slootdiepte dan 60 cm. Het voordeel van ondiepe nauwe drainage is dat deze geen water afvoeren wanneer grondwaterstanden dieper wegzakken dan draindiepte, en dus geen of beperkte effect hebben op de GLG. Wanneer deze ondiepe drainage lokaal wel invloed heeft op PAS-maatregelen, dan zullen andere rigoureuze ingrepen nodig zijn, bijvoorbeeld ophogen. Specifiek per situatie moet berekend worden wat de effecten zijn van ondiepe nauwe drainage.

Het ***ophogen*** van de laagste natte delen zou eventueel ook kunnen worden uitgevoerd. Bij het ophogen van gronden spelen de volgende aspecten een belangrijke rol:

1. De samenstelling en geschiktheid van de ophooggrond (percentage humus en leem en de grofheid van het zand).
2. De samenstelling en bodemopbouw van de op te hogen percelen (wat is de bodemopbouw, zijn er storende lagen, etc.).
3. Het grondwaterregime en de drooglegging van de op te hogen percelen (werken in droge grond).
4. Uitvoeringswijze van ophogen (kerend ploegen, spitten met kraan, etc.).

De kernboodschap is dat geschikte grond moet worden toegepast én dat er bodemverbeteringswerkzaamheden moeten worden uitgevoerd eventueel in combinatie met drainage om herverdichting op natte plekken te voorkomen.

Klakkeloos zwarte bovengrond van elders in laagtes aanbrengen geeft grote risico's op herverdichting van de ondergrond en het ontstaan van verdichte lagen. Door de relatief hoge grondwaterstanden en na ophoging een dikke humushoudende vochtvasthoudende bovengrond kan de opgebrachte grond, of verlaten bouwvoor makkelijk herverdichten. Na verloop van tijd gaat dan weer plasvorming optreden en kan water niet door de bodem wegzakken. De ervaringen met ophogen in dit gebied zijn niet positief. In bijlage J, zijn ook diverse locaties beschreven welke al verkeerd zijn opgehoogd, en waar water op deze lagen stagneert. Deze lagen moeten doorbroken worden middels spitten met de kraan.

Figuur 5: Recent opgehoogde laagte met humus rijk, zwaklemig zand. Van boven lijkt hier nog niets aan de hand (drooglegging circa 125 cm)

Figuur 6: Profielkuil in dezelfde opgevulde laagte. Water treedt uit op een diepte van circa 30 cm. Hier is al sprake van herverdichting. Bouwvoor "zweet" van overtollig water wat niet kan wegzakken door verdichte ondergrond (en oude) bouwvoor.

De bruikbaarheid van vrijkomende grond om andere grond mee op te hogen (ophooggrond) neemt af met toenemend organisch stofgehalte en leemgehalte. Voor wat betreft de zandfractie is het zo dat de risico's van ophogen toenemen naarmate het zand fijner is. Daarnaast is het risico op herverdichting groter naarmate er hogere grondwaterstanden zijn ter plaatse van het op te hogen perceel, aangezien de waterbewegingen in de grond de fijne humus en leemdeeltjes doen verplaatsen in de grond. Disperse humus, interne slemp!

De bruikbaarheid dan wel de risico's van het toepassen van ophooggrond is als volgt geformuleerd:

- tot matig humusarm (< 2,5% organische stof);
- leemarm/zwaklemig (< 17,5% leem);
- matig fijn zand (> 150 µm).

We bevelen aan om humushoudende bovengrond vooral toe te passen op droogtegevoelige hogere zandgronden. Op deze wijze maak je esgronden.

Tenslotte kan overwogen worden om de percelen anders in te delen, ***een alternatieve perceelsindeling of een kleine 'herverkaveling' van percelen***. Door de lagere delen apart te bewerken van de hogere delen, hoeft niet gewacht te worden op de natste laagste delen van een perceel.

Droogtegevoeligheid bestrijden kan op verschillende wijzen. In principe wordt verwacht dat het gebied vernat is en is het bestrijden van verdroging geen mitigerende maatregel. Echter aangezien droogtegevoeligheid voor het overgrote gedeelte van het gebied wel een issue is, reiken we enkele maatregelen aan op welke wijze droogte verkleind kan worden:

- Inzetten van gewassen/grassen die dieper wortelen, zoals rietzwenkgras of Timothee

- Bewortelingsdiepte stimuleren
- Organisch stofgehalte verhogen
- Water vasthouden

4 SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN

4.1 Samenvatting bodemgesteldheid, effecten maatregelen op landbouw en compenserende maatregelen

Doel van dit onderzoek is een gedetailleerd beeld te geven van de huidige en toekomstige bodemgeschiktheid voor grasland en akkerbouw in het gehele hydrologische invloedsgebied rondom Punthuizen/Stroothuizen. De beantwoording van het doel is als samenvatting hieronder beschreven.

De huidige bodemopbouw en grondwatersituatie is in het veld gedetailleerd in kaart gebracht. Een voordeel hiervan ten opzichte van modelleren is dat op perceelsniveau effecten inzichtelijk gemaakt kunnen worden. Daarnaast zijn alle bodemlagen en eigenschappen gedetailleerd in kaart gebracht. Met name minder goed doorlatende lagen hoog in het bodemprofiel bepalen in sterke mate de bodemgeschiktheid en zijn in beeld. Agrariërs herkennen zich in de bodem- en grondwaterkaarten, en dit geeft een goede basis voor de individuele gesprekken. De gesprekken kunnen worden gevoerd op basis van feitelijke kaarten, in plaats van dat de gesprekken worden gevoerd op basis van emoties of angst voor vernatting.
In de huidige situatie is de bodemgeschiktheid van het gebied rondom Punthuizen/Stroothuizen als volgt te karakteriseren. Het gebied wordt gedomineerd door zandige droogtegevoelige veldpodzolen. In de lagere nattere delen aan de westkant van de Punthuizerweg komen meer lemige gronden voor, zogenaamde beekeerdgronden, en in het Strengenveld en met een uitloper naar het noorden toe. Als overgangsvorm tussen deze gronden worden vaak nog gooreerdgronden aangetroffen. Aan de noordkant en zuidkant van het gebied komen verder nog enkele kleine escomplexen voor.
De grondwatersituatie komt op grote lijnen overeen met de bovenbeschreven gronden. De droogste delen met grondwatertrappen VIId komen in het midden van het onderzoeksgebied voor en aan de Brandlichterweg. Een groot deel van het gebied wordt gedomineerd door grondwatertrappen VIo. Aan de westkant van de Punthuizerweg en in het Strengenveld komen de nattere grondwatertrappen voor (Gt IIa, IIIa en IIIb).
Veel gronden (grofweg 2/3) in het gebied worden gekenmerkt door droogtegevoeligheid waardoor opbrengstdervingen optreden in verschillende mate. De lagere nattere delen worden gekenmerkt door gronden met beperkingen van de draagkracht. Het verschil tussen maïs en grasland is dat maïs minder droogtegevoelig is, en de droogtegevoelige gronden meer mogelijkheden bieden voor maïs dan gras. In de nattere delen van het gebied is dit juist omgekeerd. Dat zijn de gronden met weinig mogelijkheden voor maïs, en zij zijn veelal geschikter voor grasland. Echter draagkracht blijft ook voor grasland een beperkende factor.

Als gevolg van de vernattingsmaatregelen neemt de droogtegevoeligheid van de hoge delen van het gebied af in het scenario korte termijn. Hiermee neemt de bodemgeschiktheid voor grasland en maïsland toe op deze gronden. Echter in lagere delen van het gebied neemt de bodemgeschiktheid af als gevolg van een toename van problemen met de draagkracht.

Het gebied is vooral gevoelig voor droogte. Er treden opbrengstreducties op van 10-30% als gevolg van droogte. Dit geldt voor grofweg 2/3 deel van het gebied. Agrariërs ervaren dit niet altijd als een probleem, wanneer ze veel gebruik maken van beregening. Met beregening kunnen ze opbrengstreducties als gevolg van droogte verminderen.
Alleen in de laagste delen van het gebied, in het Strengenveld en ten westen van de Punthuizerweg op de laagste beekeerdgronden is sprake van opbrengstreductie als gevolg van hoge grondwaterstanden en een beperking van de draagkracht. Bij de meeste delen is de opbrengstreductie als gevolg van hoge grondwaterstanden 10-20% en voor enkele zeer kleine vlakken 20-30%.
Duidelijk is te zien dat maïs minder droogtegevoelig is en meer gevoelig is voor hoge grondwaterstanden. In de lage delen aan de westkant van het gebied komen delen voor met natschade hoger dan 10% of zelfs

hoger dan 20% tot 30%. De meeste droogteschade in maïs komt alleen op de hoogste gronden voor (20-30%), grofweg in 20% van het gebied.

Als gevolg van de vernattingsmaatregelen neemt de droogteschade voor grasland af met 1-7%, voor de droogtegevoelige gronden in het gebied. Op enkele hoge kopjes neemt de droogteschade nog iets meer af. Voor maïsland zien we dezelfde trends in afname van droogteschade.

Als gevolg van vernattingsmaatregelen neemt de natschade voor grasland in de laagste delen toe variërend tussen 1 en 25%. Met name ten westen van de Punthuizerweg neemt de natschade toe tussen 1 en 5%. Voor de delen ten noorden van Stroothuizen en in het Strengenveld zijn toenames van 15 tot 25% te verwachten. In het grondwatermodel is het opheffen, of in standhouden van bestaande drainage meegenomen. Dit zit dus verwerkt in de toename van de natschade.
Voor maïsland zijn de patronen vergelijkbaar. De natschade is echter groter, aangezien maïs slechter tegen hoge grondwaterstanden kan. De schade varieert tussen 5 en 35%.

Verspreidt over het gebied is ook bodemverdichting waargenomen, met name in de lage kwetsbare gronden.

Voor 12 locaties zijn mitigerende maatregelen beschreven om vernatting op te vangen. Veelal betreft dit het ophogen van plekken in percelen. Dit moet gebeuren met geschikt zand. Aan de hand van de bodemkaart is aan te geven waar het geschikte zand in de ondergrond aanwezig is. Dit is met name in de hogere delen van het gebied (midden en oosten) van het gebied te vinden (bodemcodes eindigend op 53).
Het ophogen van natschade locaties is maatwerk, en vraagt vakmanschap in de uitvoering. In enkele gevallen zijn dit soort plekken reeds opgehoogd met verkeerd zand, en zijn deze ophoog lagen als storende lagen gaan werken. Die moeten eerst opgeheven worden voordat er verder opgehoogd wordt. In paragraaf 3.6 is een tabel opgenomen met richtinggevende tarieven voor de uit te voeren maatregelen. De kosten per locatie zullen afhangen van de exacte uitvoering, en is maatwerk, en vallen daarmee niet binnen deze opdracht.
Mitigerende maatregelen mogen niet tegenstrijdig zijn met de vernattingsmaatregelen. Om deze reden zijn veelal geen drainage maatregelen geadviseerd voor de 12 locaties waar mitigerende maatregelen zijn uitgewerkt.

4.2 Aanbevelingen

De grondwatersituatie is een (veld)inschatting. Het veldwerk is in kort tijdbestek uitgevoerd in het voorjaar en in de zomer van 2016, en het voorjaar van 2017. Om de schattingen te verifiëren is in oktober een gerichte opname gedaan tijdens een GLG moment. Op basis van peilbuizen buiten het gebied is een inschatting gemaakt dat de GHG en GLG grofweg 1 meter uit elkaar liggen. Uit de gebruikte peilbuizen (binnen en buiten het gebied en vaak in natuur) blijkt ook een grote variatie 60 tot 110 cm. Vrijwel alle peilbuizen staan buiten het onderzoeksgebied, waarvan de meesten ook nog eens in natuurterreinen. Met name in de drogere grondwatertrappen ontbreken peilbuizen. We bevelen aan om peilbuizen bij te plaatsen om de fluctuaties van de grondwaterstanden te monitoren, zodat een nog beter inzicht ontstaat in de huidige situatie, en ook naar de toekomst toe effecten van vernattingsmaatregelen gemonitord kunnen worden.
We willen ook aanbevelen om vooral peilbuizen te plaatsen op locaties waar sterke vernatting (toename van forse natschades) wordt berekend en nu als sprake is van hoge GHG niveau's. De mate van schade is juist zeer gevoelig voor kleine stijgingen van de GHG met name waar de GHG standen nu hoog zijn ingeschat met de bodem en Gt kartering. Als voorbeeld, bij een gekarteerde GHG van 15 cm of een gekarteerde GHG van 10 cm neemt met een grondwaterstandsstijging van 5 cm de schade respectievelijk toe met 7 en 11%.
Naast peilbuizen kan dit ook met gerichte opnames tijdens natte periodes (GHG momenten) in de nattere delen van het gebied, zoals hierboven beschreven.

De landbouwkundige geschiktheid wordt bepaald door de bodemopbouw en de grondwatersituatie. In het veld hebben we ook grote variatie waargenomen in grassensamenstelling. Dit is veelal afhankelijk van ouderdom van de grasmat en management van de boer. Een ander aspect wat agrariërs zullen meewegen in de geschiktheid van een perceel is de bemestingstoestand. Er mag vanuit gegaan worden dat een goed handelende boer de bemestingstoestand van zijn grond op orde heeft. Echter er zijn ook gronden die al langer niet in eigendom zijn (bijvoorbeeld BBL gronden). In het veld is waargenomen dat deze percelen een matig grassenbestand kennen. Er groeit ook mos in de zode, wat een indicatie is dat de pH niet op orde is. Bij het vaststellen van de geschiktheidsbeoordeling is geen rekening gehouden met het beheer van de percelen en zijn eventueel aanvullende maatregelen, zoals bekalking, correctie van de bemestingstoestand of grasland verbetering om percelen, met een vergelijkbare geschiktheidsbeoordeling, in gelijke hoedanigheid te verkrijgen.

De beschrijven mitigerende maatregelen zijn op hoofdlijnen uitgewerkt. We bevelen aan dit verder aan de keukentafel en in het veld in detail uit te werken in overleg met de gebruikers en een uitvoerende partij. In de uitwerking van maatregelen op perceelsniveau ligt er middels deze bodem- en grondwaterkartering een schat aan informatie die ten nutte gebracht kan worden met concretisering en uitvoering van compenserende maatregelen.

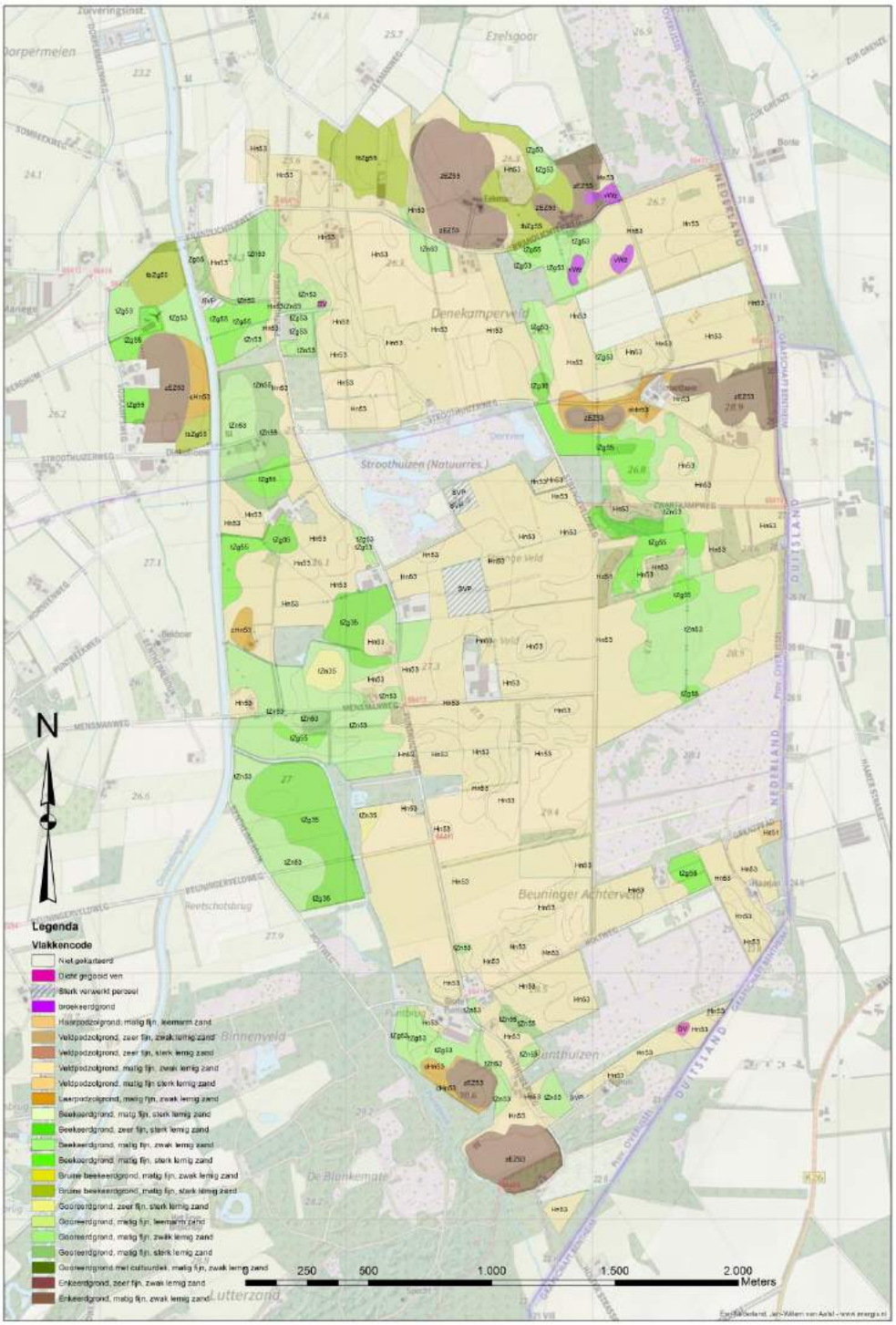
5 REFERENTIES

1. Bakker, H. de en J. Schelling, Systeem voor bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus, DLO Staring Centrum, Wageningen, 1989
2. Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, Technisch Document 19A 'Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften', deel A 'Bodem', DLO Staring Centrum, Wageningen, 1995.
3. Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, Technisch Document 19D 'Handleiding bodemgeografische onderzoek; richtlijnen en voorschriften', deel D 'Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van bodemgebruik', DLO Staring Centrum, Wageningen, 1995.
4. http://www.stowa.nl/publicaties/publicaties/gebruikershandleiding_en_programmatuur_waternood_2007

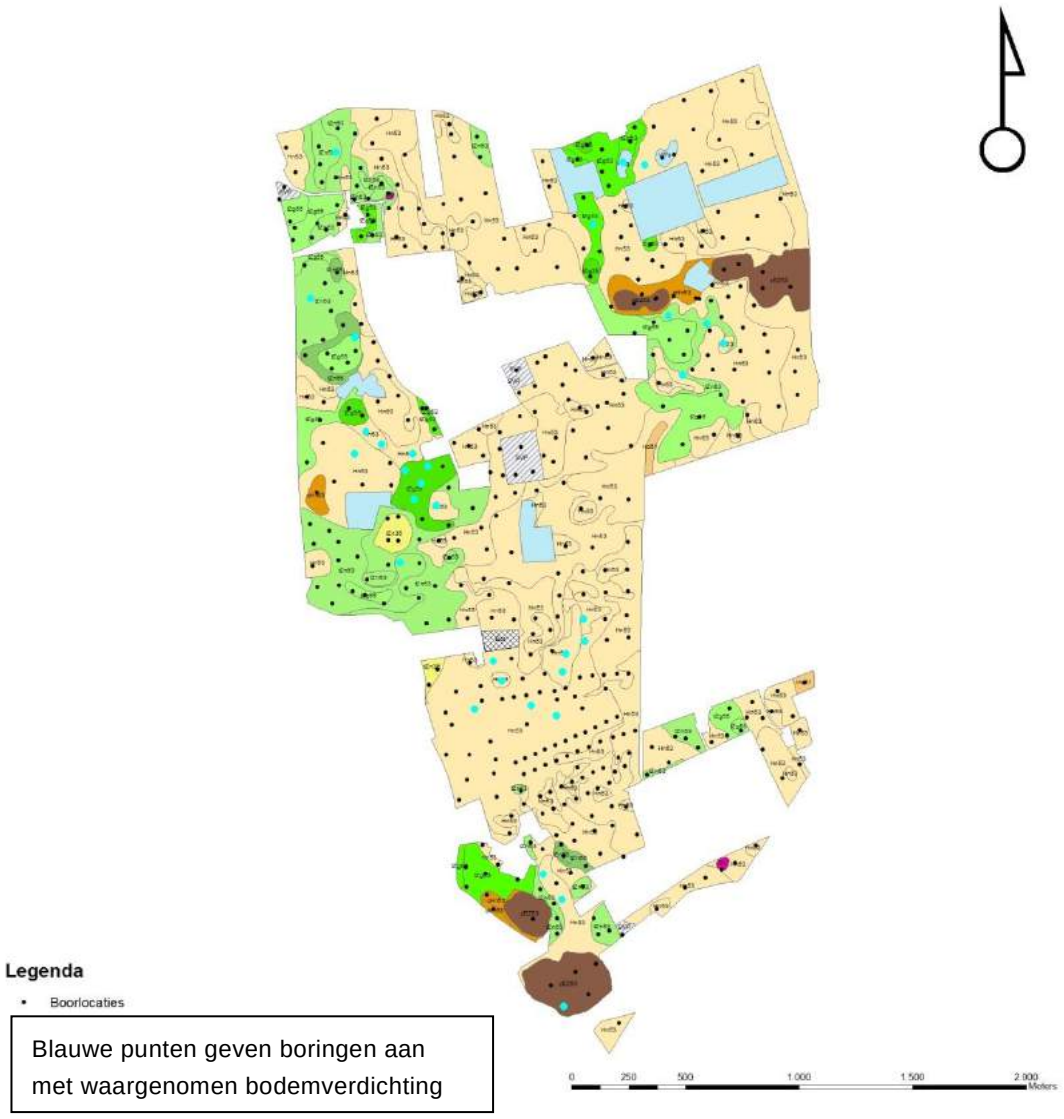
6 BIJLAGEN

Bijlage A: Bodemkaart
Bijlage B: Bodemverdichting en stagnerende lagen
Bijlage C: GHG Huidige situatie
Bijlage D: GLG Huidige situatie
Bijlage E: Indeling grondwatertrappen
Bijlage F: Grondgebruiksmogelijkheden huidige situatie
Bijlage G: Effecten op grondgebruiksmogelijkheden korte termijn
Bijlage H: Opbrengstreducties huidige situatie en korte termijn ten opzichte van optimale omstandigheden (HELP berekeningen) voor grasland en bouwland
Bijlage I: Kaart van effectieve beworteling
Bijlage J: Beschrijving van 2x12 locaties met compenserende maatregelen en controle locaties na gesprekken

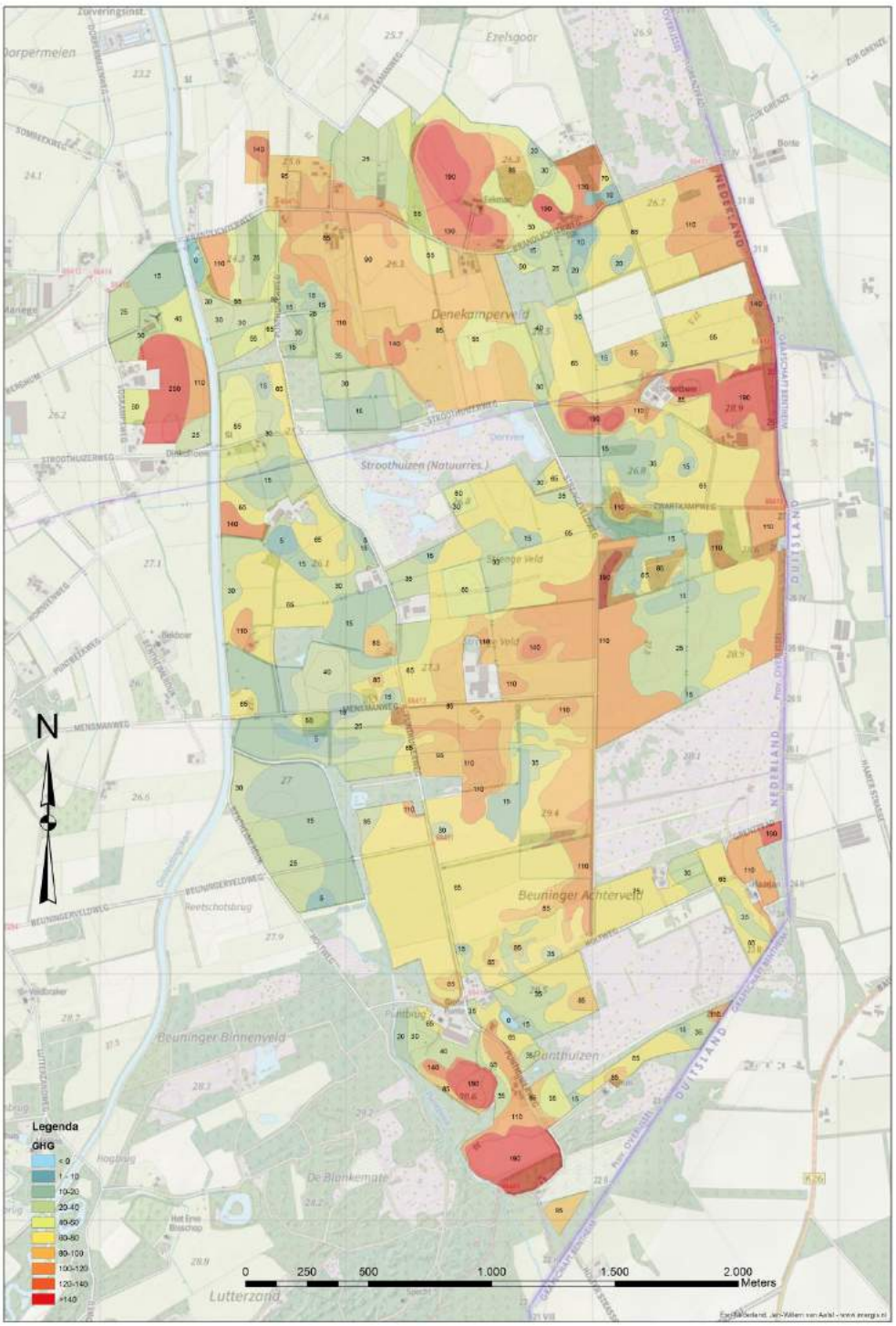
Bijlage A: Bodemkaart



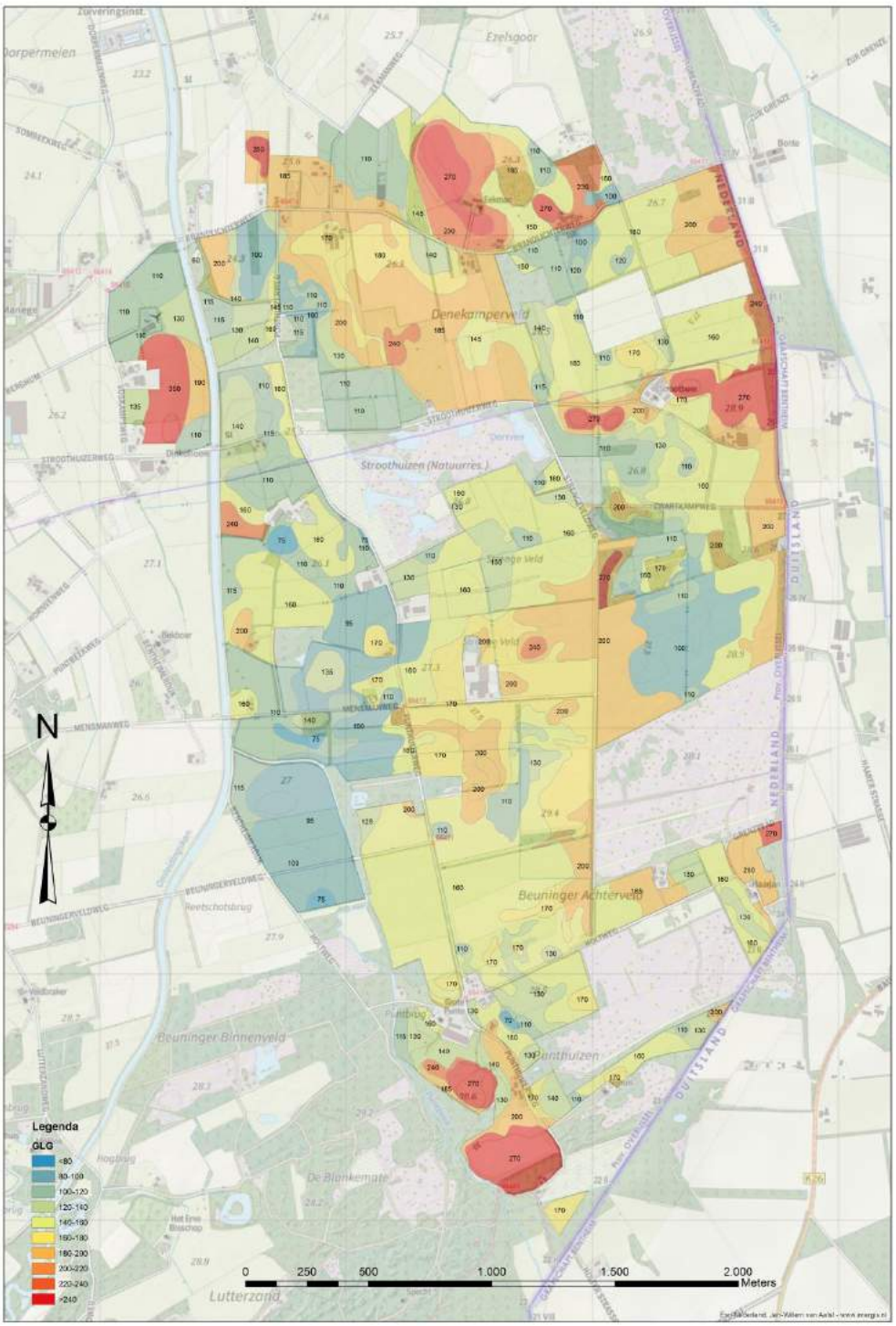
Bijlage B: Bodemverdichting en stagnerende lagen



Bijlage C: GHG Huidige situatie



Bijlage D: GLG Huidige situatie



Bijlage E: Indeling grondwatertrappen

Tabel A-23 Overzicht grondwatertrappenindeling voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, aangevuld met kwantitatieve en kwalitatieve toevoegingen

Grondwatertrap			GHG (gemiddelde winter-grondwaterstand) (cm - mv.)	GLG (gemiddelde zomergrondwaterstand) (cm - mv.)	Kwalitatieve toevoegingen sedert 1988
code 1966	code 1977	code 1988			
I	I	I	-(0-20)[1]	<50	w
II	II	II	-(0-30)[1]	50- 80	b, w
	II*	IIb	25-40	50- 80	
		IIc	>40	50- 80	
III	III	III	<40	80-120	b, w
	III*	IIIb	25-40	80-120	
IV	IV	IV	40-80	80-120	b
		IVc	>80	80-120	
V	V	V	<40	>120	b, s, w
	V*	Vb	25-40	>120	s
VI	VI	VI	40-80	>120	b, s
VII	VII	VII	80-140	>120	b, s
	VII*	VIII	>140	>120 (<160)	

[1] (...) meest voorkomende waarden binnen een groter GHG- of GLG-traject.

Verklaring
Kwantitatieve toevoegingen:
...b =GHG tussen 25 en 40 cm - mv.
...c =GHG en GLG komen nagenoeg op gelijke diepte voor

Kwalitatieve toevoegingen:
b... =buiten de hoofdwaterkering gelegen gronden; periodiek overstroomd
s... =schijnspiegels; bij gronden met een fluctuatie (GLG-GHG) van meer dan 120 cm
w... =water boven maaiveld; aaneengesloten, langer dan 1 maand, 's winters; binnen hoofdwaterkering

TabelA-12 Codes grondwatertrappen

Grond-watertrap	Gemiddeld hoo-ste wintergrond-waterstand (GHG) in cm - mv.	Gemiddeld laagste zomergrond-waterstand (GLG) in cm - mv.	Kwalitatieve toe-voegingen	Toepassing van de Gt-code bij boor-diepte[1]	
				120 cm	180 cm
Ia	<25	<50	w	x	x
Ic	>25	<50		x	x
IIa	<25	50-80	b, w	x	x
IIb	25-40	50-80		x	x
IIc	>40	50-80		x	x
IIIa	<25	80-120	b, w	x	x
IIIb	25-40	80-120		x	x
IVu	40-80	80-120	b	x	x
IVc	>80	80-120		x	x
Va	<25	>120	b, s, w	x	-
Vao	<25	120-180	b, s, w	f	x
Vad	<25	>180	b, s, w	f	x
Vb	25-40	>120	s	x	-
Vbo	25-40	120-180		f	x
Vbd	25-40	>180	s	f	x
VI	40-80	>120	b, s	x	-
VIo	40-80	120-180	b	f	x
VId	40-80	>180	b, s	f	x
VII	80-140	>120	b, s	x	-
VIIo	80-140	120-180	b	f	x
VIId	80-140	>180	b, s	f	x
VIII	>140	(>160)	b	x	-
VIIIo	>140	120-180	b	f	x
VIIId	>140	>180	b	f	x

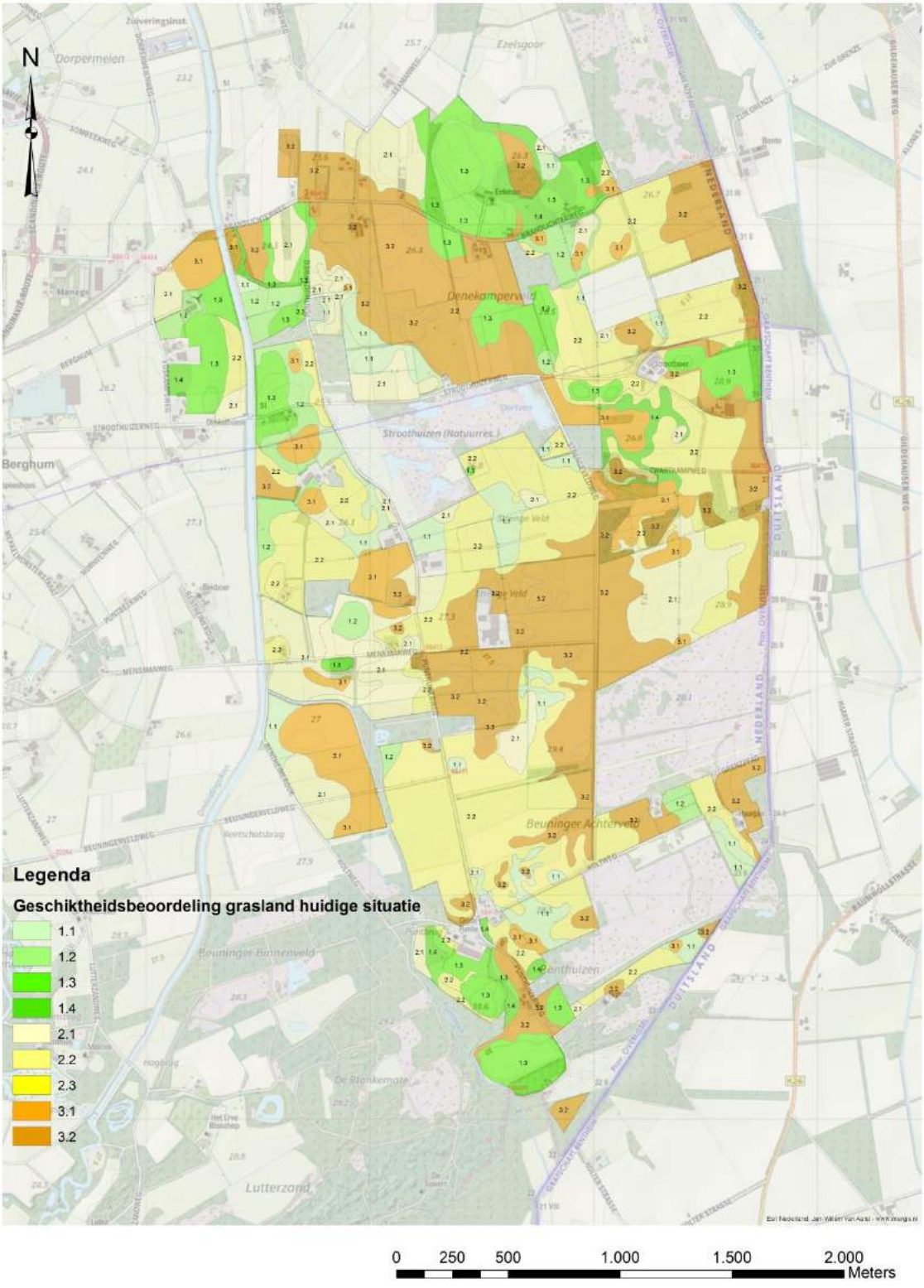
[1] De boordiepte is de diepte van de boring voor de schatting van de GLG.

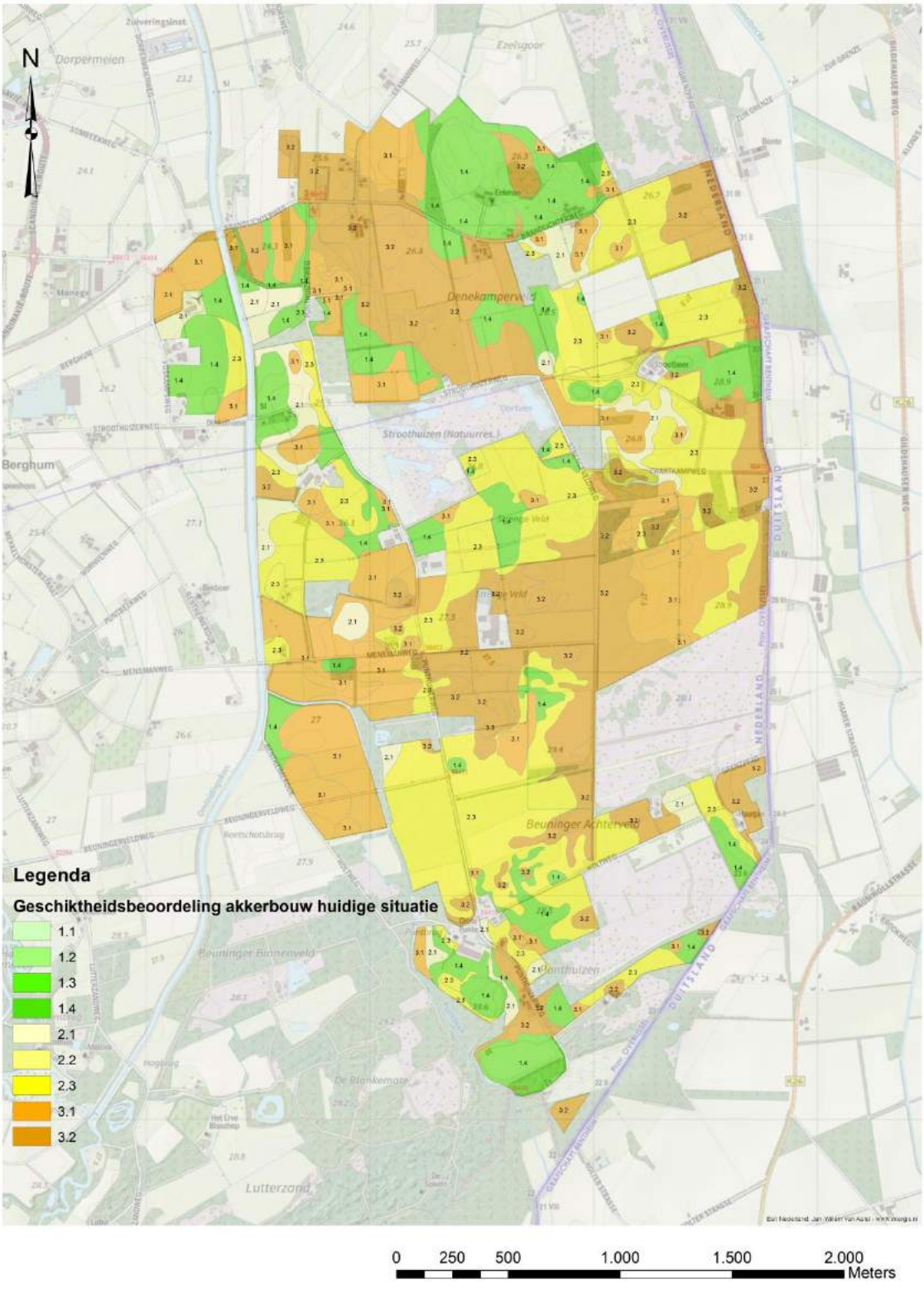
X = toepassing verplicht

F = toepassing facultatief

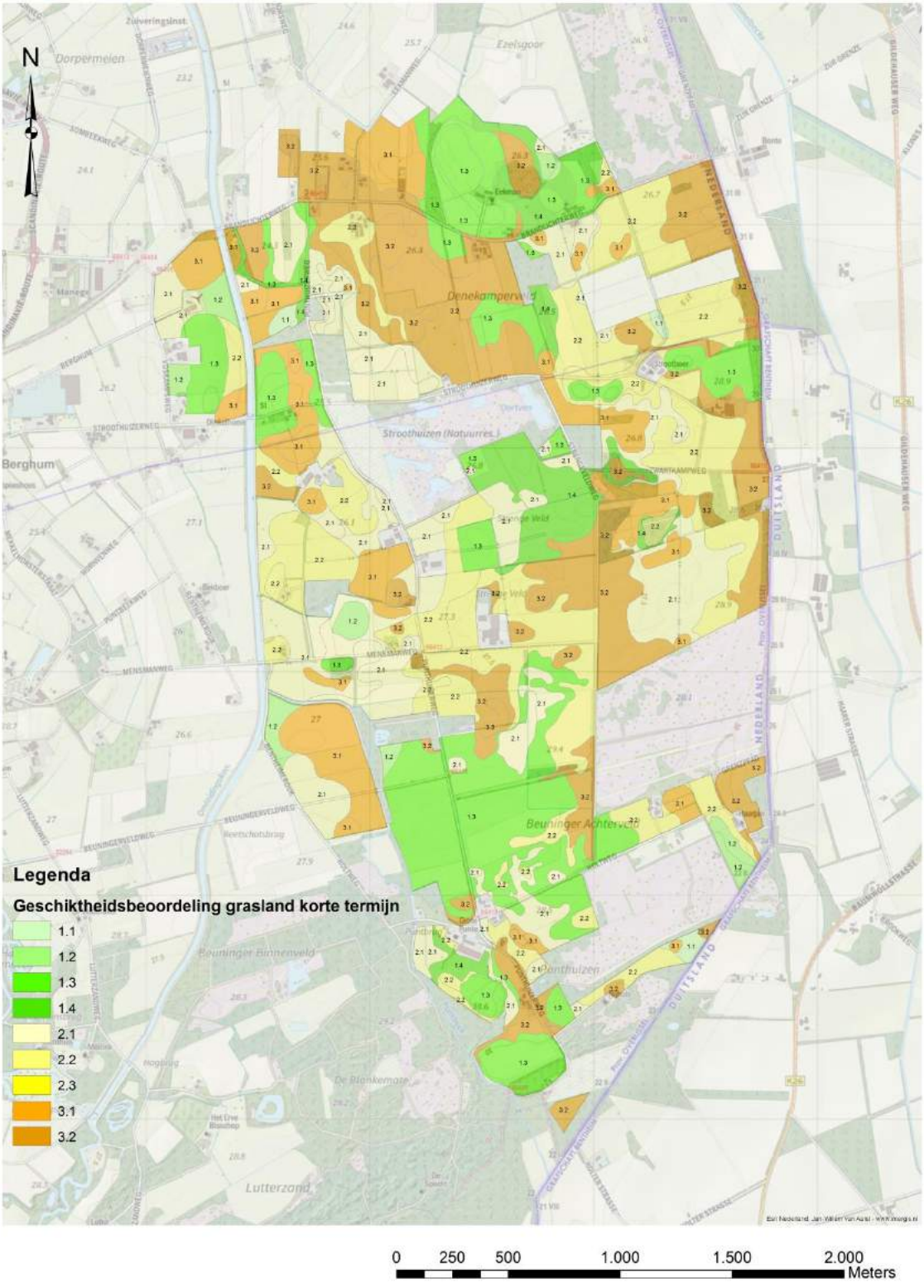
\- = niet toepassen

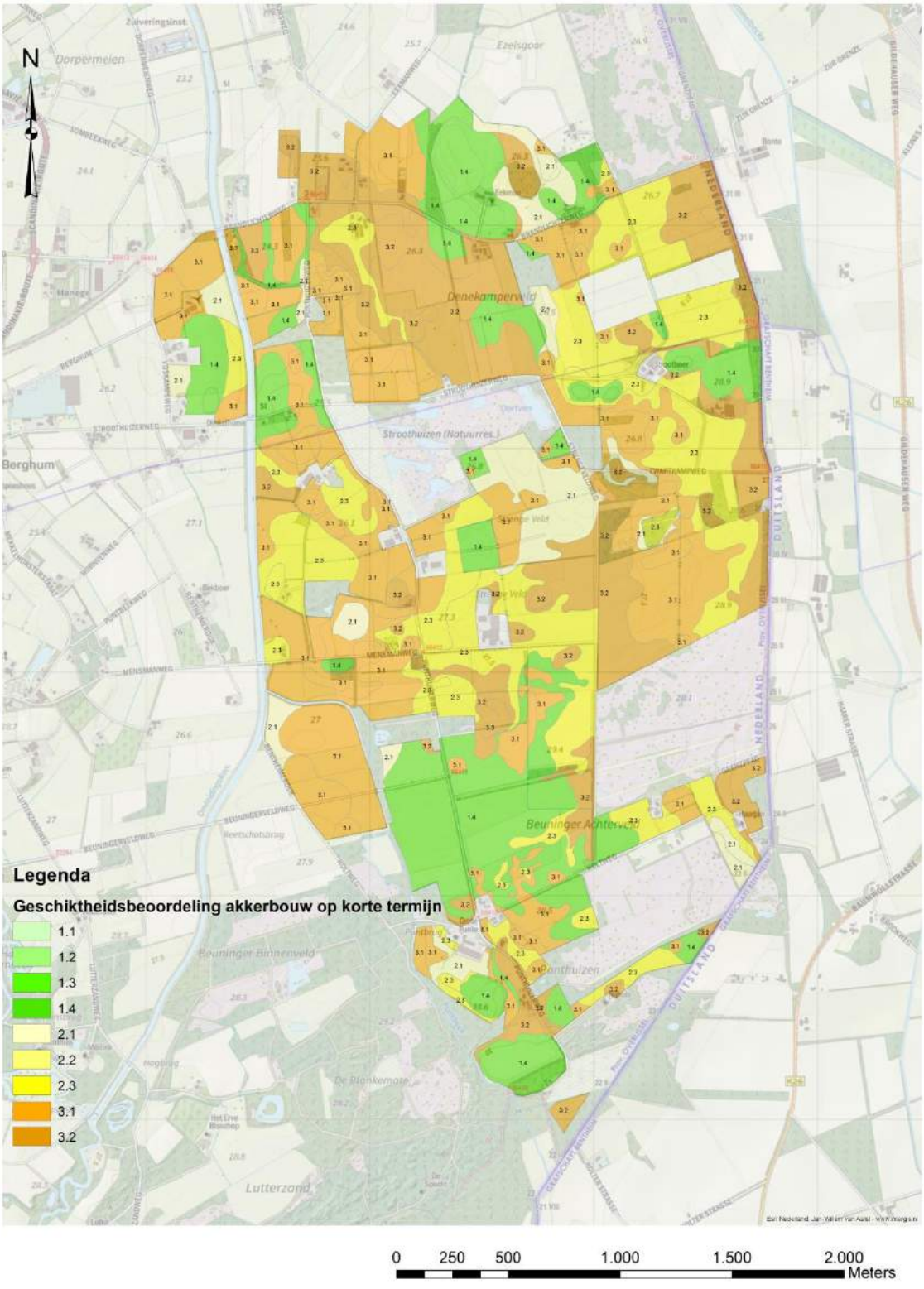
Bijlage F: Grondgebruiksmogelijkheden huidige situatie



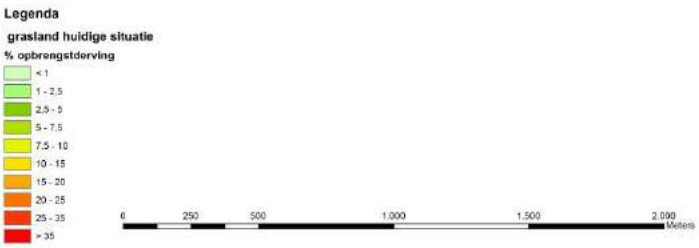

N
Legenda
Geschiktheidsbeoordeling akkerbouw huidige situatie
1.1
1.2
1.3
1.4
2.1
2.2
2.3
3.1
3.2
0
250
500
1.000
1.500
2.000
Meters

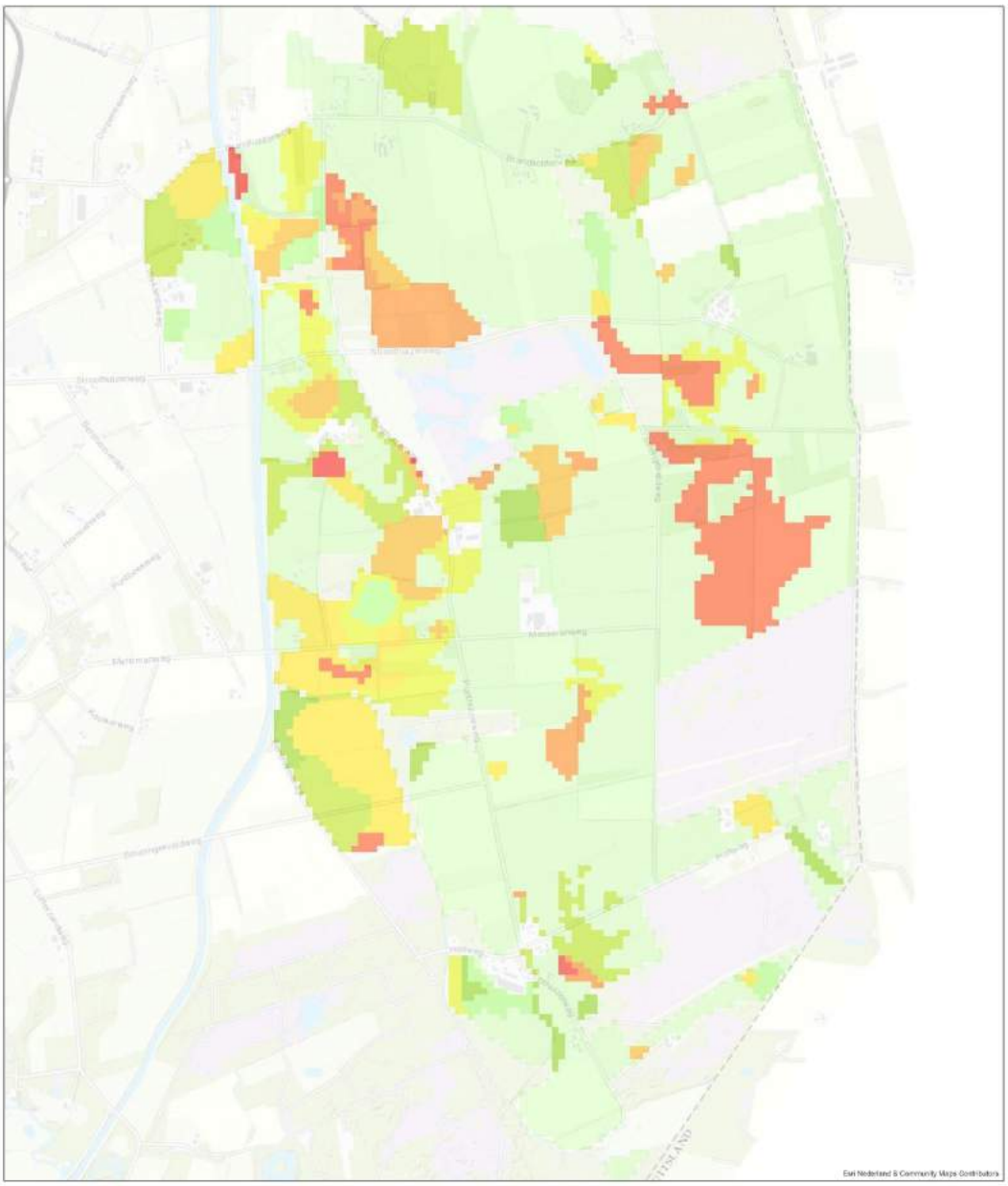
Bijlage G: Effecten op grondgebruiksmogelijkheden korte termijn




N
Legenda
Geschiktheidsbeoordeling akkerbouw op korte termijn
1.1
1.2
1.3
1.4
2.1
2.2
2.3
3.1
3.2
Berghum
Lutterzand
0
250
500
1.000
1.500
2.000
Meters

Bijlage H: Opbrengstreducties huidige situatie en korte termijn ten opzichte van optimale omstandigheden (HELP berekeningen) voor grasland en bouwland





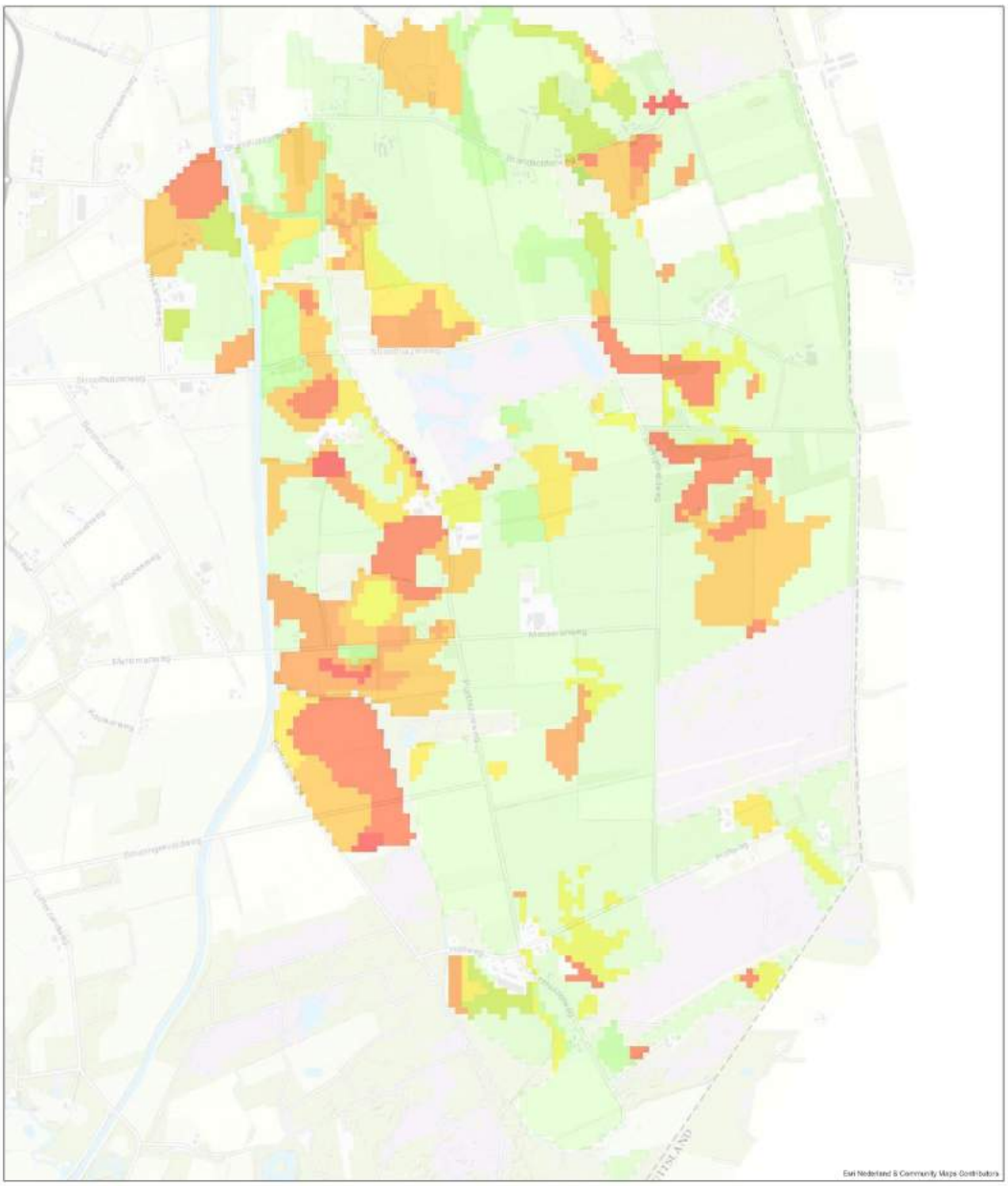
Legenda

grasland korte termijn

% opbrengstderving

- < 1
- 1 - 2,5
- 2,5 - 5
- 5 - 7,5
- 7,5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 25
- 25 - 35
- > 35

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Meters



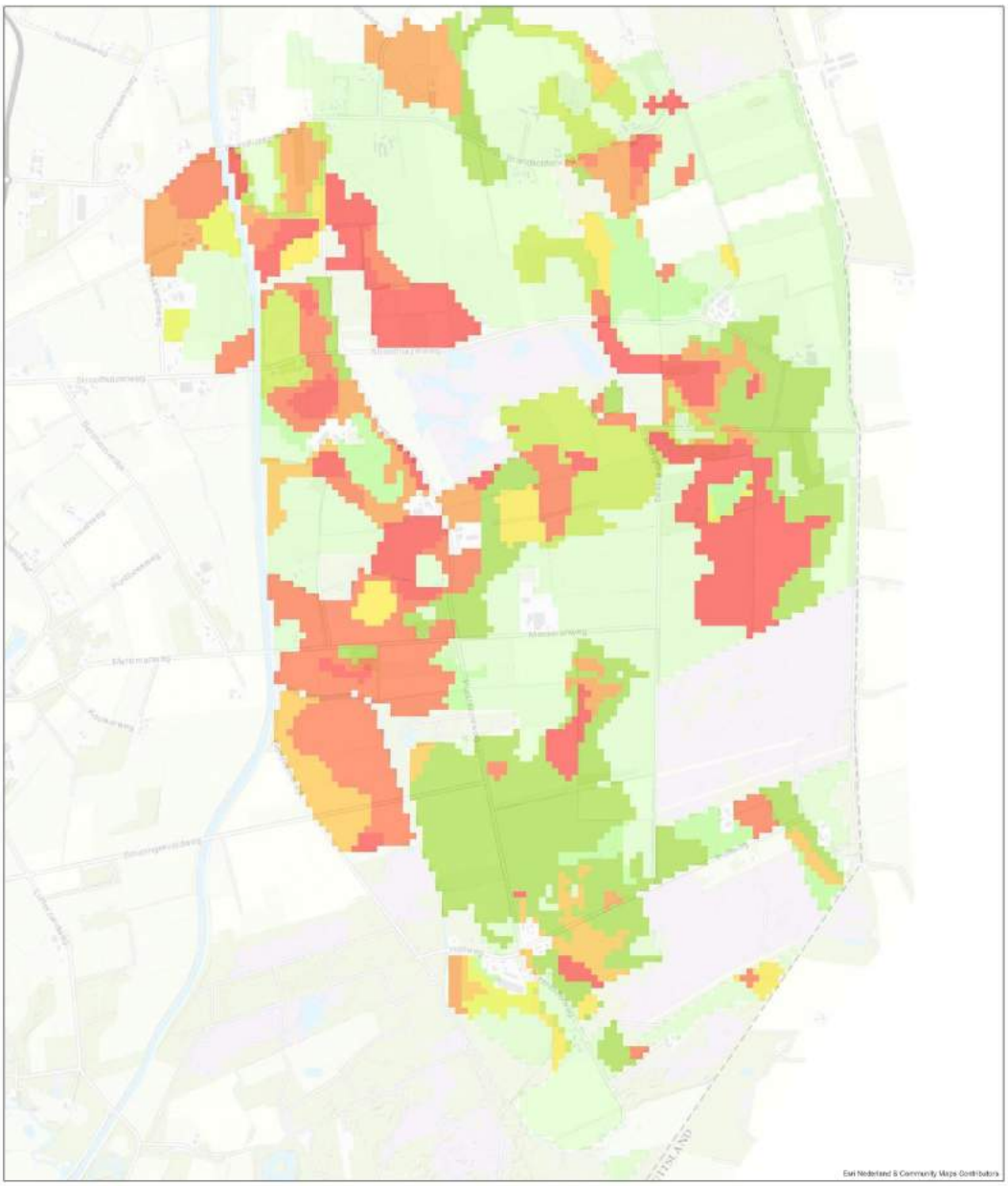
Legenda

mais huidige situatie

% opbrengstderving

- < 1
- 1 - 2,5
- 2,5 - 5
- 5 - 7,5
- 7,5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 25
- 25 - 35
- > 35

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Meters



Legenda

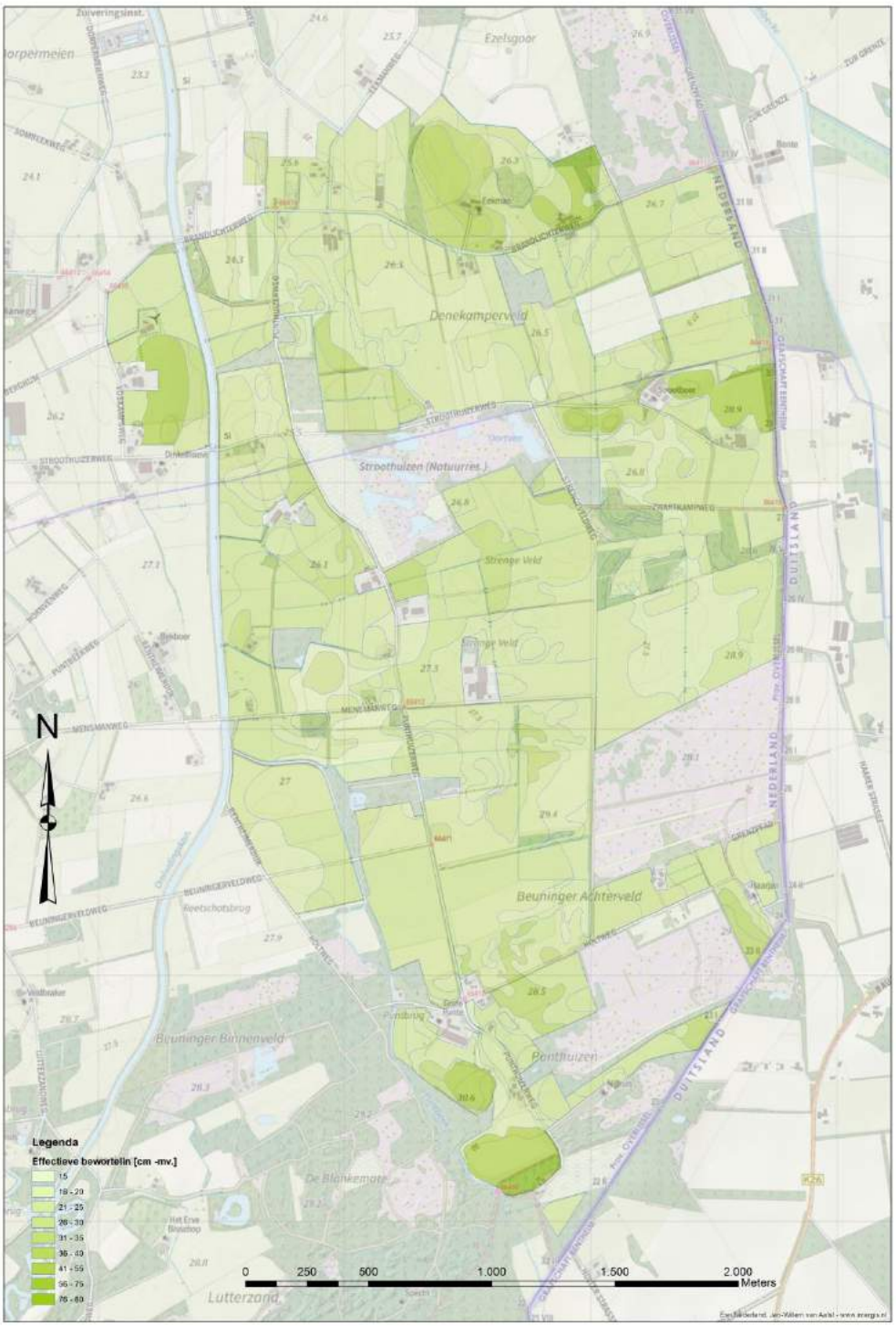
mais korte termijn

% opbrengstderving

- < 1
- 1 - 2,5
- 2,5 - 5
- 5 - 7,5
- 7,5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 25
- 25 - 35
- > 35

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Meters

Bijlage I: Kaart van effectieve beworteling



Bijlage J: Beschrijving van 2x12 locaties met compenserende maatregelen en controle locaties na gesprekken

Uitwerking 12 controle en 12 mitigerende maatregel locaties

Er is op basis van keukentafelgesprekken een lijst met 2x 12 locaties ontstaan (zie onderstaande tabellen). Er zijn 12 locaties waarin agrariërs zich niet herkennen in de resultaten van het bodemonderzoek of er zijn vragen over. Daarnaast zijn er 12 locaties waar mogelijk mitigerende maatregelen moeten worden uitgevoerd. Deze 24 locaties zijn besproken met het deskundigenteam (Henk Brummelman en Rob van Dongen) en onze bodemkundigen die het veldwerk hebben verricht. Dit is gedaan aan de hand van de bodem- en grondwatergegevens, en hoogtekaarten op basis van het eerdere veldonderzoek. Enkele locaties zijn daarnaast ook nog gecontroleerd in het veld.

Hieronder is een terugkoppeling geschreven van de 2x12 locaties. Dit is beknopt uitgewerkt. De huidige situatie op basis van de eerder uitgevoerde bodem- en grondwaterkartering zal worden beschreven (bodem-, grondwaterkaarten en boorbeschrijvingen). Hierbij zijn de individuele boorbeschrijvingen gebruikt. Wat betreft de mitigerende maatregelen wordt per locatie beknopt het volgende beschreven:

- Huidige situatie op basis van boorbeschrijvingen en bodem- en grondwaterkaarten
- Beschrijving van een adviesmaatregel
- Waar nodig illustratie met kaartmateriaal van de ligging van de locatie op een hoogtekaart
- Beschrijving van verwacht resultaat op het landbouwkundig gebruik en eventuele onzekerheden
- Beschrijving van mogelijk aanvullend onderzoek om te komen tot een advies

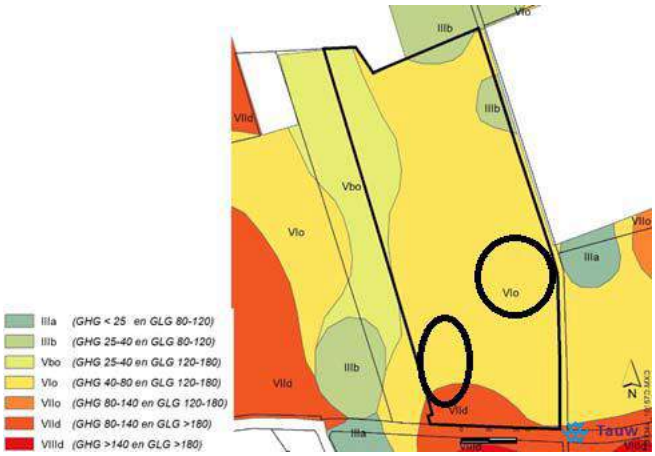
Dit zal niet dusdanig uitvoerig zijn dat het geschikt is voor een bestek. De ligging en grootte van de locaties is gebaseerd op basis van de bodem, grondwater en hoogtekaart. De exacte grootte moet ook in het veld bepaald worden.

UITWERKINGSPUNTEN Bodemonderzoek Punthuizen/Stroothuizen							
	Nr.	**Kadnr**	**Omschrijving**	**Bodemtype**	**GWT**	**GHG stij-ging**	**Natschade**
Controle van de boringen Resultaten bodemonderzoek wijken af van ervaringen eigenaar. De vraag is of Aequator Groen & Ruimte hiervoor op basis van het bodemonderzoek een verklaring kan geven of dat eventueel aanvullend veldwerk nodig is.	**C1**	2303	Nattere plekken zuidzijde perceel; gedempte watergang?	pZn21	IIIb/VIo	< 20 cm	<20 w <30 %
	C2	803	Nattere plek ZO hoek	Hn21	VIId	<20 cm	<10 % =
	C3	464	Laagte/Nattere plek NW hoek	Hn21	VIo	<10 cm	< 10 % =
	C4	1076	Nattere plek middendeel perceel	pZg21	Vbo	<10 cm	<10 w < 20 %
	C5	1077/1078	Nattere plekken zuidelijk deel perceel (zie kaartje hieronder)	Hn21/CHn21	VIo/VIId	<20 cm	<10 % =
	C6	117	Natter edelen perceel (zie kaart). Overigens meldt Nieuwhuis dat de aan hem toestuurde boorgegevens ook een ander beeld zien dan in de rapportage. Hoe zit dat?	Hn21/pZg21	IIa/IIIa	< 10 cm	< 30 w < 40 %
	C7	645	Geen verhoging wel extra natschade berekend	pZn21/pZn23	IIa/IIIb/VIo	-	< 30 w << 30 %
	C8	502	Nattere plek NO hoek perceel; locatie oud ven?	Hn21	VIo	< 30 cm	< 10 % =
	C9	234	Geen boorpunten op dit perceel	Hn21	VIo/VIId	< 30 cm	< 10 % =
	C10	504	Nattere delen perceel (zie kaartje hieronder)	Hn21	VIo	< 20 cm	< 10 % =
	C11	504	Nattere delen perceel (zie kaartje hieronder)	Hn21	VIo	< 10 cm	< 10 % =
	C12	215	Nattere plek rechtsmidden perceel (zie kaartje hieronder)	Hn21	VIo	< 30 cm	< 10 % =
	C13	216	Verschillende nattere plekken op het perceel	Hn21	VIo/VIIo	< 40 cm	< 10 % =

	Nr.	Kadnr	Omschrijving	Bodemtype	GWT	GHG stij-ging	Natschade
Mitigatie De vraag is of Aequator Groen & Ruimte op basis van het veldonderzoek en hun praktijkkennis concreet kan aangeven welke mitigerende maatregelen hier realistisch zijn (bodemverbetering; ophoging etc.)	**M1**	476	Natte plek perceel	vWz	IIIa	< 10 cm	< 30 w < 40%
	M2	476	Natte plek perceel; tracé oude waterloop?	pZg21/vWz	IIIa/IIIb	< 10 cm	< 30 w < 40%
	M3	466	Natte plek perceel; tracé oude waterloop?	pZg21/pZg23	IIa/IIIb	< 10 cm	>40 % =
	M4	464	Natte plek ZO hoek perceel, Tracé oude waterloop?	pZg23	IIIb	< 20 cm	<20 w< 30 %
	M5	478	Natte plek NW hoek	pZg21	IIIa	< 10 cm	< 20 w < 30 %
	M6	152	Natte plek midden perceel	Hn21	IIIa	< 20 cm	< 30 w < 40 %
	M7	479	Natte plek NO hoek perceel	pZn21	IIIb	< 20 cm	<20 w < 30 %
	M8	236	Natte plek ZW perceel, samenhang met U6	Hn21	Vbo/VIo	< 30 cm	<10 w < 3 0%
	M9	460	Natte plek ZO hoek perceel	pZn21	IIa	< 20 cm	<30 w < 40 %
	M10	463	Nat perceel vooral westelijk deel; afwatering sloot functioneert niet?	pZn21/pZg23	IIa/IIIa/IIIb	< 10 cm	>40 w >> 40%
	M11	586	Vernatting groot deel perceel	pZn21	IIIa	< 20 cm	< 30 w < 40 %
	M12	238/585	Vernatting verschillende delen percelen	Hn21	Vbo/VIo/VII0	< 30 cm	<10 w < 30 %

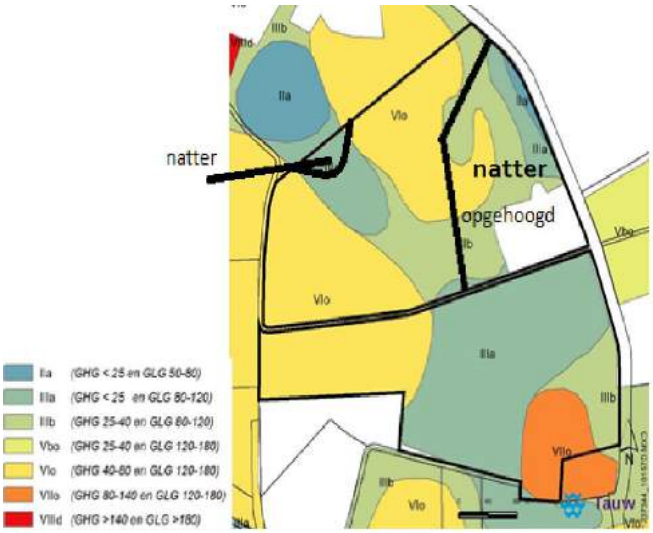
Kaarten

C5



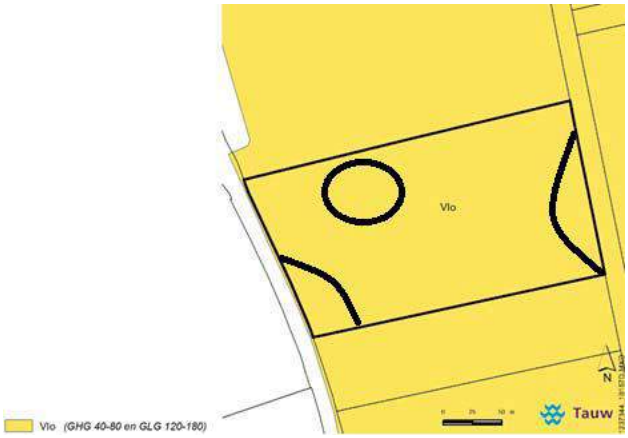
C12

C6



C10 en C11

Nattere plekken (als gevolg van peilverhoging Puntbeek? Laat in seizoen maaien



Controle locaties

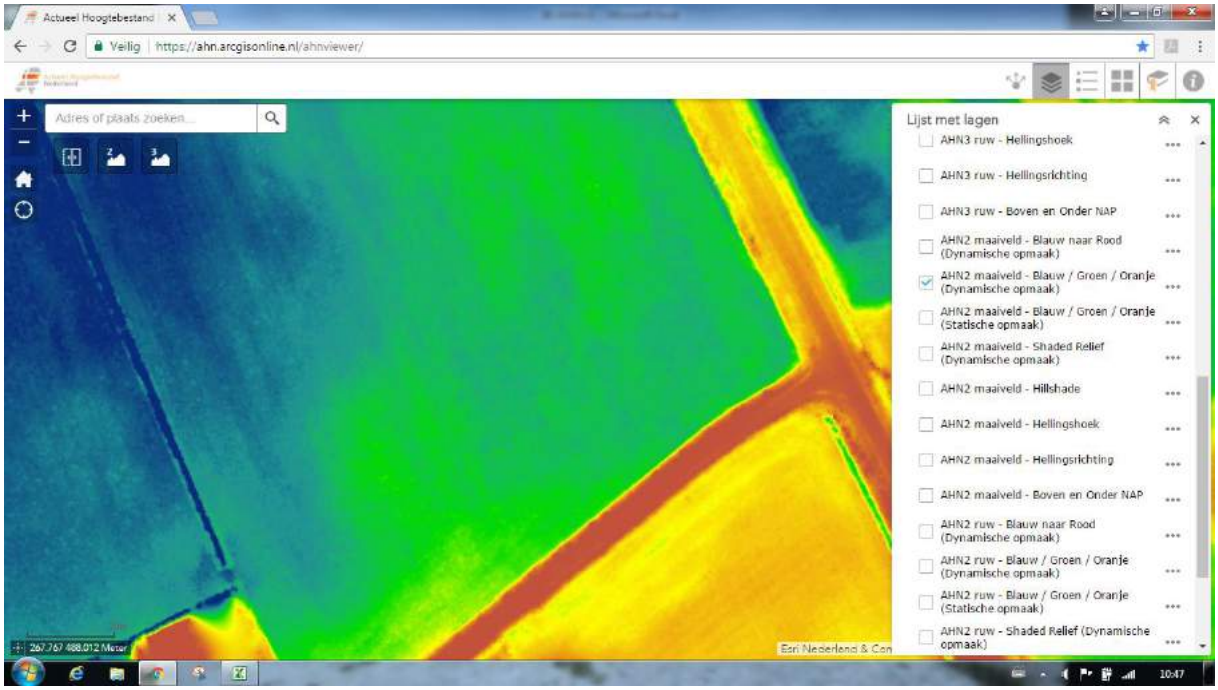
C1. Er is hier sprake van een perceel wat duidelijk afloopt richting de oostelijke kant, waarbij de westzijde van het perceel hoger ligt. De nattere Gt IIIb komt redelijk goed overeen met de aangegeven natte plekken van dhr. Kamphuis (zie onderstaande afbeelding). De zuidzijde, is iets groter. Hier lijkt sprake te zijn van schaduwwerking van de bomen aan de zuidzijde. Hierdoor droogt een perceel langzamer op door geringere gewasverdamping, en mogelijk wat meer verdichting op wendakkers. De huidige situatie kan verbeterd worden door de aanwezige sloot opnieuw uit te graven en op te vullen (is nu ondiep). Daarna evt. ophogen afhankelijk van mate van vernatting. Dit is mogelijk gezien leemarme grond.

C2. Het is hier hoog en droog (Gt VIId). Het is onduidelijk waarom dit als een natte plek wordt ervaren. Voorals nog niet controleren in het veld. Het gaat om een klein gedeelte van het perceel (buiten schaalniveau van de kaart). Mogelijk is het een schaduwplek en inrit van het perceel.

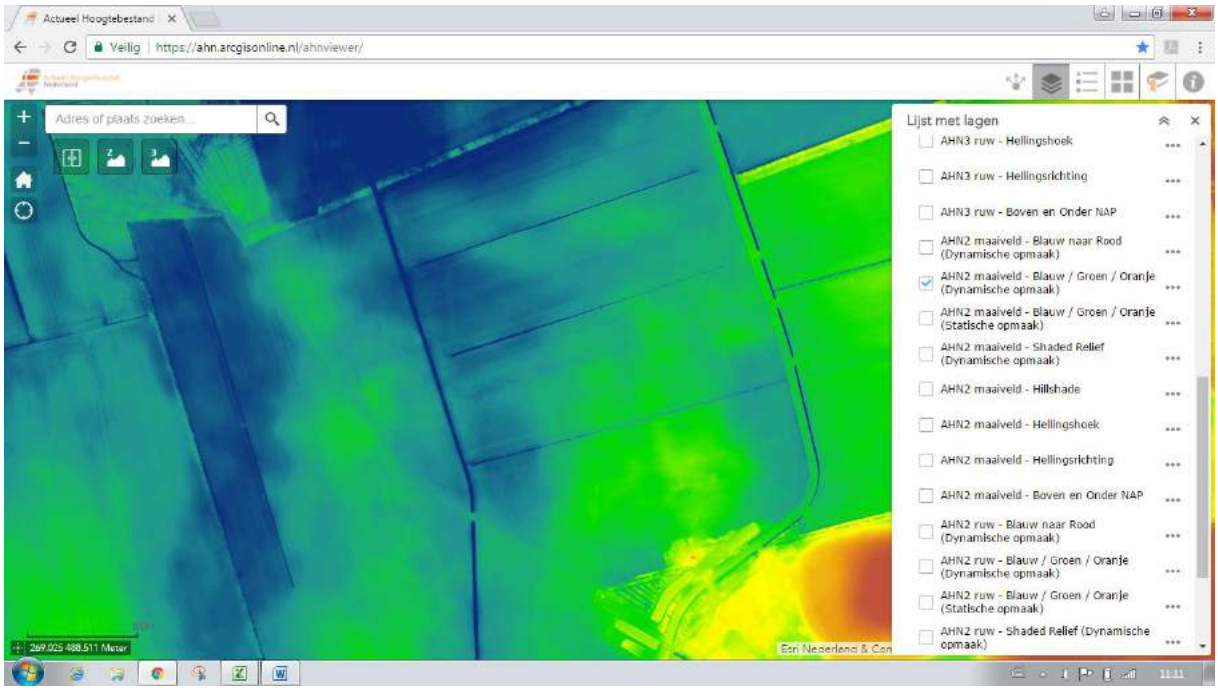
C3. Het ligt wel lager dan de omgeving. Het is niet dusdanig nat. Het slootonderhoud is matig, dat is zeer waarschijnlijk de reden van periodiek natte omstandigheden. Veldonderzoek en boringen geven geen aanleiding om de kaarten aan te passen.

C4. Het is een nattere plek, gekarteerd met een Gt Vb. Er is ook sprake van insporing en verdichting van de bovengrond. Het behoeft aandacht dat hier de sloten goed worden onderhouden en verdichte lagen moeten worden opgeheven. Deze plek is samen met de betrokken boer beoordeeld. Op basis hiervan is de plek natter bevonden dan in eerdere karteringen. De Gt is aangepast naar Gt IIIb en de bodem-/Gt kaart is aangepast. Dit is ook verwerkt in de effect berekeningen.

Bij U4 is met de betrokken boer een kleine natte laagte beoordeeld (natte plek langs oprit/pad). Dit is reeds een natte plek (Gt IIIb). Verwacht wordt dat de grondwaterstanden tijdens natte perioden hier ook binnen 25 cm –mv komen en dus een Gt IIIa is. Schaduwwerking van aangrenzende bomen werkt dit mogelijk ook in de hand. Echter de plek is kleiner dan <0,5 ha en sluit niet aan op andere laagtes en is niet op kaart aan te passen. Dit is telefonisch teruggekoppeld naar de eigenaar.



C5 Kaarten bevestigen wel dat deze percelen als natter ervaren kunnen worden. En er ook kleinere natte plekken voor komen, dit is veelal gezien het schaalniveau van de kaart niet weer te geven. Onderhoud van de sloten speelt hier mogelijk ook een rol. De locatie is gecontroleerd in het veld.



Het grote vlak waar vorig jaar maïs stond (plek C4) is de Gt-kaart aangepast (van Gt Vb naar IIIb), andere onderzochte punten op de percelen zijn te klein of niet nat o.i.v. grondwater (maar door gebrekkige afvoer en daardoor bodemverdichting).

C6. De boringen komen overeen met de kaarten. Aan de oostkant is het laag en zeer nat (GHG 0-15, GLG75-100). Naar het westen toe wordt het geleidelijk droger. De GHG is 40 cm en daarmee is er een groot risico op bodemverdichting op deze gronden.

C7. Er wordt voor het perceel geen grondwaterstandsverhoging berekend met het model, maar wel schade berekend. Dit heeft een rekenkundige achtergrond. Het model berekent vooral langs de maatregelen (bijvoorbeeld waterlopen) forse verhogingen, en verder er vandaan minder. Bij het berekenen is gekeken wat de gemiddelde verhoging binnen een bodem en grondwatervlak is als gevolg van de maatregel. De bodem en grondwatervlakken die liggen in de percelen C7 worden enigszins beïnvloed door een maatregel.

C8. Op basis van de boring zien we geen verdichting, of aanleiding om natte plekken te vermoeden. Boor nummers 71 t/m74 zijn bekeken. Er komen geen storende lagen voor. De laag onder de bouwvoor is veelal gemengd en goed doorlatend. Er komen GHG waarden voor tussen 60 en 80 cm, en GLG waarden tussen 140 en 180 cm. Er is dus wel enige variatie in deze hoek. Juist de westkant van dit perceel is natter en zal als eerste draagkracht problemen tonen.

C9. Destijds was dit aangegeven als een perceel waar geen toestemming voor werd verleend. Op basis van omliggende boorpunten en de hoogtekaart is de bodem- en grondwaterkaart goed te interpoleren.

C10 en C11. De westkant van het perceel ligt wel iets lager, maar valt qua bodem en grondwaterklassen nog in dezelfde categorie. De oostkant is het hoogst liggende gedeelte. We vermoedden dat dit eerder natter is als gevolg van schaduwwerking van bomen, en het feit dat dit een wendakker is (mogelijk enige verdichting).

C12. Aan de oostkant van de Punthuizerweg, zit in het verlengde van de aangegeven plek wel een locatie die natter is. Deze kan mogelijk wat doorlopen in de aangegeven plek. Dit is overigens niet vanuit de hoogtekaarten af te leiden. De plek is sowieso niet groter dan 1 hectare en is daarom niet aangepast in de kaart.

C13.

Ten noorden van de Holtweg (A): Weiland met vertrappingsverschijnselen. De boer geeft aan dat in de winter regelmatig water op het land staat. Het bodemprofiel heeft een sterk en diep ontwikkelde humusinspoelingslaag (podzol). De inspoelingslaag is stug, de zandkorrels plakken aan elkaar. De grondwaterstand bedraagt momenteel 160 cm –mv, de geschatte GLG op basis van hydromorfe kenmerken is 180 cm –mv. Dit komt overeen met de gegevens op de bodemkaart. Aan de zuid- en westzijde staan hoge eikenbomen. Mogelijke oorzaak van de wateroverlast is schaduwwerking van bomen in combinatie met ophoping van slecht verteerd blad in de bovengrond waardoor een zure humuslaag ontstaat. Deze is vertrappingsgevoelig en daar stagneert water op. Een slecht doorlatende humuspodzol kan de oorzaak zijn dat het water minder goed in de ondergrond wegzakt, waardoor de fluctuaties in het grondwaterniveau groter kunnen zijn dan ingeschat. Dit komt echter niet tot uiting in de GHG.

Figuur: eikenbomen aan de zuid- en westzijde van het perceel

Op een andere locatie in het perceel is de bodemopbouw vergelijkbaar, maar hier is geen sprake van schaduwwerking. De boer geeft aan ook hier wateroverlast in de winter te ondervinden. De oorzaak hier is dat het een ingesloten laagte betreft. Afstromend water van de omgeving verzameld in deze laagste en kan niet snel genoeg de ondergrond intrekken. Mogelijk speelt de inspoelingslaag onder de eerdlaag een rol bij de geringe infiltratie mogelijkheid.

laag	**omschrijving**
0-30	1Ah Humusrijk, zwak lemig, matig fijn zand
30-50	1Bh Humushoudend, zwak lemig, matig fijn zand. Iets stug
50-90	1BC Humusarm, zwak lemig matig fijn zand
90-180	1Ce Zwak lemig, matig fijn grijs zand
180-220	1Cr Zwak lemig, matig fijn blauw grijs zand. Gereduceerd

Tabel: profielbeschrijving bij locatie A

Conclusie: De grondwatertrappen zijn op de bodemkaart goed weergegeven. De wateroverlast die de boer ondervindt wordt veroorzaakt door stagnerend infiltrerend regenwater. De ingesloten laagte in het midden van het perceel is te klein om apart weer te geven op de bodemkaart en maakt al deel uit van een strook grondwatertrap VIo tussen grondwatertrappen VIIo.

Locaties mitigerende maatregelen

M1 en M2. Zijn natte en moerige locaties. Door de moerige bovengrond is de draagkracht in de huidige situatie matig. Met een geringe verhoging van de grondwaterstand neemt de natschade fors toe.

Maatregel is ophogen met 10-20 cm schraal zand (zwak lemig, matig grof, humus arm, organische stofgehalte < 1%), en dit mengen met de huidige moerige bovengrond. Dit kan met een diepspitmachine (circa 40-50 cm). Op deze wijze verbetert de draagkracht. Belangrijk is dat het goed gemengd wordt met de huidige bovengrond, en dat de bovengrond niet onderin als een (in de toekomst storende) laag blijft zitten.

Type maatregel	Ophogen en verschralen bovengrond middels doorspitten ophoogzand door moerige bovengrond
Oppervlakte	M1: 1,2 ha M2: 1,8 ha
Ophoog hoogte	10-20 cm
Diepte spitten	40-50 cm
Aandachtpunt	Voorkomen dat de huidige bovenlaag als een storende laag gaat werken in de toekomst

M3. Dit is een zeer natte locatie (op basis van boringen GHG 15, GLG 70). Enige grondwaterstandsverhoging veroorzaakt al gauw forse vernattingsschade. Ter plekke wordt een stijging van 5 cm berekend voor zowel de GHG als de GLG. De bovengrond is niet moerig. We bevelen aan om deze locatie op te hogen gelijk aan of iets meer dan de grondwaterstandsverhoging. Bij het ophogen moet de bouwvoor aan de kant worden gezet met de kraan, en het ophoogzand moet onder de bouwvoor aangebracht worden (met behoud van bouwvoor ophogen). Het ophoog zand behoort zwak lemig, matig fijn en humusarm te zijn (zie ook paragraaf 3.5 van het hoofdrapport).

Type maatregel	Ophogen met behoud van bouwvoor
Oppervlakte	1 ha
Ophoog hoogte	10-15 cm
Aandachtpunt	Geschikt ophoog zand gebruiken

M4. Er is hier sprake van een opgehoogde laagte. Er heeft hier ook een oud regenwaterven gelegen. De laag tussen 30 en 45 cm is verdicht, en sterk lemig. Voor het verbeteren zou de storende laag opgeheven moeten worden, en de laagte opvullen met zwak lemig, matig grof zand. De verdichte en sterk lemige laag, moet met een kraan gemengd worden met een 1:1 verhouding met zand uit de ondergrond. De bouwvoor

moet worden behouden, en dus eerst aan de kant worden gezet, voordat de laagte wordt opgehoogd. Er is echter sprake van een sterk lemige (20%) ondergrond, die matig tot redelijk doorlatend is. De verwachting is dat ophogen geen optimaal resultaat oplevert. Het lemige zand heeft de neiging om nadat het los is gemaakt, te gaan verspoelen en de poriën in de grond te verdichten. Na verloop van tijd zal de ondergrond hierdoor minder goed doorlatend worden. Daarom bevelen we aan om na het spitten de laagte op te hogen met minimaal 2x de verwachte grondwaterstandsverhoging. Verderop in het perceel bestaat de ondergrond wel uit geschikt zand (matig grof, zwak lemig zand). We bevelen aan om het ophogen van de laagte te doen met dit type zand.

Type maatregel	Ophogen met behoud van bouwvoor
Oppervlakte	1 ha
Ophoog hoogte	20-30 cm
Aandachtpunt	Verdichte laag opheffen door te spitten met de kraan tot een diepte van 60 cm –mv.

M5. Aanvankelijk was het de bedoeling om dit te controleren tijdens het karteren van 100 hectare in het noorden, en of deze ook doorloopt in het noordelijk aangrenzende gedeelte. Echter er is geen toestemming gegeven om deze locatie te karteren. Aan de overkant van het perceel is wel geboord. Daar is geen sprake van een duidelijke natte plek.

M5 is een natte plek (GHG 10, GLG 100) met hoge grondwaterstanden. In de betreffende boring (112) zijn geen storende lagen aangegeven, en de ondergrond bestaat uit zwak lemig, matig fijn, goed doorlatend zand. Op basis van het bodemprofiel lijkt het mogelijk om deze plek op te hogen. Dit moet gebeuren met geschikt zand en met behoudt van de bouwvoor (dus ophoog zand komt onder de bouwvoor). Daarnaast is deze rand met iets meer op afschot leggen redelijk te helpen door een lichte egalisatie. Daarbij is het wel belangrijk dat er grenzend aan het perceel een slootje blijft bestaan voor de afwatering.

Type maatregel	Ophogen met behoud van bouwvoor
Oppervlakte	0,5 ha
Ophoog hoogte	10 cm
Aandachtpunt	Laagte beter op afschot leggen door lichte egalisatie na ophogen.

M6. Op basis van boorbeschrijvingen blijkt dit een opgehoogde laagte te zijn. Dit is zeer waarschijnlijk niet goed gebeurd. Dit wordt bevestigd door boring 139. Hier is een storende laag te zien, die is sterk verdicht. De plek lijkt groter dan op basis van kaarten. Dit was vroeger al een ven.

Maatregel waar aan gedacht moet worden is de opgehoogde plek uit te graven en te spitten met een kraan. En vervolgens met geschikt zand (geen organische stof, zwak lemig en matig fijn) op te hogen. Dit moet uiteraard met behoud van bouwvoor gebeuren. Om de plek en de samenstelling van de storende

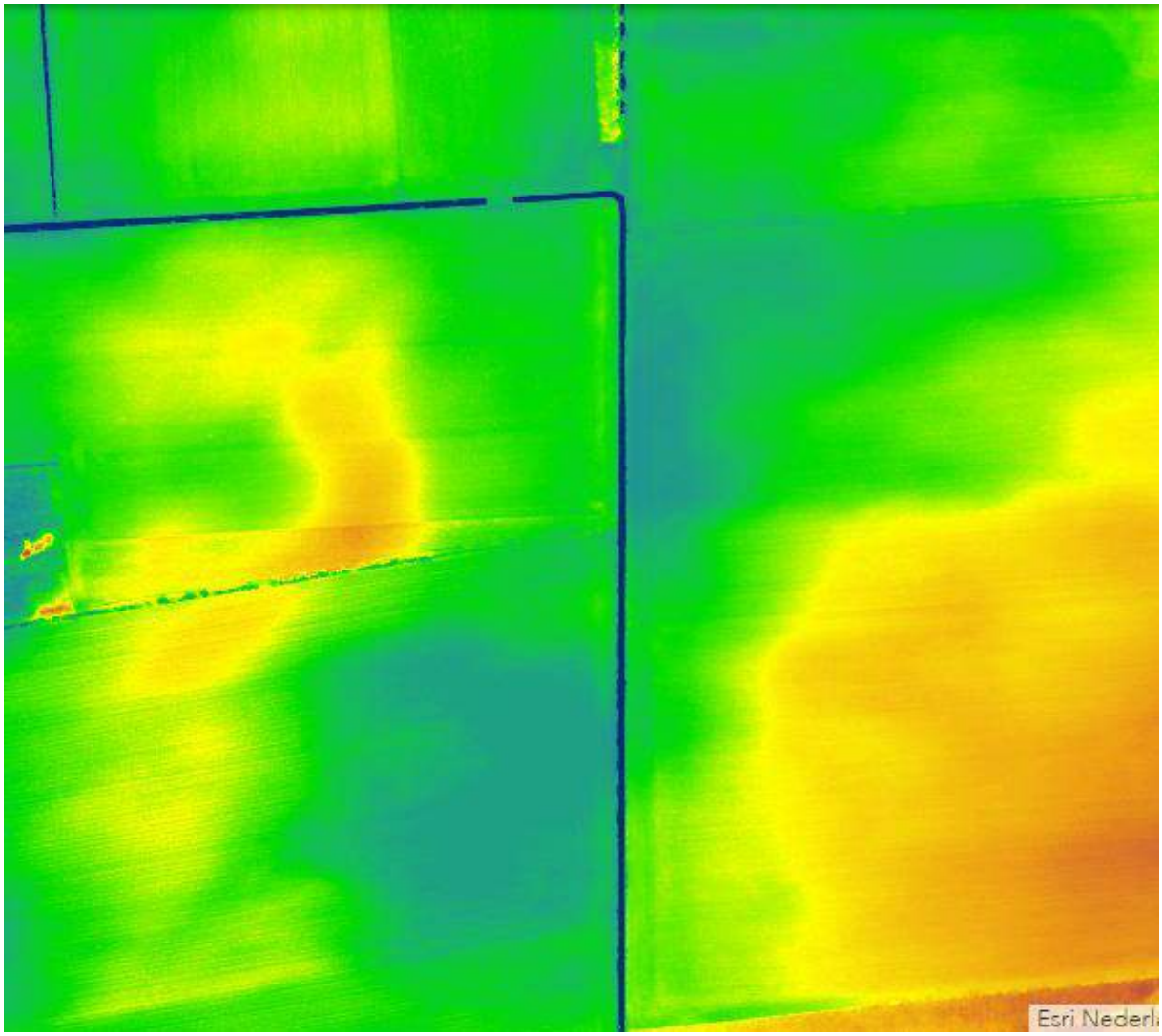
laag goed in beeld te brengen moet deze gedetailleerd in beeld gebracht worden. Het terrein is hier wisselend op korte afstand.

Type maatregel	Opheffen verdichte ondergrond, oude ophooglaag. Ophogen met behoud van bouwvoor
Oppervlakte	1,5 ha
Ophoog hoogte	15-25 cm
Diepte spitten	50 cm
Aandachtpunt	Plek is groter dan op basis van kaarten lijkt.

M7. Dit is en natte locatie met een Gt IIIb. De plek ligt ook lager dan de rest van de omgeving, wat hoger en droger is. De ondergrond is goed doorlatend, en bestaat uit zwaklemig matig grof zand (zie ook boring nr. 221). Deze locatie kan met behoud van de bouwvoor en met geschikt ophoogzand (onder de bouwvoor) opgehoogd worden. Daarnaast moet het goed op afschot worden gelegd, naar de berm sloot. Deze moet wel in stand blijven voor de afwatering, en niet gedempt worden.

Type maatregel	Ophogen met behoud van bouwvoor en lichte egalisatie.
Oppervlakte	1,9 ha
Ophoog hoogte	15-20 cm
Aandachtpunt	Na ophogen goed op afschot leggen naar sloot, middels egalisatie.

U6, M8. In de huidige situatie ligt er een laagte welke deels ten westen van de waterschapsloot ligt, en deels ten oosten. Aan de westkant werd in 2016 maïs verbouwd, en aan de oostzijde is sprake van grasland.



In de huidige situatie is sprake van een lager gedeelte in het landschap. Met name aan de zuidkant komen in natte perioden hoge grondwaterstanden voor (GHG 15 cm), in het noordoostelijk deel (grasland) van de laagte komen GHG waarden van 35 cm voor. De GLG zakt veelal uit naar 110 tot 130 cm. Uit de boorprofielen blijkt ook dat de structuur van de bovengrond of de laag net onder de bouwvoor veelal matig en verdicht is. Het noordoostelijke gedeelte is ook gedeeltelijk opgehoogd. Dit resulteert in gronden waar draagkracht de beperkende factor is in natte perioden met name voor maïs. In de huidige situatie is de laagte zeer matig geschikt voor maïs (laagste categorie bodemgeschiktheid, 3.1).

Toekomstige situatie

Als gevolg van de maatregelen komen in de toekomst hogere grondwaterstanden voor, neemt de draagkracht en productie verder af. Maïsteelt is niet meer mogelijk. De verschillen met de omliggende gronden zijn groot. Daar zijn betere mogelijkheden voor maïsteelt en grasland.

Advies mitigerende maatregelen

Maïsteelt in de laagte is in de toekomst niet meer mogelijk, terwijl in de aangrenzende delen van het perceel dat wel mogelijk blijft. Het is niet mogelijk om het perceel anders in te delen. Er zit namelijk ook een laagte in de westkant van het perceel, weliswaar kleiner, maar waar ook nu al problemen zijn met maïsteelt. Ook bij een bewerkingsrichting haaks op de huidige, zijn er mogelijk bezwaren. Het perceel is nu goed ontsloten via de Punthuizerweg. Als alleen het achterste gedeelte in de toekomst als grasland bewerkt wordt, en het voorste gedeelte als maïs, is de ontsluiting van het grasland gedeelte via het maïsperceel, en dat is dus matig. In zo'n situatie moet de kleine laagte aan de westzijde bijvoorbeeld ondiep gedraineerd worden om beter geschikt te maken voor maïsteelt.

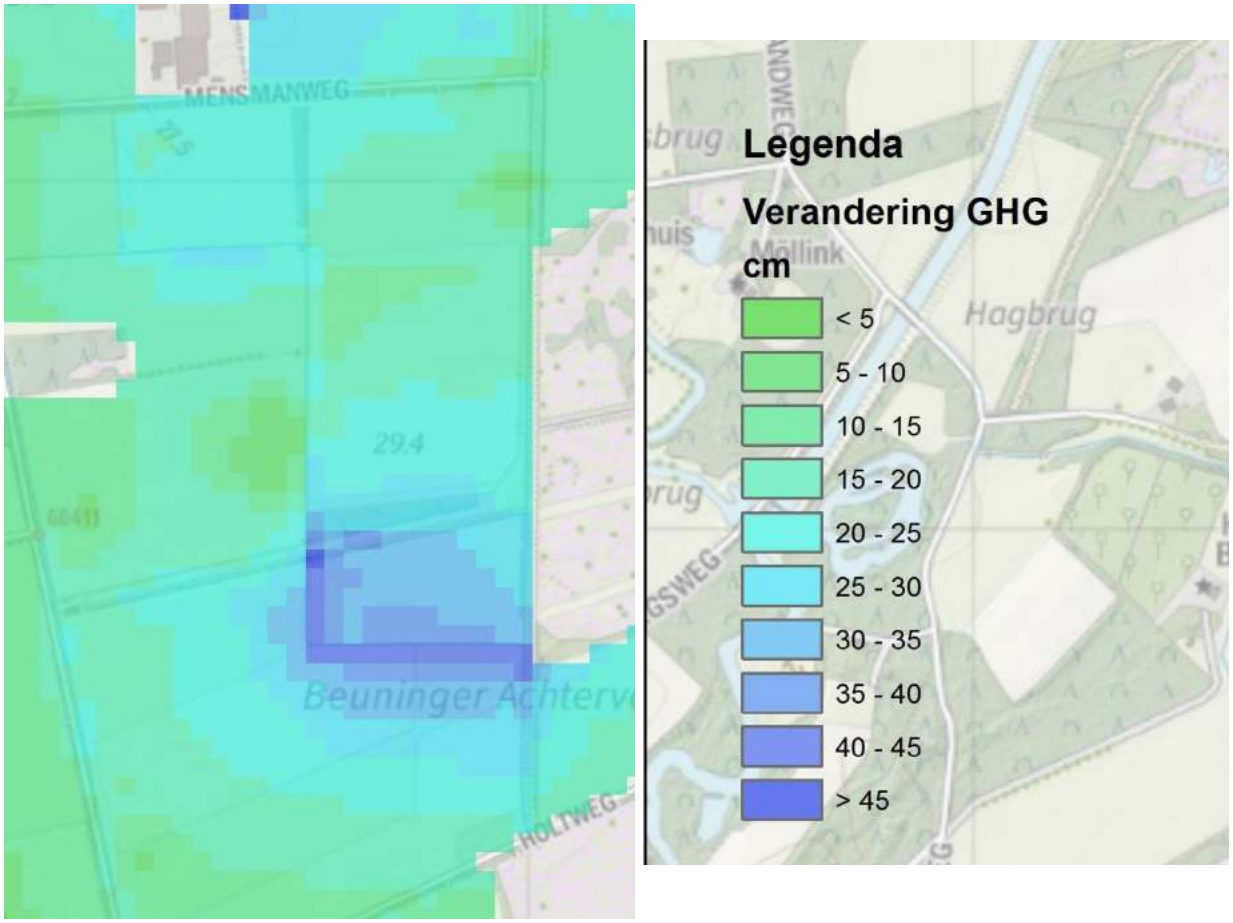
We bevelen de volgende mitigerende maatregelen aan voor deze locatie:

- Verdichte lagen opheffen (t/m 50 cm –mv)
- Ophogen (circa 25-30 cm) kan alleen worden uitgevoerd met ondergrond bestaande uit matig grof zwak lemig zand. Hierbij moet het ophoog zand onder de huidige bouwvoor worden gebracht, door de bouwvoor aan de kant te zetten.
- Licht egaliseren en op afschot leggen richting de huidige/toekomstige sloot

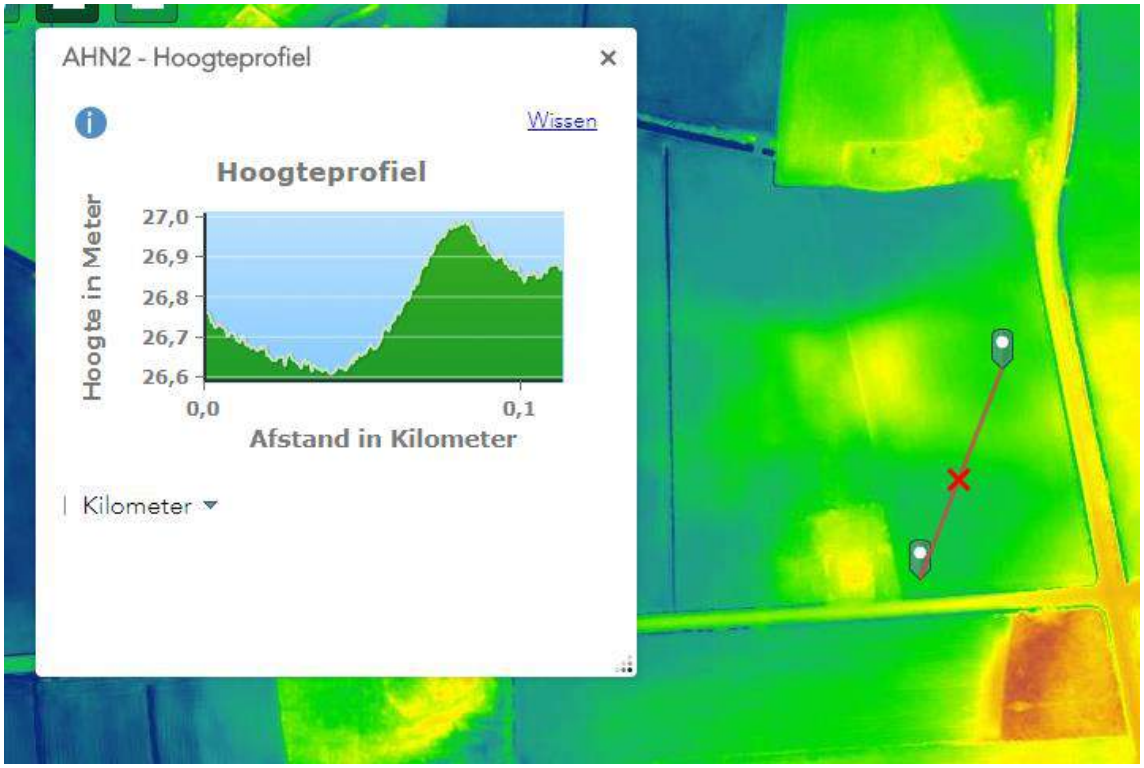
Het opheffen van de verdichte lagen kan normaal met een woelpoot uitgevoerd worden. Echter als vooraf aan het ophogen dit wordt uitgevoerd, zal er veel losse grond liggen. Dit zal bij het ophogen weer herverdicht kunnen worden. Tevens zullen de ophoogwerkzaamheden belemmerd worden als er op losse / gewoelde grond gewerkt moet worden. Daarom bevelen we aan om de bouwvoor aan de kant te zetten, vervolgens met de kraan de verdichte laag los te spitten, en te mengen met ophoog zand. Daarna kan de bouwvoor terug gezet worden.

Type maatregel	Ophogen met behoud van bouwvoor, storende laag opheffen en lichte egalisatie.
Oppervlakte	4,6 ha
Ophoog hoogte	25-30 cm
Verdichting opheffen	Tot 50 cm onder maaiveld met de kraan
Aandachtpunt	Grondwaterstandsverhoging op de kaart is niet hoog, door de hoge grondwaterstanden. Na ophogen zal een hogere grondwaterstandsstijging verwacht kunnen worden

Tenslotte valt op dat de GHG verhoging op deze locatie relatief weinig is ten opzichte van de omliggende percelen. Dit komt doordat het water al ondiep staat (5-15 cm) en de grondwaterstandsstijging kan daardoor niet meer zijn dan het maaiveld. Wanneer de grond opgehoogd wordt kan de grondwaterstandsstijging tot 30 cm oplopen, uitgaande van het ophogingspatroon in de omgeving (zie ook onderstaande kaart).



M9. De betreffende locatie ligt op percelen die er vrij oorspronkelijk bij liggen. Het maaiveld is waarschijnlijk niet geëgaliseerd in een ruilverkaveling en het profiel is nog origineel (boring 252). Het is niet gemengd. Het is een vrij lokale laagte met hoge grondwaterstanden (GHG 10, GLG 100). Het is met recht een natte plek om die reden. Om de vernatting op te vangen moet er worden opgehoogd met behoud van de bouwvoor en met geschikt zand. Tevens moet de laagte goed op afschot gelegd worden naar lokale ontwateringsmiddelen. De laagte ligt tussen enkele hoogtes. We bevelen aan om de nieuwe hoogteligging goed te laten aansluiten bij de omliggende maaiveldligging (zie onderstaande dwarsdoorsnede).



Type maatregel	Ophogen met behoud van bouwvoor en lichte egalisatie.
Oppervlakte	0,7 ha
Ophoog hoogte	20-25 cm
Aandachtpunt	Na ophogen goed op afschot leggen naar sloot, middels egalisatie.

M10. De maïs stond slecht op deze locatie. Gezien de hoge grondwaterstanden (GHG 0-5, GLG 70 cm) in meerdere boringen (nrs. 241, 242, 250 en 251) kan aangegeven worden dat deze locatie in principe niet geschikt is als maïsland. Daardoor is er ook sprake van structuurschade en verdichting. Ophogen is wel mogelijk (met behoud van de bouwvoor), maar het moet wel als grasland in de toekomst worden gebruikt. Bij het ophogen bevelen we aan om met de kraan eventueel verdichte lagen in de ondergrond los te spitten. Na het ophogen moet er gras ingezaaid worden om de grond rust te geven, zodat de bodemstructuur zich kan herstellen.

Type maatregel	Ophogen met behoud van bouwvoor, storende laag opheffen en lichte egalisatie.
Oppervlakte	1,8 ha
Ophoog hoogte	15-25 cm

Diepte opheffen verdichte laag	50 cm
Aandachtpunt	Gras inzaaien na ophogen voor bodemstructuur herstel

M11 enM12. In de betreffende percelen zitten enkele kleine laagtes in een groter perceel. Tijdens de kartering van april 2016 waren in verschillende boringen hoge grondwaterstanden waargenomen tot aan maaiveld. Water liep veelal over een verdichte laag op 25 cm in het boorgat. In het maïsperceel (M12) was deze verdichting afwisselend wel en niet aanwezig. Op M11 is geen sprake van een verdichting, maar is wel sprake van een lokale laagte met hoge grondwaterstanden (GHG 10 cm, GLG 110 cm). Op het maïsperceel komen ook hoge grondwaterstanden voor (GHG 25-45, GLG 125 tot 135), in ieder geval is de grond matig geschikt voor maïsteelt.

We bevelen aan om op deze percelen in de toekomst geen maïsteelt meer te doen, om verdichting van de ondergrond en extra natschade te voorkomen. De verdichtingen op locatie M12, het maïsperceel, moeten opgeheven worden middels het woelen van de laag van 25 tot 40 cm. Daarna kunnen beide locaties opgehoogd worden met geschikt zand, met behoud van de bouwvoor.

Type maatregel	Ophogen met behoud van bouwvoor, storende laag opheffen en lichte egalisatie.
Oppervlakte	7,5 ha
Ophoog hoogte	15-22 cm
Diepte opheffen verdichte laag	40 cm -mv
Aandachtpunt	Aanbeveling om geen maisteelt in de toekomst uit te voeren

Bijlage 10

NBW-toetsing planuitwerking Punthuizen-Stroothuizen

(Tauw, 2017b)

NBW-toetsing regionaal watersysteem Punthuizen en Stroothuizen

5 september 2017

Tauw

NBW-toetsing regionaal watersysteem Punthuizen en Stroothuizen

Verantwoording

Titel	NBW-toetsing regionaal watersysteem Punthuizen en Stroothuizen
Opdrachtgever	Staatsbosbeheer
Projectleider	Cor Lont
Auteur(s)	Mark de Weerd en Jacob Luijendijk
Projectnummer	1237344
Aantal pagina's	20 (exclusief bijlagen)
Datum	5 september 2017
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking.
	Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
BU Water & Ruimtelijke Kwaliteit
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 911

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom.
De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Inhoud

Verantwoording en colofon **5**

1 Inleiding **9**

2 Modelinstrumentarium en toetsingsmethode **10**
2.1 Actualisatie van bestaand Sobek-CF model 10
2.2 Simulatie van afvoeren T=1 jaar tot T=100 jaar 12
2.3 Toetsingsmethode huidige situatie 14
2.4 Modellering en toetsingsmethode PAS-maatregelen 14

3 Toetsing huidige inrichting aan NBW-normen **16**
3.1 Berekende inundaties bij extreme waterstanden 16

4 Toetsing toekomstige inrichting aan NBW-normen **17**
4.1 Verandering debieten bij herhalingstijd T=1 17
4.2 Berekende inundaties bij extreme waterstanden en toetsing aan NBW-beschermingsnormen 17
4.3 Aanvullende verkennende berekeningen 18
4.4 Aanpassingen kunstwerken 18

5 Conclusies **19**

Bijlage(n)

1 Provinciale beschermingsnormen
2 Ruimtelijke verdeling koppelpunten model – Huidige en toekomstige situatie
3 Inrichtingsmaatregelen
4 Toekomstig slenkensysteem
5 Inundatie watersysteem - herhalingstijden t1, t10, t25 en t100
6 Berekende piekafvoeren huidige situatie en korte termijn maatregelen
7 Analyse voldoen deklaag duikers als gevolg van verondieping

1 Inleiding

In en rondom het Natura 2000-gebied Punthuizen en Stroothuizen worden in het kader van de PAS hydrologische inrichtingsmaatregelen uitgevoerd. Deze maatregelen hebben als hoofddoel het realiseren van de gewenste grondwatersituatie voor de natuur in het plangebied door verhoging van de grondwaterstanden.

De belangrijkste hydrologische maatregelen zijn:

- Verondiepen of dempen van diverse kavelsloten en leggerwatergangen
- Verwijderen van buisdrainage in verworven agrarische percelen in het plangebied

De berekende effecten van de maatregelen op de grondwaterhuishouding zijn beschreven in het rapport: Hydrologische effectberekeningen PAS-maatregelen Punthuizen en Stroothuizen (R001-1237344BMP-agv-V01-NL, d.d. 17 juni 2016).

De voorgestelde aanpassingen in de waterhuishouding hebben behalve invloed op de grondwaterstanden en de ontwatering tevens invloed op de regionale afwatering.
Door het verondiepen of dempen van sloten wijzigt de afvoer- en bergingscapaciteit van het regionale watersysteem waardoor bij extreme afvoeren grotere peilstijgingen kunnen optreden met frequentere inundatie van aangrenzende percelen.

Om de effecten van de PAS-inrichtingsmaatregelen voor Punthuizen - Stroothuizen op het functioneren van het regionale oppervlaktewatersysteem vast te stellen is een NBW-toetsing uitgevoerd. Daarbij is vastgesteld of bij de nieuwe inrichting wordt voldaan aan de beschermingsnormen tegen inundatie zoals vastgelegd in de provinciale verordening.

2 Modelinstrumentarium en toetsingsmethode

2.1 Actualisatie van bestaand Sobek-CF model

Het oppervlaktestelsel in het plangebied van Punthuizen en Stroothuizen kan worden onderverdeeld in leggerwatergangen die zorgen voor de regionale afwatering van het gebied en kavelsloten voor de lokale ontwatering en afwatering van afzonderlijke percelen. In het kader van het inrichtingsplan worden diverse kavelsloten en enkele leggerwatergangen verondiept of gedempt.

Het waterschap Vechtstromen is verantwoordelijk voor de afvoer- en bergingscapaciteit van de leggerwatergangen. De NBW-toetsing is primair gericht op het functioneren van de leggerwatergangen. Eventuele knelpunten in de afwatering van de kavelsloten door de herinrichting zijn beschouwd in individuele separate studies naar het functioneren van de erfafwatering van de bebouwde kavels in het plangebied (rapporten R005-1237344EEB - R021-1237344EEB).

De NBW-toetsing van het oppervlaktewatersysteem heeft primair betrekking op de verwerking van piekafvoerbelastingen als gevolg van extreme neerslag. Het neerslagafvoerproces tussen percelen en leggerwatergangen wordt bepaald door diverse factoren. De belangrijkste factoren zijn:

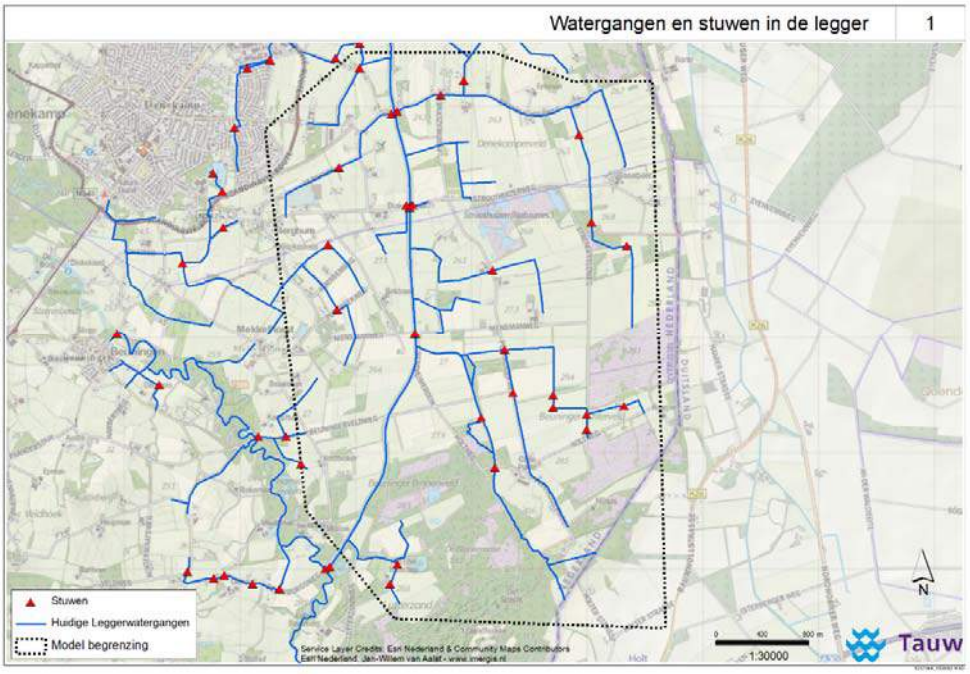
- De lokale ontwatering en afwatering (buisdrainage en kavelsloten)
- De grondwaterstand (een verhoging van de grondwaterstand leidt tot een verminderde bodemberging daardoor mogelijk tot hogere afvoerpieken)
- Het bodemtype (infiltratiecapaciteit)
- De maaiveldhelling en maaiveldberging

Het regionale watersysteem ten oosten van het Omleidingskanaal is in het verleden (rond 2010) door het waterschap Vechtstromen met behulp van een Sobekmodel getoetst op hydraulische knelpunten en inundaties bij extreme afvoerbelasting. Met dit model zijn de extreme waterstanden berekend voor een constante afvoerbelasting die representatief is voor een herhalingstijd van T=100 jaar. Deze afvoerbelasting is bepaald op basis van het afwaterende oppervlak en een afvoerfactor die gerelateerd aan de ontwateringsituatie, het bodemtype en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG).

Momenteel wordt in opdracht van het waterschap een nieuw regionaal Sobek-model ontwikkeld voor een groter gebied waarmee tevens dynamische neerslagafvoerberekeningen (met Sobek-RR) worden gemaakt. Dit nieuwe model is echter niet tijdig operationeel om in het kunnen zetten voor de NBW-toetsing van het nieuwe watersysteem in het plangebied Punthuizen-Stroothuizen.

Op basis van bovenstaande informatie is er in overleg met het waterschap voor gekozen om het reeds bestaande Sobek-model te actualiseren.

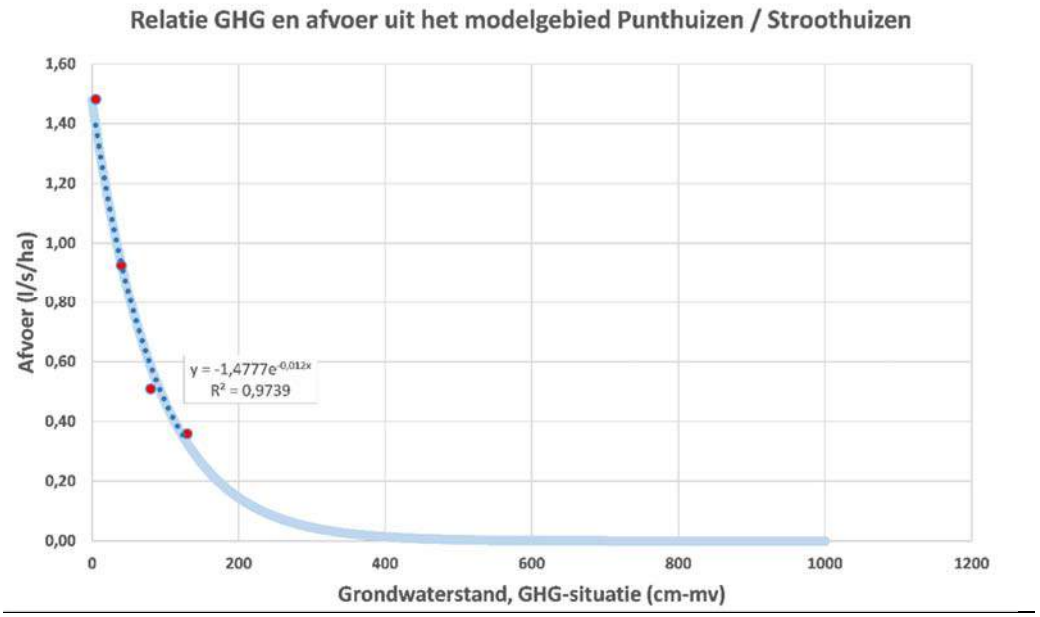
Deze modelactualisatie betreft de controle en eventuele aanpassing van de dwarsprofielen en ligging van de leggerwatergangen en van de kunstwerken die zich in deze leggerwatergangen bevinden. Het modelgebied betreft het gebied tussen het Omleidingskanaal en de Duitse grens, vanaf de Brandlichterweg tot en met de Puntbeek (zie figuur 2.1). De actuele dwarsprofielen en ligging van de leggerwatergangen en van de kunstwerken in deze leggerwatergangen zijn bepaald aan de hand van de leggergegevens welke zijn aangeleverd door waterschap Vechtstromen op 1 maart 2017. Aansluitend zijn lokale hoogtemetingen van verschillende dwarsdoorsneden toegevoegd aan het model. Deze metingen zijn verspreid in de maanden februari en maart 2017 genomen voor het project ‘Onderzoek erfafwatering Punthuizen-Stroothuizen. De hoogtemetingen kwamen overeen met de doorsneden welke al in het model aanwezig waren.



Figuur 2.1 Ligging huidige watergangen en stuwen in de legger

2.2 Simulatie van afvoeren T=1 jaar tot T=100 jaar

Binnen het modelgebied wordt geen gebruik gemaakt van RR-knopen om de neerslagafvoer dynamisch te simuleren. In plaats van het doorrekenen van buienreeksen is gebruik gemaakt van een constante afvoersituatie op basis van de maximale uitstroom uit de afwateringsgebieden. De uitstroom uit de gebieden is afhankelijk van de grondwaterstand. Immers, hoe minder berging in de bodem beschikbaar is, hoe meer water uit het gebied tijdens een bui naar de watergangen zal afstromen. De maximale uitstroom is dus op het moment dat er een zeer grote bui valt, terwijl de grondwaterstand maximaal is (GHG-situatie). Deze maximale uitstroom is op een empirische manier bepaald (bron: waterschap Vechtstromen), en is visueel in beeld gebracht in figuur 2.2.

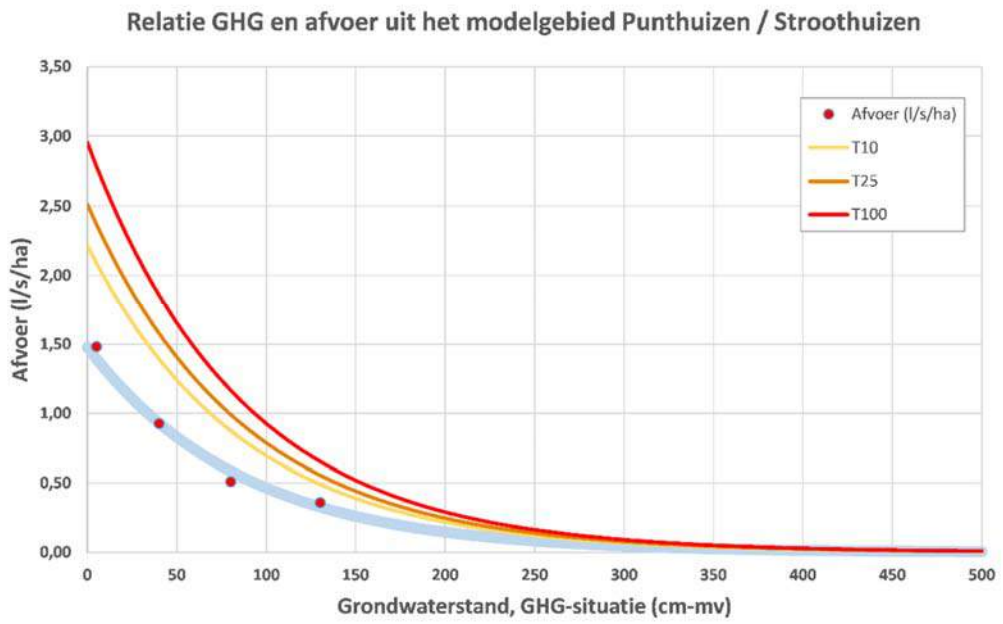


Figuur 2.2 Relatie GHG en afvoer T=1 uit het modelgebied Punthuizen / Stroothuizen (bron: waterschap Vechtstromen)

De empirische formule welke uit de relatie volgt is: $y = 1{,}4777e^{0{,}0116x,}$. De formule komt overeen met het gegeven dat afvoer uit het landelijk gebied richting een watergang geschematiseerd kan worden als de leegloop van een lineair reservoir.

Het gebied is onderhevig aan de provinciale verordening met betrekking tot regelgeving voor het risico van wateroverlast door inundatie (Bijlage 1). Hierin zijn, afhankelijk van grondgebruik en hoogteligging, beschermingsniveaus tegen inundatie aangegeven met herhalingstijden van respectievelijk T=1, 10, 25, 50 en 100 jaar.

Het regionale watersysteem is doorgerekend voor vier constante afvoerbelastingen overeenkomend met herhalingstijden van T=1, T=10, T=25 en T=100 jaar. Om de afvoerbelastingen uit het gebied te bepalen voor de verschillende herhalingstijden, is voor elke herhalingstijd een vermenigvuldigingsfactor gehanteerd op de empirische relatie tussen afvoer en GHG. De hoogte van de afvoer uit landelijk gebied is afhankelijk van de neerslagintensiteit, de beschikbare bergingscapaciteit en de drainageweerstand van de landbouwgrond of het natuurgebied. In het landelijke gebied zoals Punthuizen-Stroothuizen volstaan de reguliere vermenigvuldigingsfactoren. De vermenigvuldigingsfactoren zijn ingeschat middels de uitgangspunten voor maximale afvoerhoeveelheden bij een bepaalde herhalingstijd bij variërende grondwatertrappen en drainageweerstanden zoals beschreven in Bot et al. *Grondwaterzakboekje,* 2017. Als vermenigvuldigingsfactoren voor T=1, T=10, T=25 en T=100 zijn respectievelijk 1, 1.5, 1.7 en 2.0 aangehouden. Het resultaat van de vermenigvuldiging is visueel weergegeven in figuur 2.3.



Figuur 2.3 Inschatting verhoogde afvoer uit het gebied bij T=1, T=10, T=25 en T=100

De ruimtelijke verdelingen van de afvoergebieden voor de huidige situatie zijn gepresenteerd in bijlage 2, kaartbeeld 1.

2.3 Toetsingsmethode huidige situatie

Het geactualiseerde model van de huidige situatie, in combinatie met de respectievelijke afvoerfactoren, is doorgerekend voor de verschillende herhalingstijden. Vervolgens is voor de huidige situatie op kaartbeelden inzichtelijk gemaakt op welke locaties in het plangebied de maaiveldhoogte lager is dan de dichtstbijzijnde berekende leggerwaterstanden in het model. Op deze locaties treedt inundatie op.
De kaartbeelden waarop inundatie zichtbaar is zijn getoetst aan de provinciale verordening (de NBW-beschermingsnormen). De locaties waar de inundatie bij de van toepassing zijnde herhalingstijden niet voldoet aan de provinciale verordening zijn aangemerkt als een knelpunt.

2.4 Modellering en toetsingsmethode PAS-maatregelen

Maatregelen Korte en Lange Termijn
In de toekomstige situatie zullen verschillende watergangen verondiept worden en zullen verschillende velden met buisdrainage worden verwijderd om de gewenste grondwatersituatie voor de natuur in het plangebied te realiseren. De aanpassingen zijn inzichtelijk gemaakt in bijlage 3. Dit betreft de aanpassingen voor de zogeheten Korte Termijn.
De aanvullende Lange Termijn aanpassingen betreffen verhoging van de peilstanden in de Puntbeek. Voor deze aanpassingen, die nog niet volledig gemodelleerd zijn in het grondwatermodel, zijn verkennende berekeningen voor uitgevoerd met een opgelegde peilverhoging van de beek, waarvan de resultaten worden besproken in paragraaf 4.4.

Verondieping dwarsprofielen
In het maatregelenpakket zijn de diepten van de watergangen vermeld in cm-mv. Om een inschatting te kunnen maken van de maaiveldhoogten zijn de bekende dwarsdoorsnedes van de leggerwatergangen in de legger en/of het Sobek-model met het ahn2 vergeleken. Voor de gevallen waar deze waarden overeen komen zijn deze waarden gehanteerd als maaiveldhoogten. Voor de gevallen waar deze waarden in het Sobek-model ontbraken, is de maaiveldhoogte op basis van het Actueel Hoogtebestand Nederland 2 ingeschat.

Wijziging afwateringsroute
De verhoogde grondwaterstand heeft als gevolg dat door de verminderde berging in de bodem hogere piekafvoeren richting de leggerwatergangen zullen afvoeren. Deze piekafvoeren zullen (deels) via aangebrachte maaiveldverlagingen (slenken) stromen. De verlagingen, in combinatie met de afvoerroute, zijn gepresenteerd in bijlage 4. Op basis van de nieuwe afvoerroute via deze maaiveldverlagingen zijn de afzonderlijke afvoerpunten per afwateringsgebied in het model verplaatst naar het eerste benedenstroomse uitstroompunt in de leggerwatergangen.

De ruimtelijke verdelingen van de afvoergebieden voor de toekomstige situatie zijn gepresenteerd in bijlage 2, kaartbeeld 2.

Afvoerbelasting
Voor de gehanteerde maximale grondwaterstanden (GHG) in de toekomstige situatie (Korte Termijn) is gebruik gemaakt van de berekende grondwaterstanden welke zijn beschreven in het rapport: Hydrologische effectberekeningen PAS-maatregelen Punthuizen en Stroothuizen (R001-1237344BMP-agv-V01-NL, d.d. 17 juni 2016). De bepaling van de laterals in het model voor de toekomstige situatie zijn bepaald aan de hand van de empirische formule uit paragraaf 2.2, in combinatie met de hogere GHG's in het gebied. De hogere laterals, in combinatie met de plaatselijke verondieping, hebben tot gevolg dat er hogere waterstanden in de leggerwatergangen op zullen treden.

Toetsingsmethode
De gemodelleerde hogere waterstanden in de toekomstige situatie zijn op eenzelfde wijze getoetst als is gebeurd voor de huidige situatie. Dit houdt in dat op kaartbeelden inzichtelijk is gemaakt op welke locaties in het plangebied de maaiveldhoogte lager is dan de dichtstbijzijnde berekende leggerwaterstanden in het model. Deze kaartbeelden zijn hierna getoetst aan de provinciale verordening. De locaties waar de inundatie bij de van toepassing zijnde herhalingstijden niet voldoet aan de provinciale verordening zijn vervolgens aangemerkt als een aandachtsgebied voor de toekomstige situatie.

3 Toetsing huidige inrichting aan NBW-normen

3.1 Berekende inundaties bij extreme waterstanden

De resultaten van de inundatietoetsing van de huidige situatie voor herhalingstijden T=1, T=10, T=25 en T=100 zijn gepresenteerd in bijlage 5a.

Er zijn geen inundaties vanuit de leggerwatergangen berekend in het modelgebied.
In de huidige situatie voldoen de leggerwatergangen allen aan de provinciale verordening voor de NBW-beschermingsnormen en zijn er geen knelpunten.

4 Toetsing toekomstige inrichting aan NBW-normen

4.1 Verandering debieten bij herhalingstijd T=1

In de toekomstige situatie (Korte Termijn) zullen op een aantal plaatsen de afvoeren uit de gebieden veranderen. Neerslagpieken zullen via de slenken op de leggerwatergangen afvoeren. De realisatie van deze slenken zorgt er voor dat debieten in enkele gevallen via andere leggerwatergangen zullen stromen in vergelijking met de huidige situatie. De berekende veranderingen in de debieten bij herhalingstijd T=1 is gepresenteerd in bijlage 6.

De piekafvoeren in de toekomstige situatie bij herhalingstijd T=1 verschillen over het algemeen weinig ten opzichte van de piekafvoeren in de huidige situatie:

- Er is een gereduceerde piekafvoer aan de noord-oostkant van het plangebied, juist ten zuiden van de Brandlichterweg. De reden voor deze gereduceerde piekafvoer is de verwijdering van drainage en kavelsloten, in combinatie met het tijdelijk vasthouden van het water op het maaiveld in de natuurgebieden
- Door het dempen van een aantal watergangen aan de oostelijke kant van de Punthuizerweg en ten noorden van de Holtweg, zullen piekafvoeren in dit gebied ook veranderen. Er zal meer water via de slenk in de leggerwatergang welke langs het dieper gelegen ven ten noorden van de Klootschietbaan gaan stromen
- Ook in de overige leggerwatergangen zijn de piekafvoeren verhoogd, maar deze verhoging is beperkt. Deze verhoging komt door de verhoogde afvoer uit de landbouw- en natuurgebieden door de verhoogde grondwaterstanden

4.2 Berekende inundaties bij extreme waterstanden en toetsing aan NBW-beschermingsnormen

De resultaten van de inundatietoetsing van de toekomstige situatie (Korte Termijn) voor herhalingstijden T=1, T=10, T=25 en T=100 zijn gepresenteerd in bijlage 5b. De berekende afvoerbelastingen op basis van de GHG zijn daarbij niet gereduceerd (zie ook paragraaf 4.3).

In de toekomstige situatie zijn vier gebieden met inundatie aan te merken welke niet voldoen aan de provinciale verordening, de NBW-beschermingsnormen. Dit betreft de volgende gebieden:

1. De laagte ten oosten van de Punthuizerweg, ten noorden van de Klootschietbaan. Deze laagte betreft een dieper gelegen ven
2. Het gebied naast de Punthuizerweg, ten hoogte van de kruising met de Beuningerveldweg
3. Het gebied ten zuiden van de Holtweg, langs de oude loop van de Puntbeek
4. Het gebied ten zuiden van de Holtweg, aan de oostkant van de Punthuizerweg

Deze gebieden laten al inundatie zien in de toekomstige situatie voor herhalingstijd T=1.

Voor de herhalingstijden T=10, T=25 en T=100 zijn geen aanvullende gebieden aan te wijzen waar inundatie optreedt. Wel breiden de vier benoemde inundatiegebieden zich bij grotere herhalingstijd uit, en worden de inundatiedieptes groter.

4.3 Aanvullende verkennende berekeningen

In navolging op bovenstaande toetsingsresultaten is er een viertal aanvullende verkennende berekeningen uitgevoerd. Deze berekeningen betreffen de volgende scenario's:

- Een inschatting van de inundatie op basis van het Lange Termijn scenario. Bij dit scenario moet als kanttekening worden geplaatst dat de grondwaterstanden welke bij dit scenario zijn berekend onrealistisch hoog zijn ingeschat. Dit komt doordat de waterstanden van de Puntbeek in het grondwatermodel hoger zijn ingeschat dan wat uiteindelijk mogelijk is. De dimensionering van de Puntbeek zal in een later stadium verder worden uitgewerkt, wat zal zorgen voor lagere grondwaterstanden in het model, wat zorgt voor minder inundatie in het plangebied
- Een inschatting van de inundatie als een aantal watergangen niet tot 30 cm-mv worden verondiept, maar tot 50 cm-mv. Dit betreft de leggerwatergangen juist ten noorden van de klootschietbaan, en de leggerwatergangen langs de Punthuizerweg, ten zuiden van de Holtweg

Voor beide scenario's is zowel de T=10 als de T=25 situatie doorgerekend, wat een goede eerste inschatting geeft of in deze situatie de NBW-normeringsnormen behaald worden. De resultaten van deze aanvullende verkennende berekeningen zijn gepresenteerd in bijlage 5d.
Bij alle verkennende berekeningen vindt inundatie plaats op dezelfde vier eerder genoemde gebieden. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de inundatie niet zozeer het gevolg is van de verhoogde afvoeren door de verhoogde grondwaterstanden in het natuurgebied. De inundatie in de toekomstige situatie wordt met name veroorzaakt door de mate van verondieping waarbij het peil van de watergangen minimaal evenveel omhoog gaat als de verondieping.

4.4 Aanpassingen kunstwerken

Bij de verondieping van de watergangen zullen ook de duikers en kunstwerken verhoogd aangelegd moeten worden om de werking van de watergangen te waarborgen. Dit betreft zowel de kunstwerken in de leggerwatergangen, maar ook de kunstwerken waarmee kavelsloten zijn aangesloten op de leggerwatergangen.
In bijlage 7 is op een kaartbeeld gepresenteerd welke kunstwerken aangepast dienen te worden. Een aantal kunstwerken zal door de verondieping gedeeltelijk of geheel boven maaiveld worden uitgevoerd. Daarnaast zal voor een aantal kunstwerken de dekkingslaag boven het kunstwerk kleiner zijn dan 50 cm. Voor deze kunstwerken geldt dat er bepaald moet worden of de verondieping een probleem vormt voor de infrastructuur boven het kunstwerk, zoals riolering, internet-, telefonie- en electriciteitskabels en overige infrastructuur.

5 Conclusies

Voor de huidige situatie zijn geen gebieden aan te wijzen waar inundatie uit de leggerwatergangen optreedt. Het systeem voldoet in de huidige situatie aan de NBW-beschermingsnormen.

In de toekomstige situatie zijn vier gebieden aan te wijzen waar frequent (vanaf T=1) inundatie optreedt als het inrichtingsplan wordt gevolgd. Hier wordt niet voldaan aan de beschermingsnorm volgens de Provinciale Verordening en is sprake van een knelpunt. Dit betreft de volgende gebieden:

1. De laagtes ten oosten van de Punthuizerweg, ten noorden van de Klootschietbaan. Deze laagte betreft een dieper gelegen ven
2. Het gebied naast de Punthuizerweg, ten hoogte van de kruising met de Beuningerveldweg
3. Het gebied ten zuiden van de Holtweg, langs de oude loop van de Puntbeek
4. Het gebied ten zuiden van de Holtweg, aan de oostkant van de Punthuizerweg

In deze gebieden treedt ook inundatie op voor het scenario waarbij een select aantal leggerwatergangen minder verondiept worden.

Geconcludeerd wordt dat de inundatie met name het gevolg is van de mate van verondieping van de watergangen en slechts in beperkte mate door de verhoogde afvoeren door de hogere grondwaterstanden in de toekomstige situatie. Het maximum waterpeil gaat op de locaties met inundatie evenredig met de mate van verondieping omhoog. Hieruit kan worden geconcludeerd dat voor een aantal leggerwatergangen de in het inrichtingsplan beoogde verondieping tot 50 of 30 cm-mv niet haalbaar is (omdat daardoor NBW-knelpunten ontstaan).

Er wordt om deze reden geadviseerd om de volgende mogelijkheden te onderzoeken:

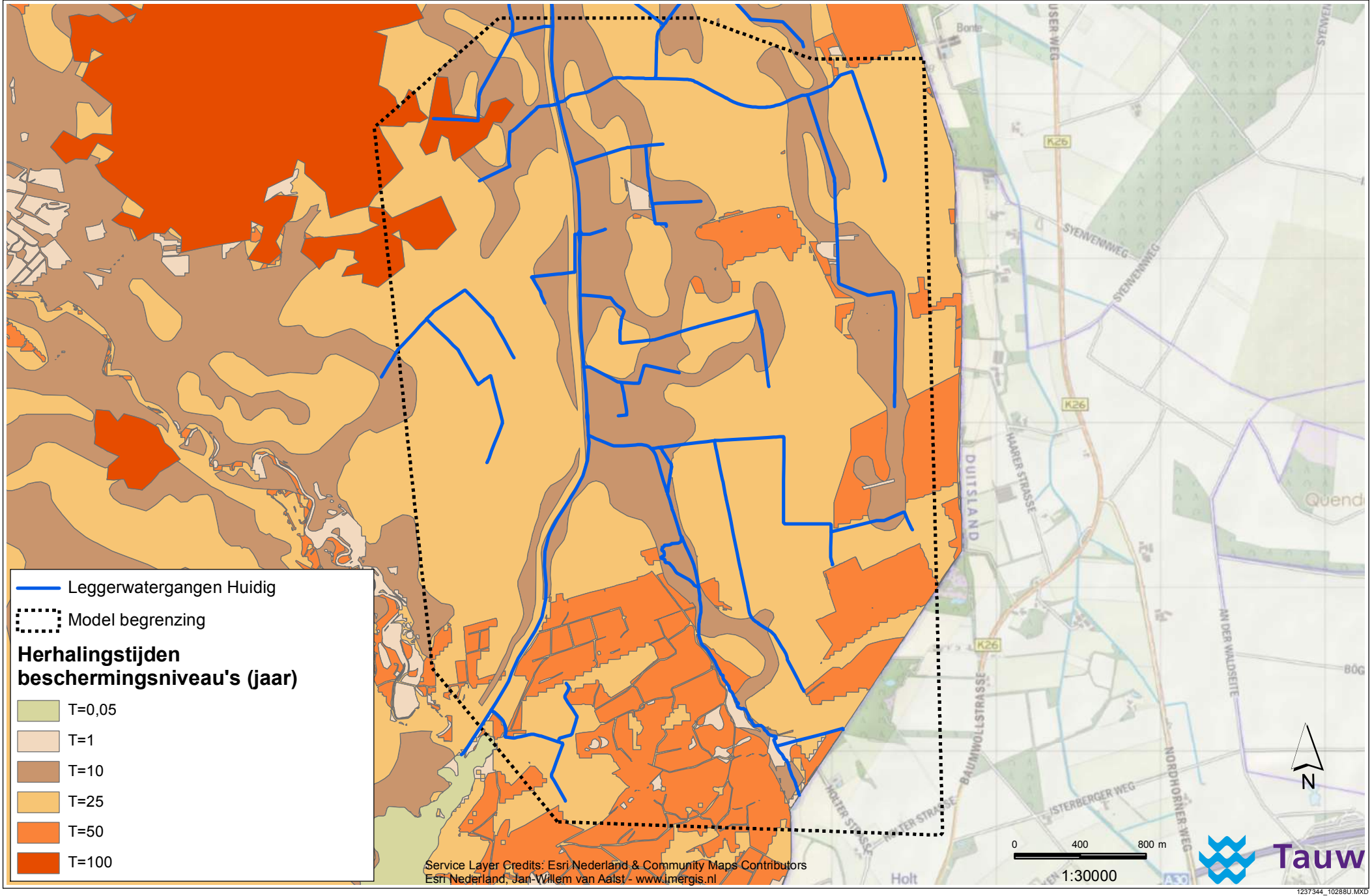
- Knelpunt 1: Realisatie van een bergend gebied en/of overloopgebied nabij de laagtes ten oosten van de Punthuizerweg, ten noorden van de Klootschietbaan, of ophoging van deze laagtes. Mogelijk biedt de aanleg van de slenk al voldoende berging, waardoor realisatie van extra berging rondom de leggerwatergang niet nodig blijkt. De berging van de slenken is in de huidige modellering niet meegenomen
- Knelpunten 2-4: Hydrologische isolatie van de leggerwatergang langs de Punthuizerweg met behulp van het aanbrengen van klei of keileem. Op deze wijze wordt de drainerende werking op de grondwaterstand in het Natura 2000-gebied tegengegaan, maar kan de huidige afvoercapaciteit van de leggerwatergang bij hoge afvoeren toch gewaarborgd worden. Daarnaast kan deze aanpassing kostenbesparend zijn, aangezien in deze leggerwatergang zich veel kunstwerken bevinden welke door de verondieping moeten worden aangepast

Bijlage

1

Provinciale beschermingsnormen

Beschermingsniveau's tegen inundatie - Provinciale verordening



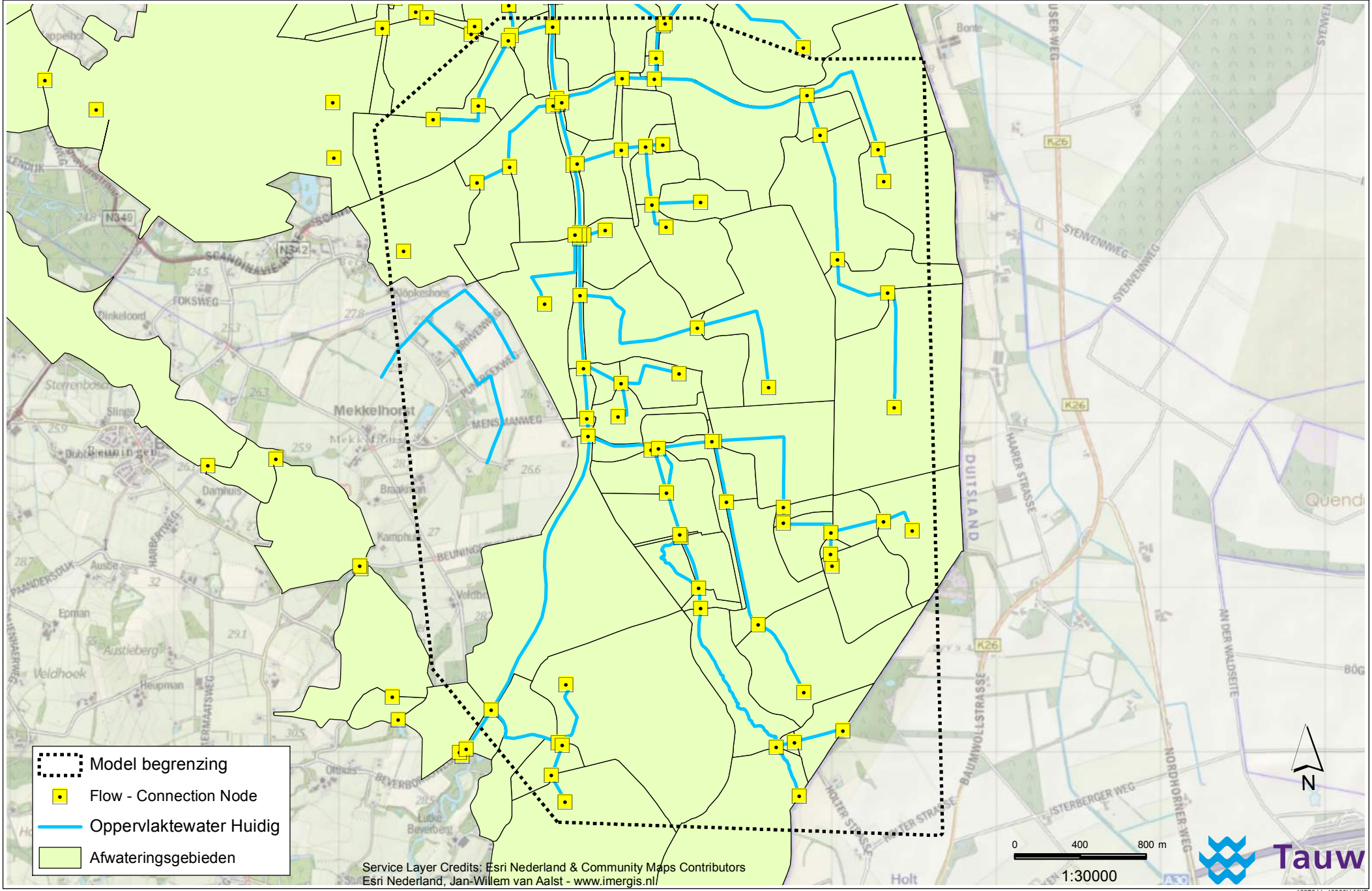
Bijlage

2

Ruimtelijke verdeling koppelpunten model – Huidige en toekomstige situatie

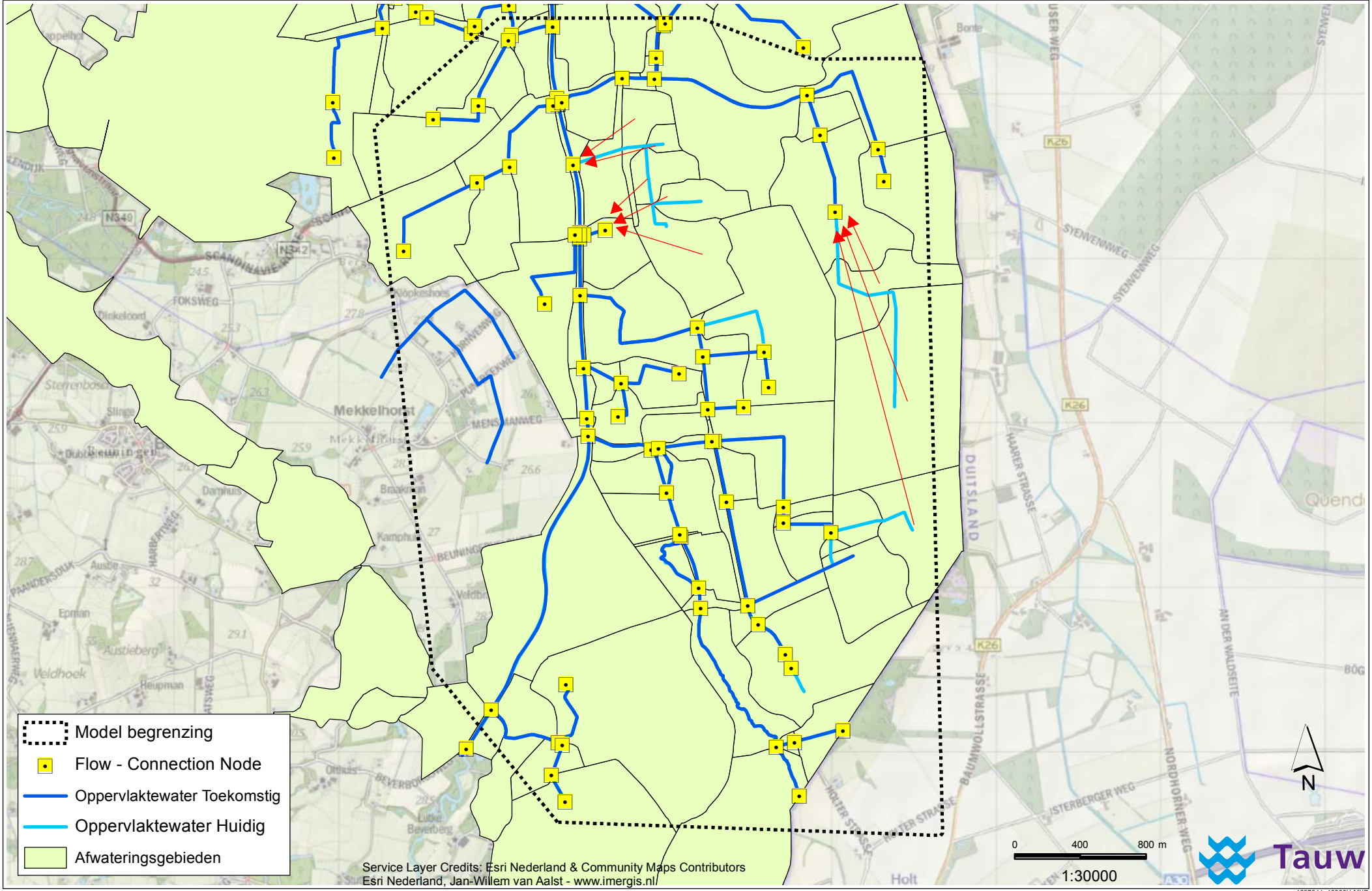
Koppelpunten afvoergebieden - huidige situatie

1

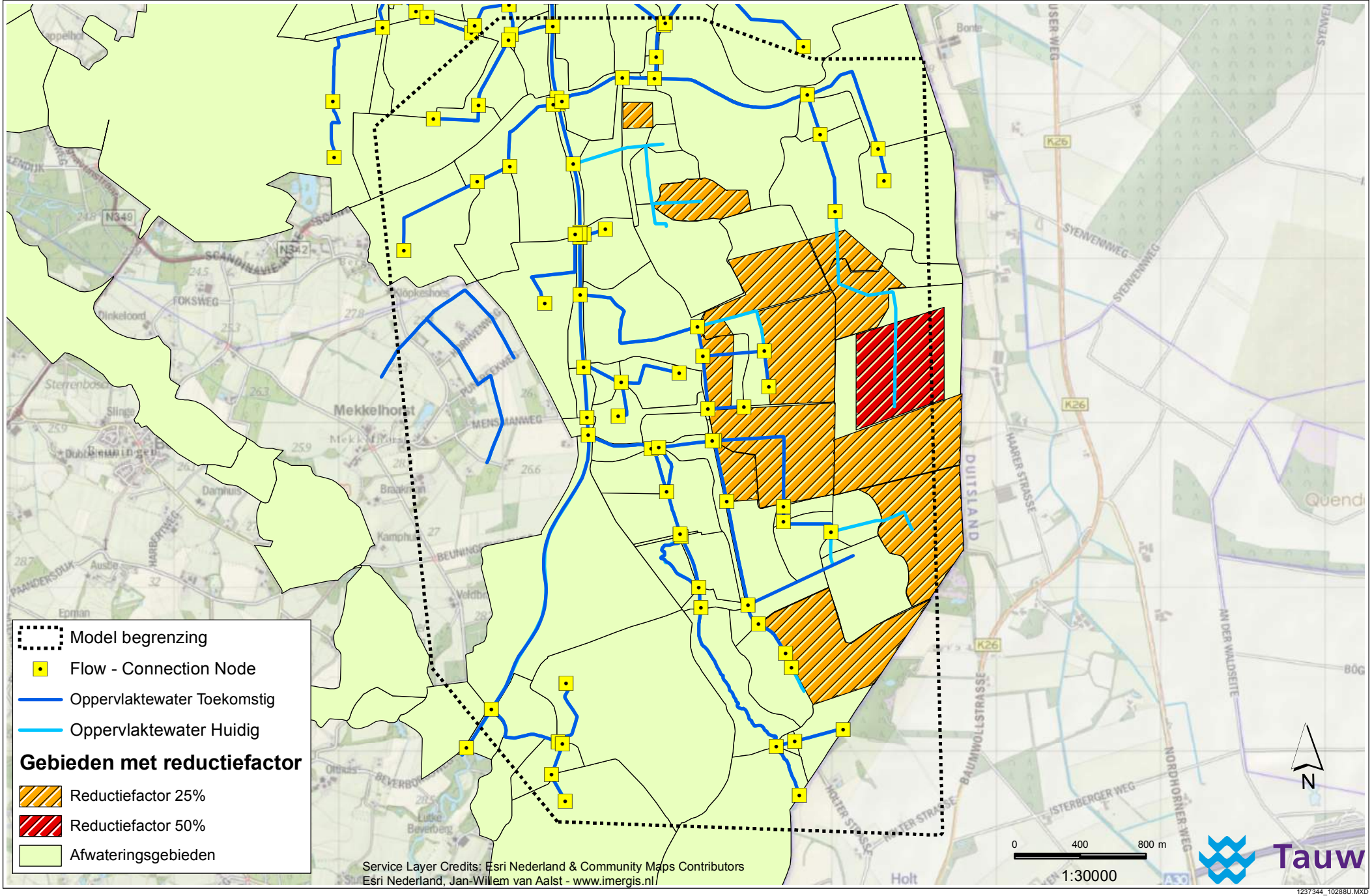


Koppelpunten afvoergebieden - toekomstige situatie

1



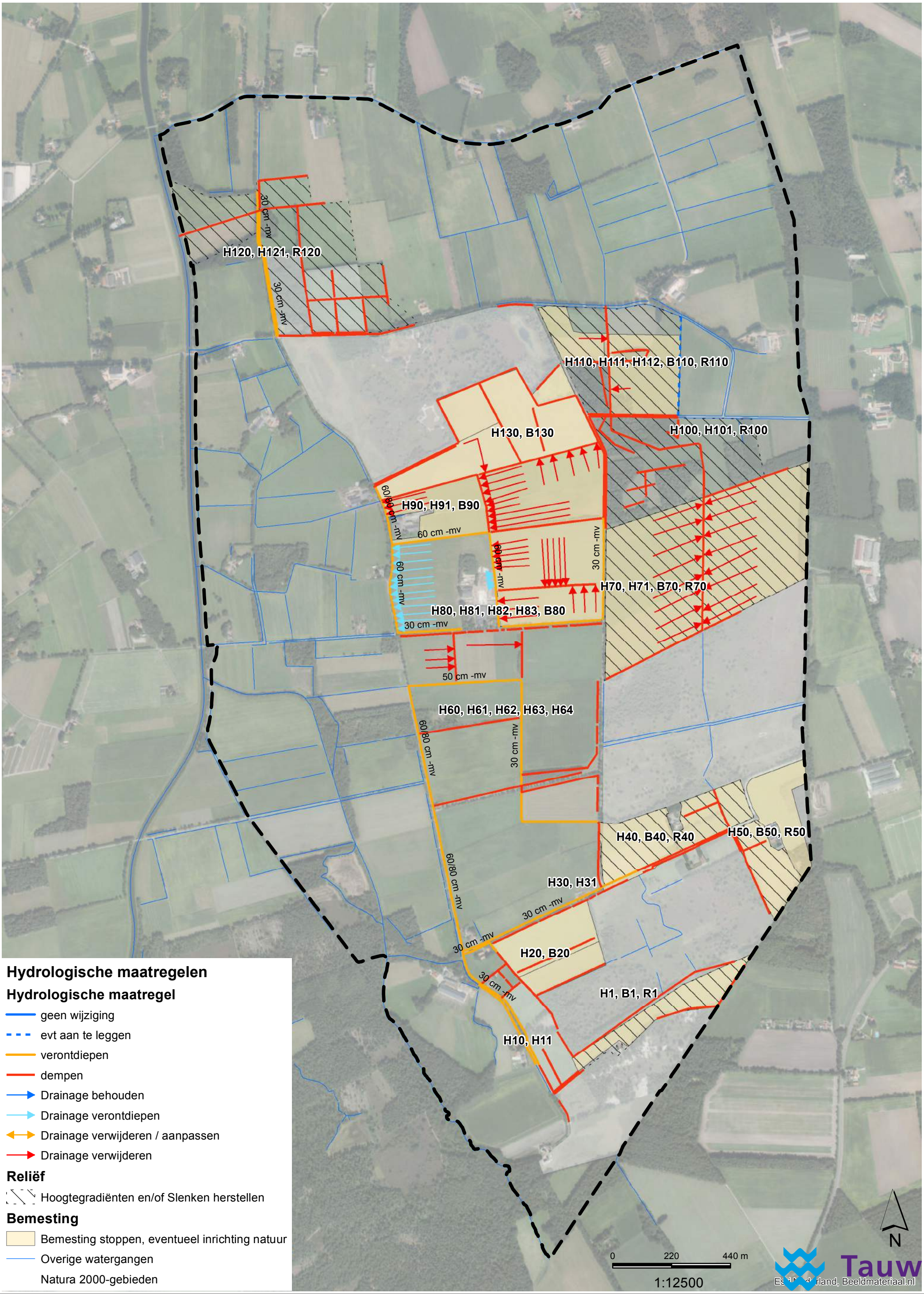
Afvoergebieden met reductiefactor - toekomstige situatie



Bijlage

3

Inrichtingsmaatregelen



1237344_10259D.MXD

Bijlage

4

Toekomstig slenkensysteem

Stroothuizen

Beuninger Achterveld

Punthuizen

Watersysteem

- Drainage
- Sloot (30 cm. diep)
- Sloot
- Herstelde slenk
- Indicatieve ligging slenk

Inrichting

- Nieuwe natuur
- Reeds bestaande natuur
- Reeds bestaande natuur, eigendom Staatsbosbeheer
- Landbouw met waterhandicap 1
- Landbouw met waterhandicap 2
- Landbouw met waterhandicap 3
- Landbouw met waterhandicap 4

N

0 80 160 m

Tauw

Bron: Esri Nederland, Beeldmateriaal.nl

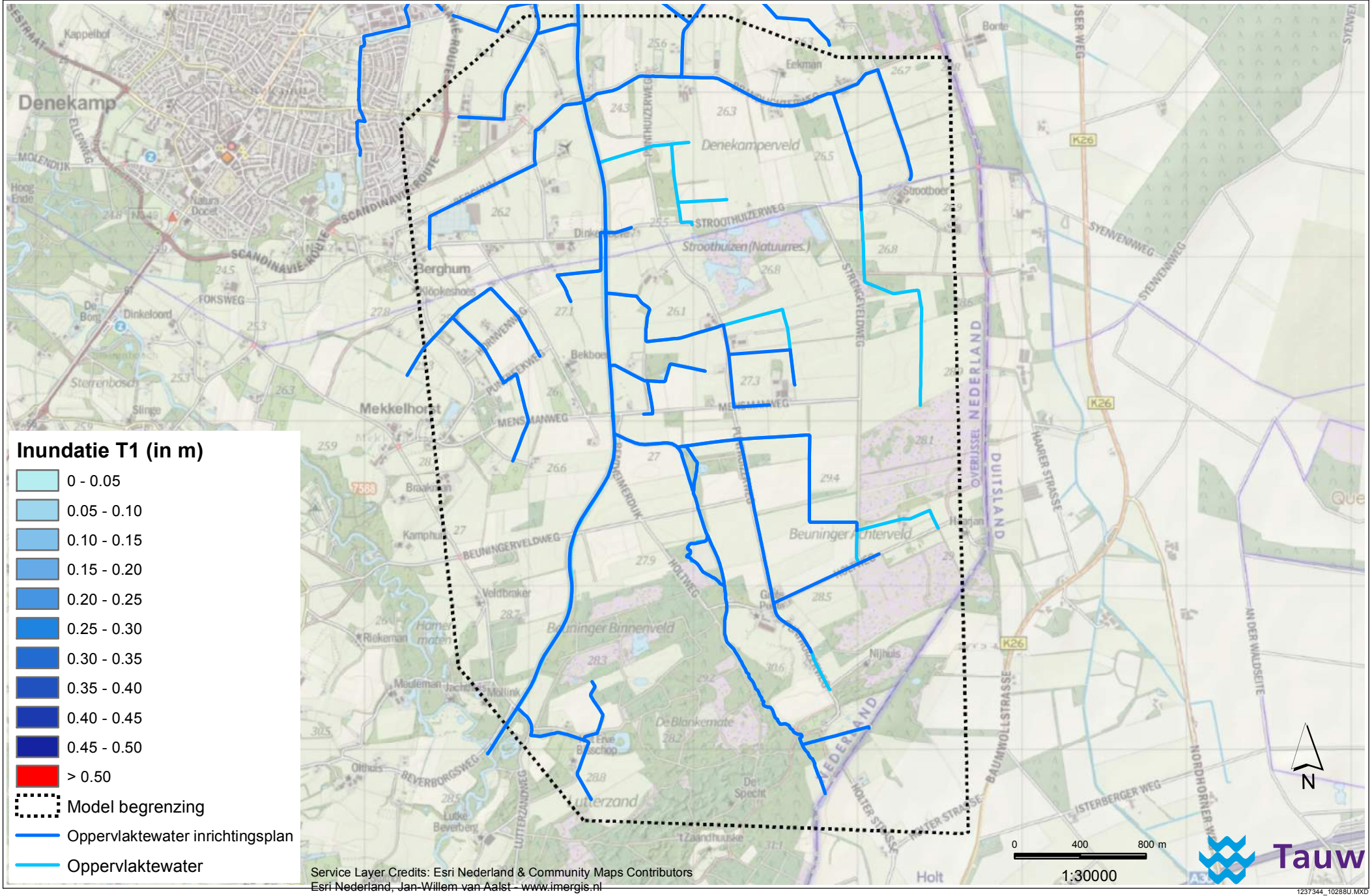
1237344_10305D.MXD

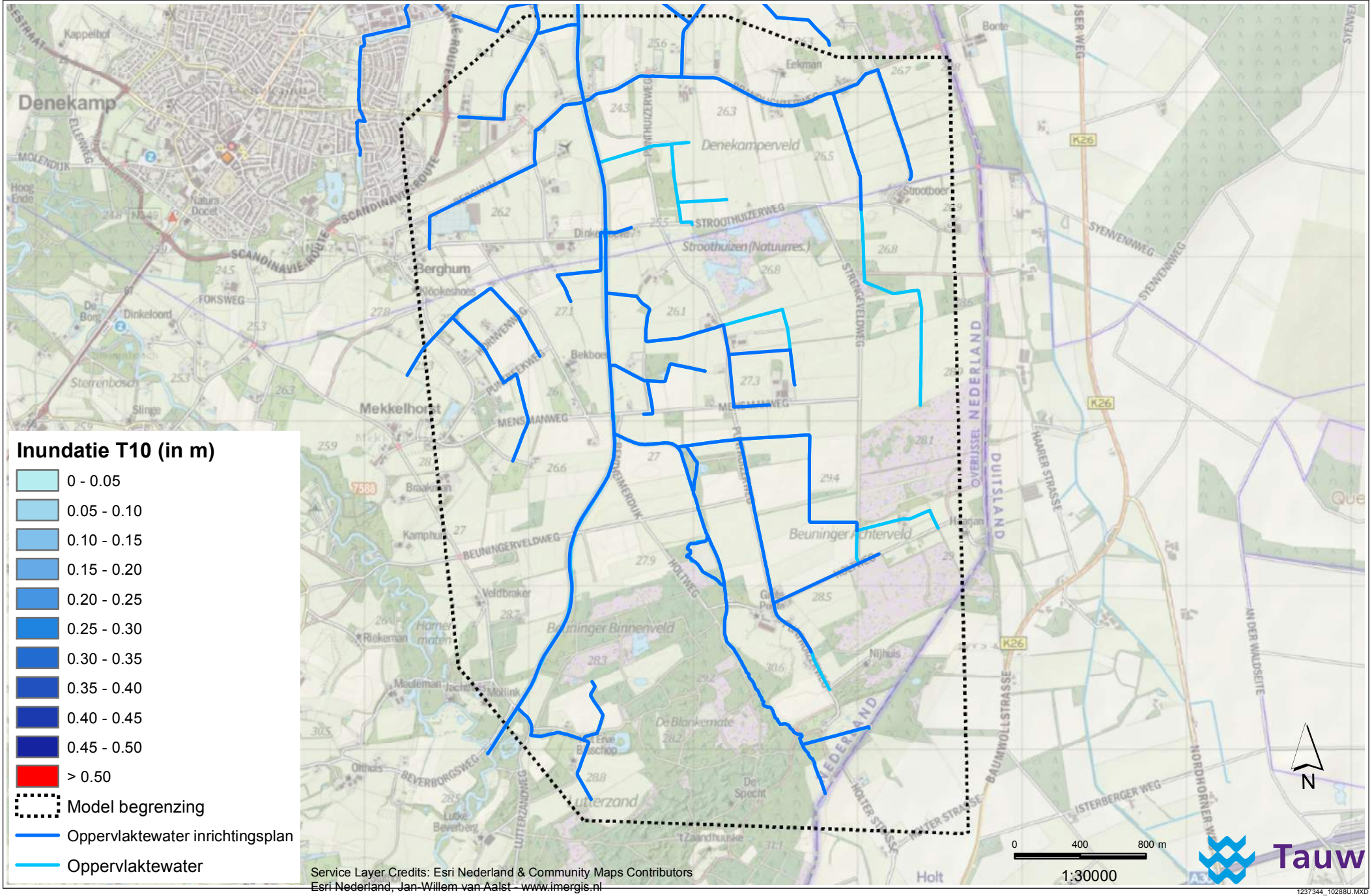
Bijlage

5

Inundatie watersysteem - herhalingstijden t1, t10, t25 en t100

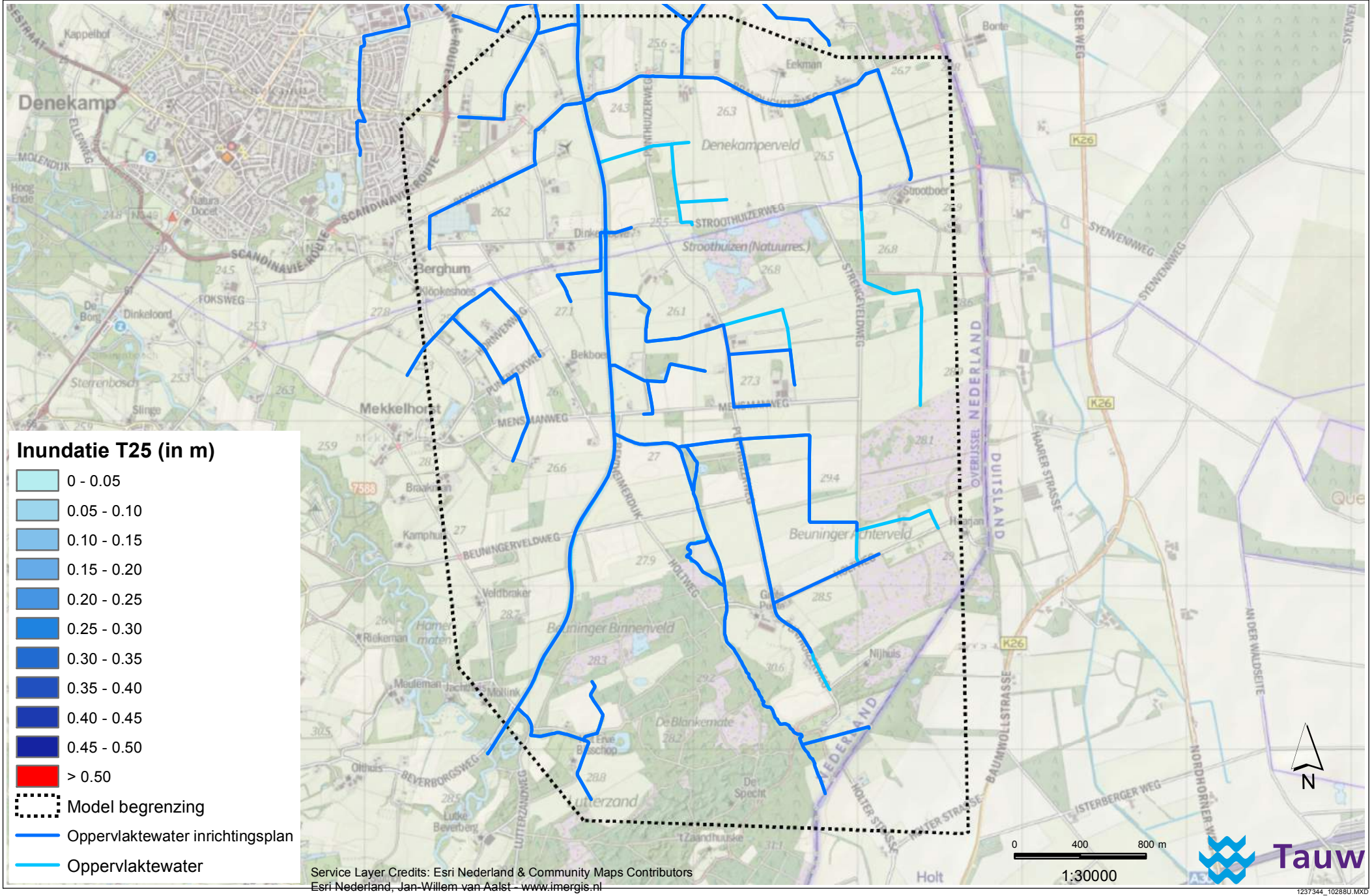
5a Huidige situatie


Inundatie T1 (in m)
0 - 0.05
0.05 - 0.10
0.10 - 0.15
0.15 - 0.20
0.20 - 0.25
0.25 - 0.30
0.30 - 0.35
0.35 - 0.40
0.40 - 0.45
0.45 - 0.50
> 0.50
Model begrenzing
Oppervlaktewater inrichtingsplan
Oppervlaktewater
Denekamp
Berghum
Mekkelhorst
Denekamperveld
Stroothuizen (Natuurres.)
Beuninger Achterveld
Beuninger Binnenveld
Holt
N
0
400
800 m
1:30000
Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl
Tauw
1237344_10288U.MXD


Inundatie T10 (in m)
0 - 0.05
0.05 - 0.10
0.10 - 0.15
0.15 - 0.20
0.20 - 0.25
0.25 - 0.30
0.30 - 0.35
0.35 - 0.40
0.40 - 0.45
0.45 - 0.50
> 0.50
Model begrenzing
Oppervlaktewater inrichtingsplan
Oppervlaktewater
Denekamp
Berghum
Mekkelhorst
Denekamperveld
Stroothuizen (Natuurres.)
Beuninger Achterveld
Beuninger Binnenveld
Holt
N
0
400
800 m
1:30000
Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl
Tauw
1237344_10288U.MXD

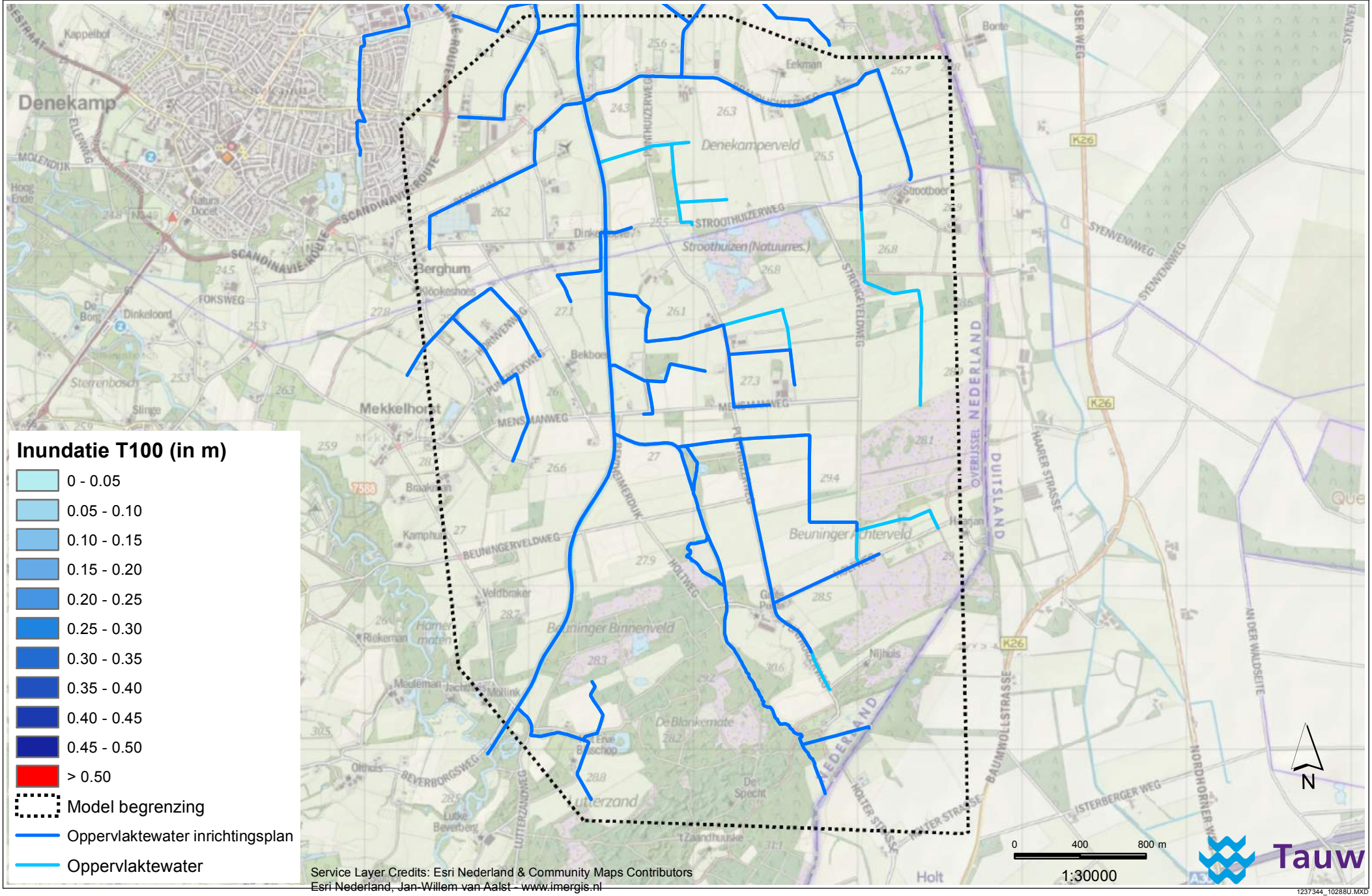
Huidige situatie na modelaanpassingen

3



Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl

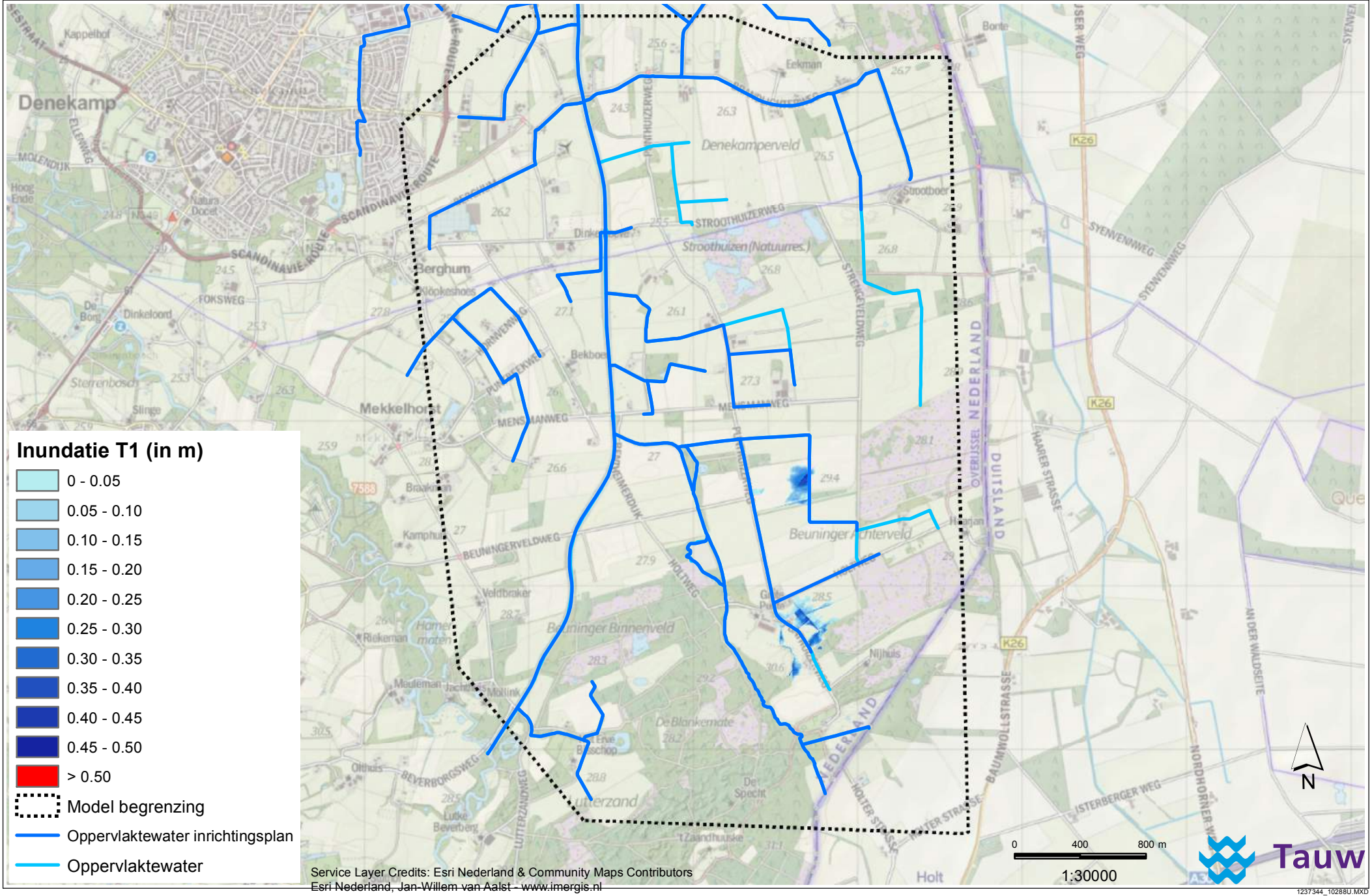
1237344_10288U.MXD


Inundatie T100 (in m)
0 - 0.05
0.05 - 0.10
0.10 - 0.15
0.15 - 0.20
0.20 - 0.25
0.25 - 0.30
0.30 - 0.35
0.35 - 0.40
0.40 - 0.45
0.45 - 0.50
> 0.50
Model begrenzing
Oppervlaktewater inrichtingsplan
Oppervlaktewater
Denekamp
Berghum
Mekkelhorst
Denekamperveld
Stroothuizen (Natuurres.)
Beuninger Achterveld
Beuninger Binnenveld
De Blankemate
Lutterzand
Holt
Nijhuis
Dinkeloord
Sterrenbosch
Slinge
Veldbraker
Rickerman
Meuleman
Mollink
Olthuis
Lutke Beverberg
't Zaandhuuske
De Specht
Eekman
Bonte
Strootboer
Bekboer
Kappelhof
Hoog Ende
Natura Docet
De Bont
Braakman
Kamphuis
Hamer mate
STROOTHUIZERWEG
STRENGEVELDWEG
BEUNINGERVELDWEG
HOLTWEG
BEVERBORGSWEG
LUTTERZANDWEG
MENSINGWEG
FOKSWEG
MOLENDIJK
ELLENWEG
SCANDINAVIE-ROUTE
SYENVENNWEG
HAARER STRASSE
BAUMWOLLSTRASSE
NORDHORNER W.
ISTERBERGER WEG
OVERIJSSEL
NEDERLAND
DUITSLAND
K26
7588
N
0
400
800 m
1:30000
Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl
Tauw
1237344_10288U.MXD

5b Korte termijn maatregelen

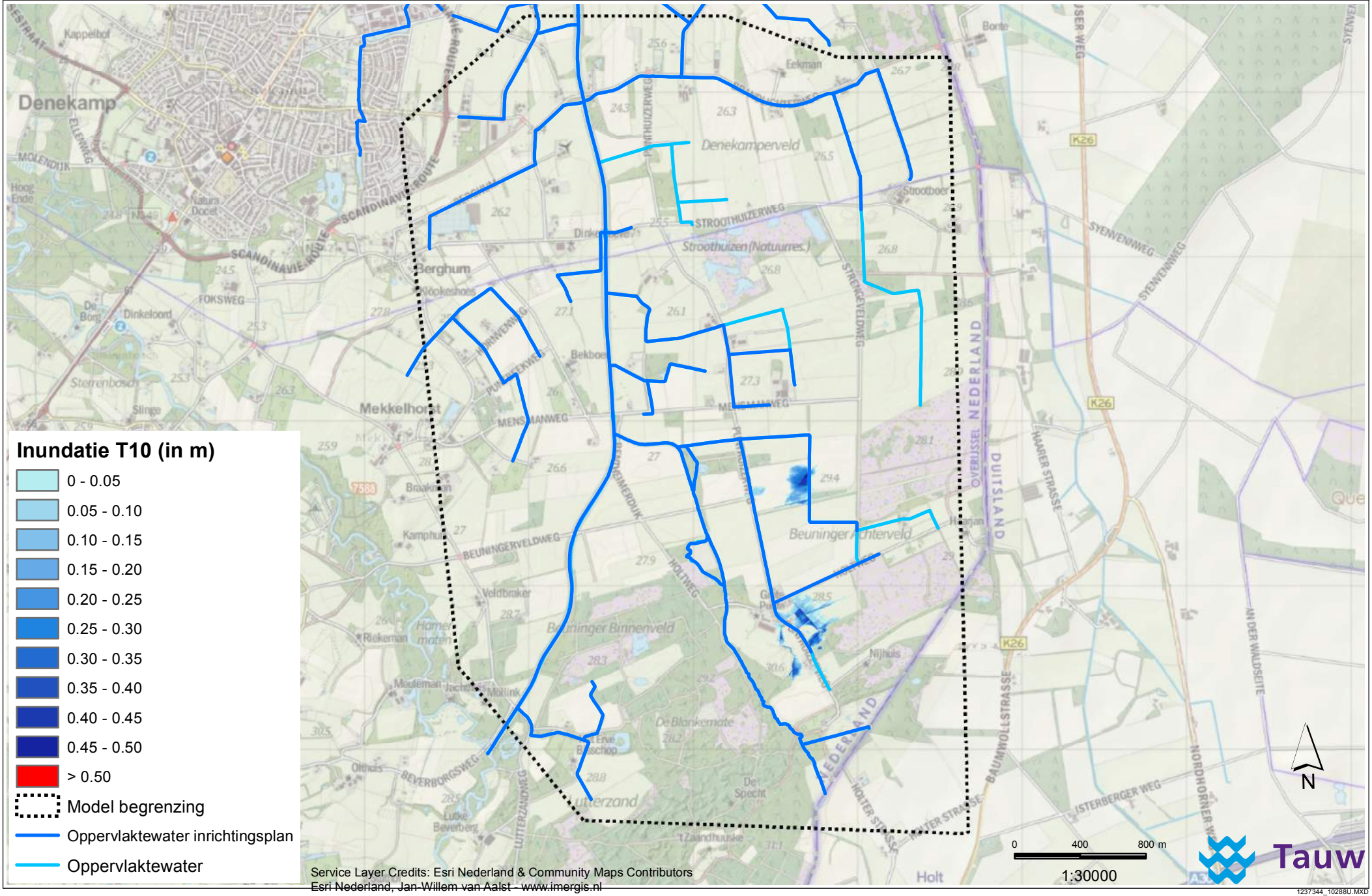
Korte termijn na modelaanpassing

5



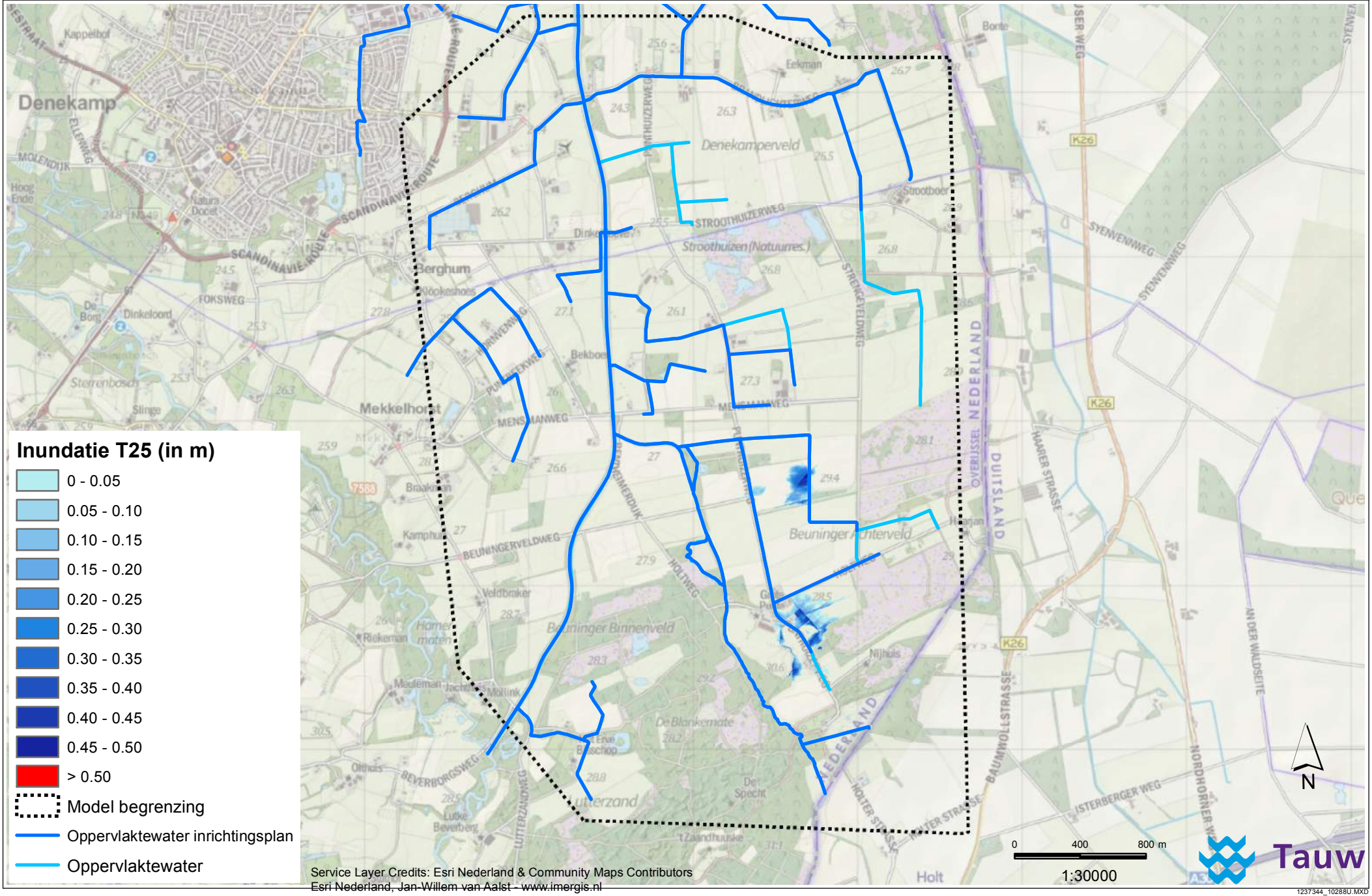
Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl

1237344_10288U.MXD


Inundatie T10 (in m)
0 - 0.05
0.05 - 0.10
0.10 - 0.15
0.15 - 0.20
0.20 - 0.25
0.25 - 0.30
0.30 - 0.35
0.35 - 0.40
0.40 - 0.45
0.45 - 0.50
> 0.50
Model begrenzing
Oppervlaktewater inrichtingsplan
Oppervlaktewater
Denekamp
Berghum
Mekkelhorst
Denekamperveld
Stroothuizen (Natuurres.)
Beuninger Achterveld
Beuninger Binnenveld
Holt
N
0
400
800 m
1:30000
Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl
Tauw
1237344_10288U.MXD

Korte termijn na modelaanpassing

7

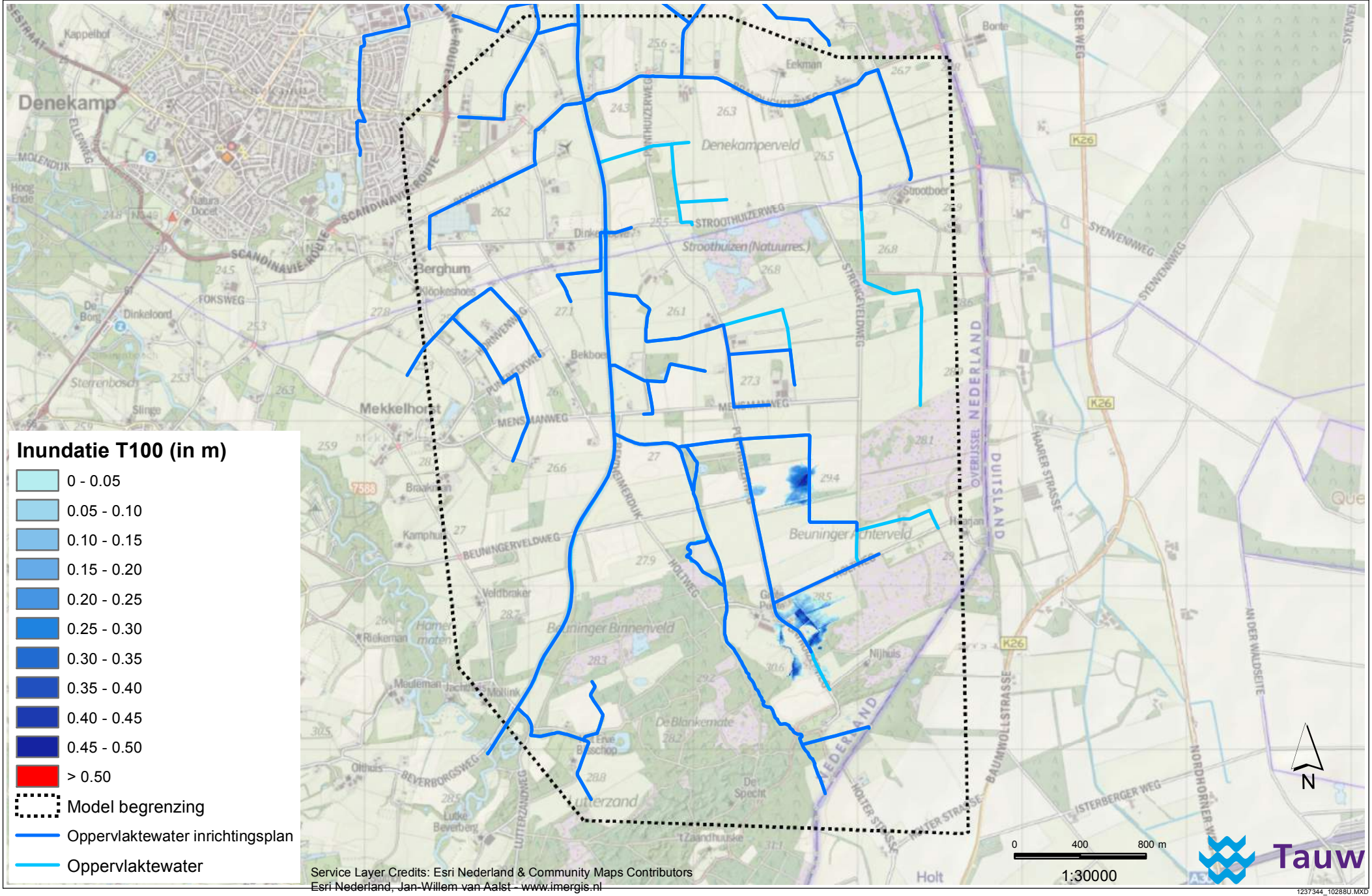


Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl

1237344_10288U.MXD

Korte termijn na modelaanpassing

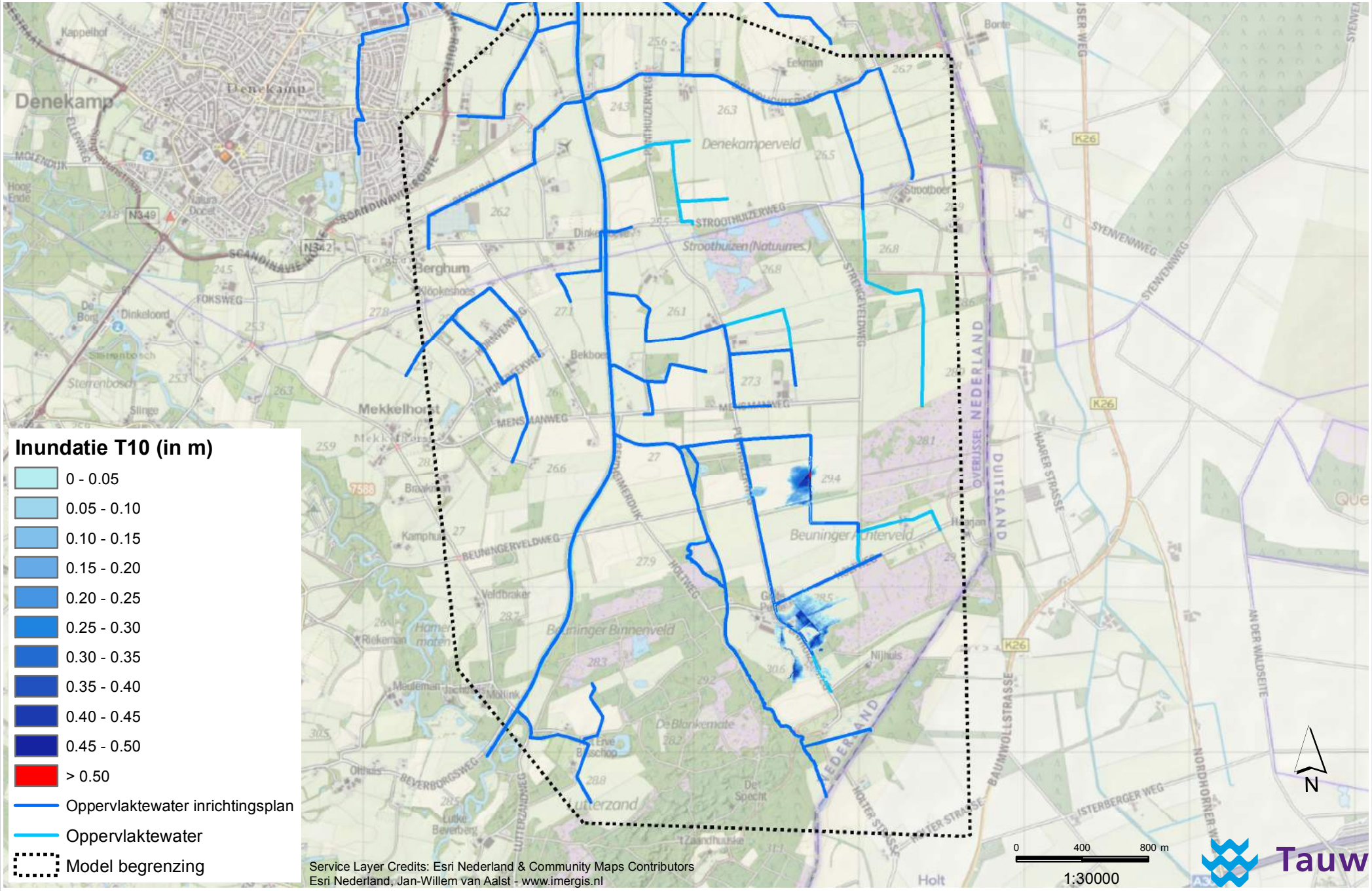
8

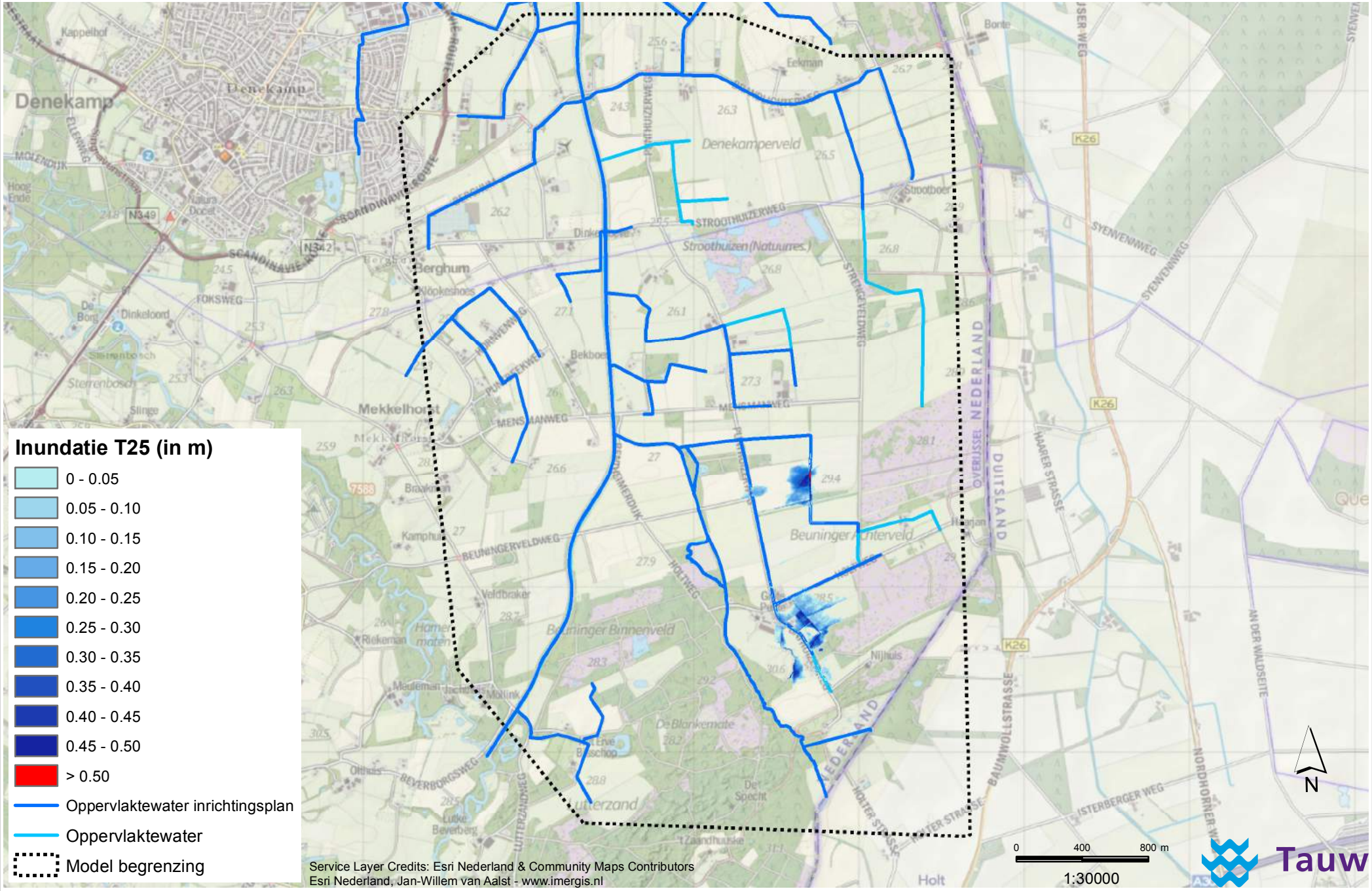


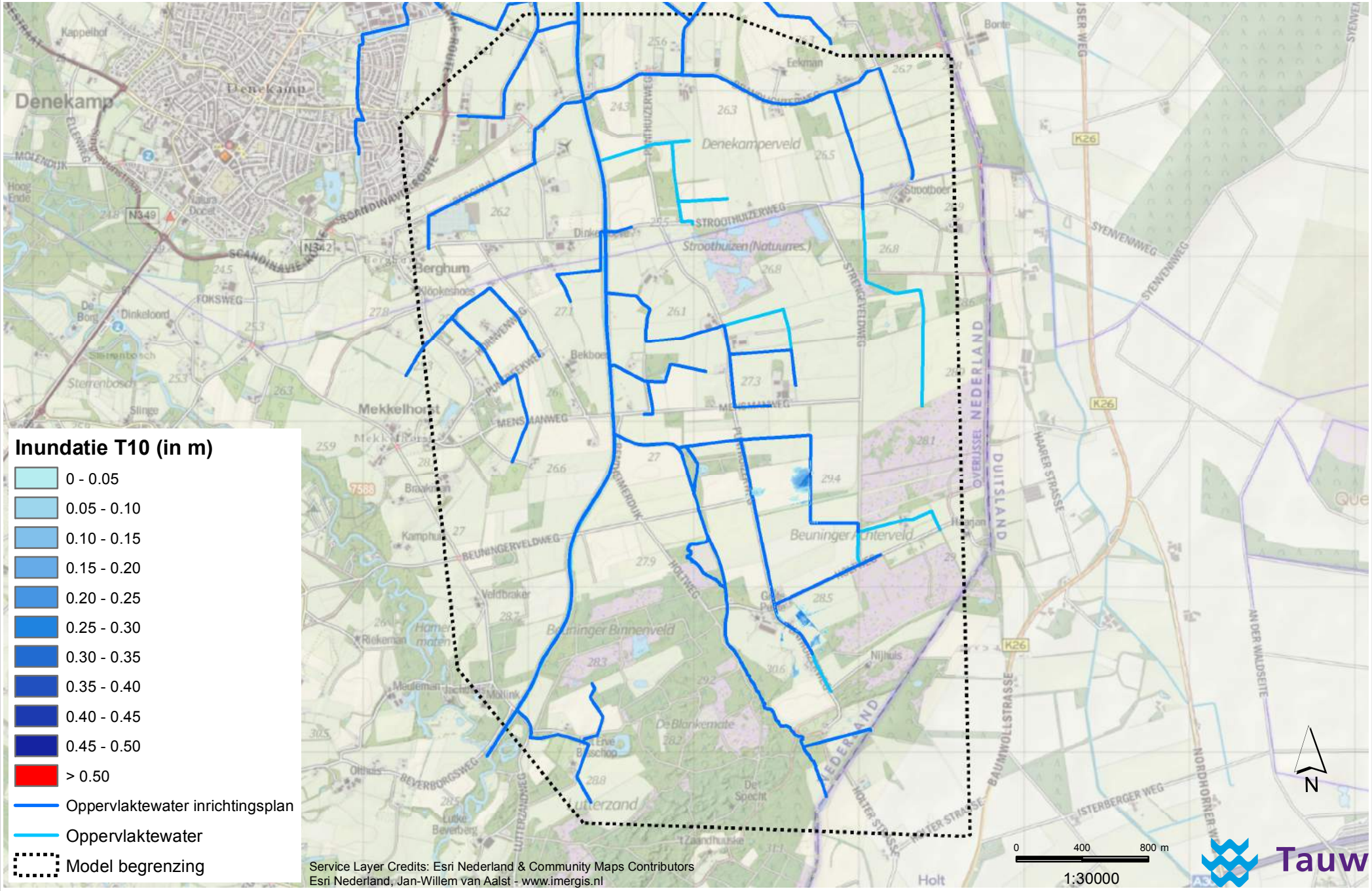
Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl

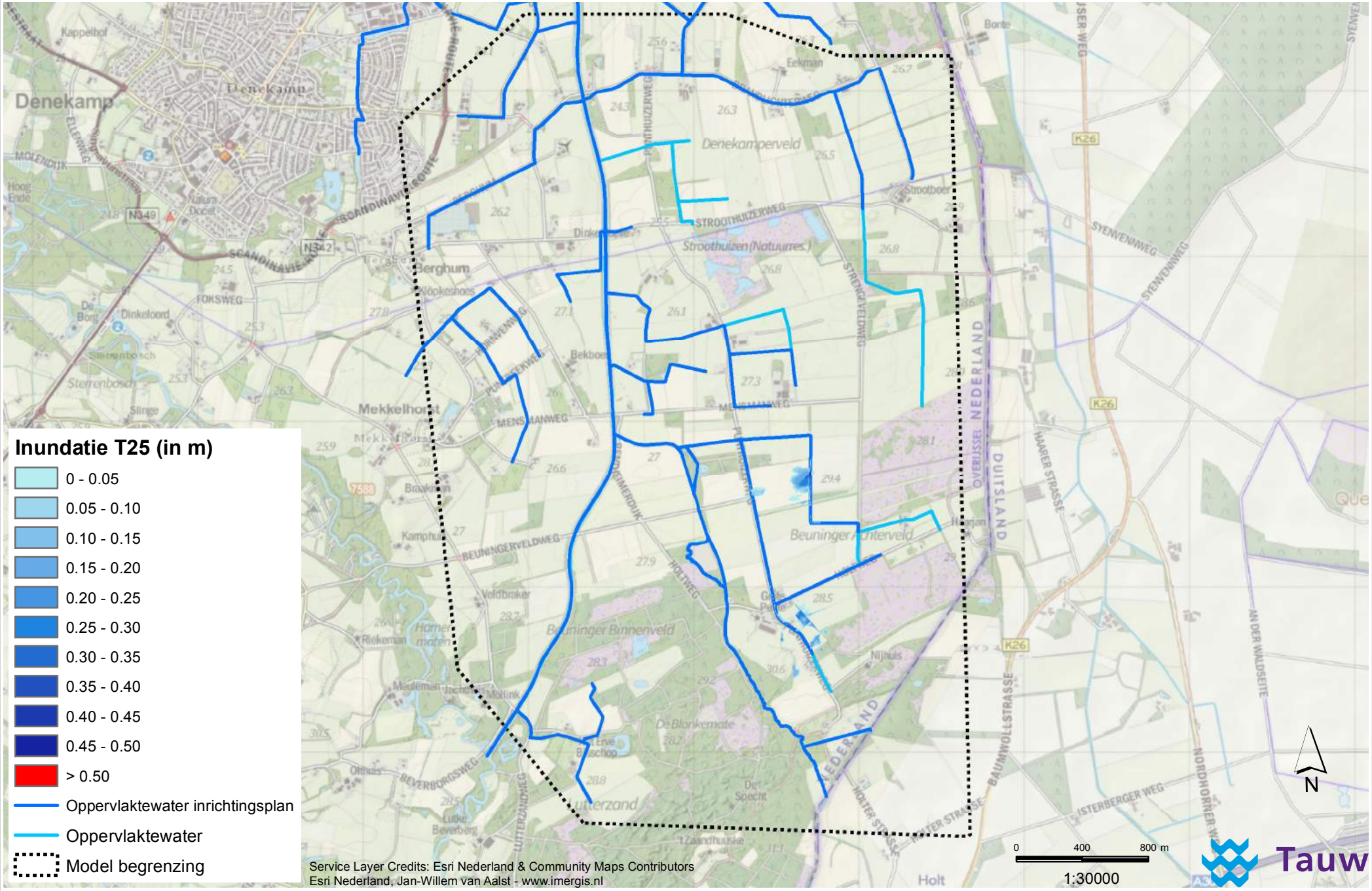
1237344_10288U.MXD

5c Aanvullende analyses


Inundatie T10 (in m)
0 - 0.05
0.05 - 0.10
0.10 - 0.15
0.15 - 0.20
0.20 - 0.25
0.25 - 0.30
0.30 - 0.35
0.35 - 0.40
0.40 - 0.45
0.45 - 0.50
> 0.50
Oppervlaktewater inrichtingsplan
Oppervlaktewater
Model begrenzing
Denekamp
Berghum
Mekkelhorst
Beuninger Achterveld
Beuninger Binnenveld
Denekamperveld
Stroothuizen (Natuurres.)
Lutterzand
Holt
N
0 400 800 m
1:30000
Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl
Tauw
1237344_10288U.MXD


Inundatie T25 (in m)
0 - 0.05
0.05 - 0.10
0.10 - 0.15
0.15 - 0.20
0.20 - 0.25
0.25 - 0.30
0.30 - 0.35
0.35 - 0.40
0.40 - 0.45
0.45 - 0.50
> 0.50
Oppervlaktewater inrichtingsplan
Oppervlaktewater
Model begrenzing
Denekamp
Berghum
Mekkelhorst
Stroothuizen (Natuurres.)
Denekamperveld
Beuninger Achterveld
Beuninger Binnenveld
Lutterzand
Holt
Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl
0 400 800 m
1:30000
N
Tauw
1237344_10288U.MXD


Inundatie T10 (in m)
0 - 0.05
0.05 - 0.10
0.10 - 0.15
0.15 - 0.20
0.20 - 0.25
0.25 - 0.30
0.30 - 0.35
0.35 - 0.40
0.40 - 0.45
0.45 - 0.50
> 0.50
Oppervlaktewater inrichtingsplan
Oppervlaktewater
Model begrenzing
Denekamp
Berghum
Mekkelhorst
Stroothuizen (Natuurres.)
Denekamperveld
Beuninger Achterveld
Beuninger Binnenveld
Lutterzand
Holt
Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl
0 400 800 m
1:30000
N
Tauw
1237344_10288U.MXD

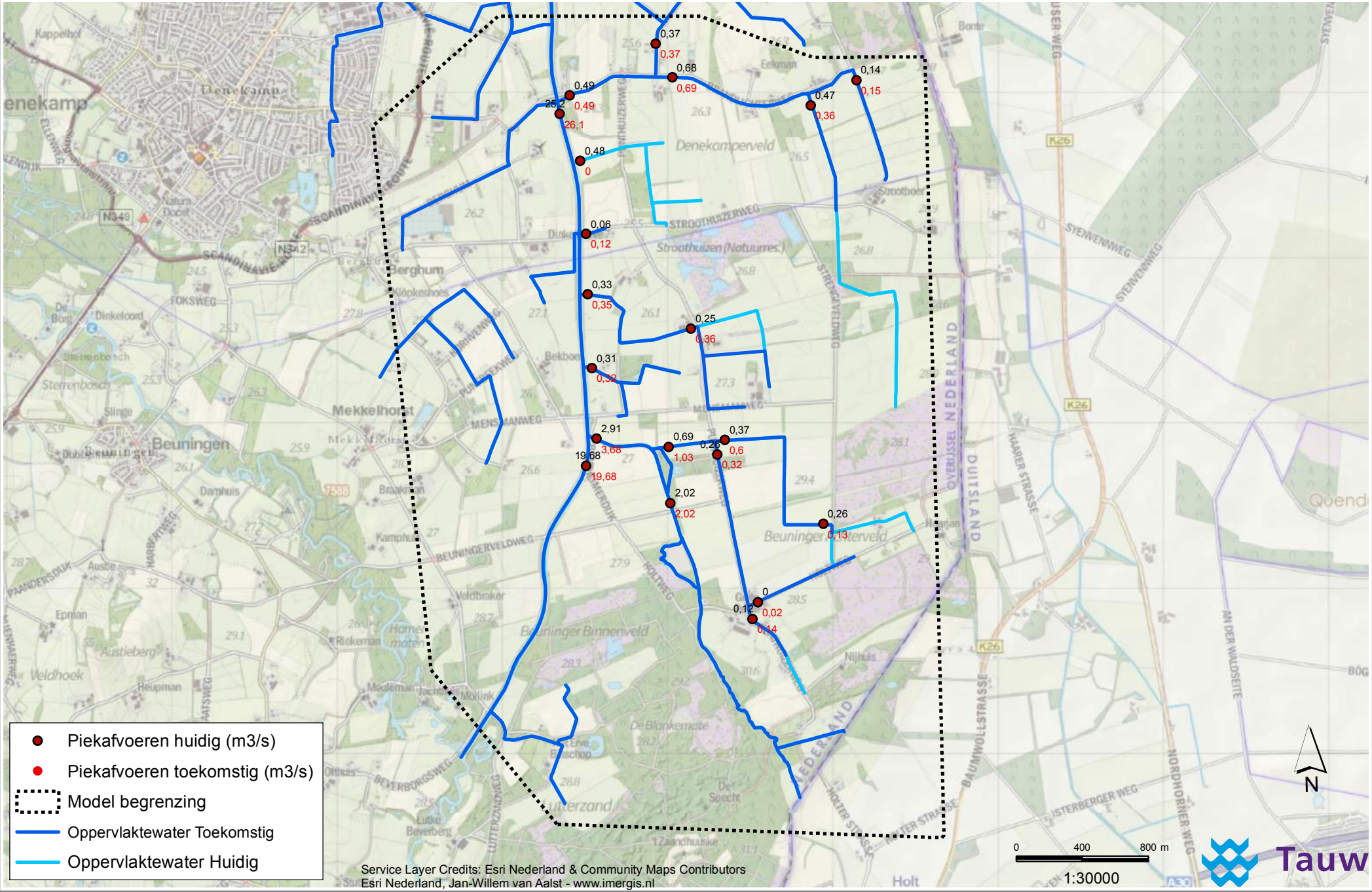

Inundatie T25 (in m)
0 - 0.05
0.05 - 0.10
0.10 - 0.15
0.15 - 0.20
0.20 - 0.25
0.25 - 0.30
0.30 - 0.35
0.35 - 0.40
0.40 - 0.45
0.45 - 0.50
> 0.50
Oppervlaktewater inrichtingsplan
Oppervlaktewater
Model begrenzing
Service Layer Credits: Esri Nederland & Community Maps Contributors
Esri Nederland, Jan-Willem van Aalst - www.imergis.nl
0 400 800 m
1:30000
N
Tauw
1237344_10288U.MXD

Bijlage

6

Berekende piekafvoeren huidige situatie en korte termijn maatregelen

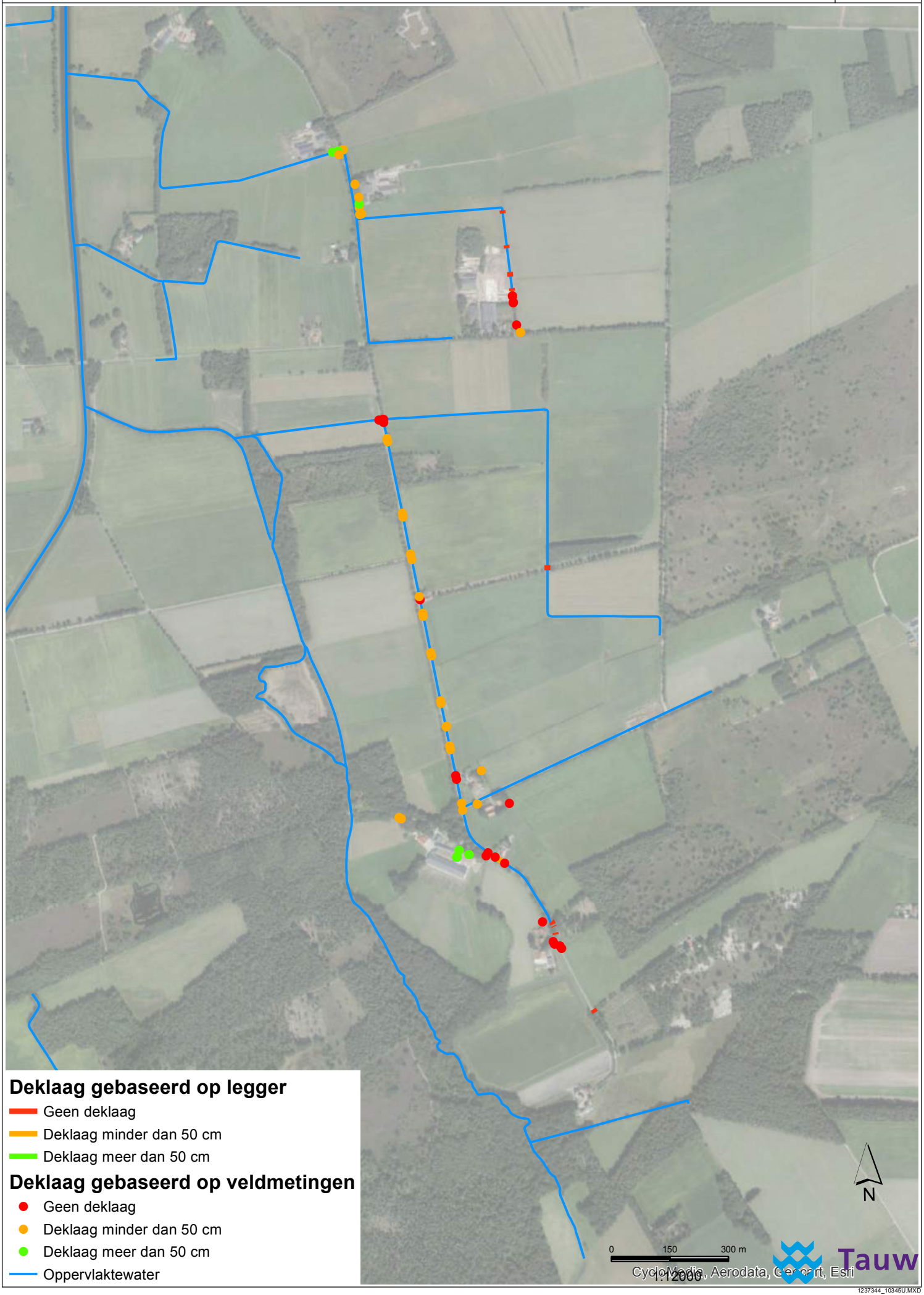
Piekafvoeren huidige en toekomstige situatie (met reductiefactor) - T=1 - Korte Termijn (m3/s)



Bijlage

7

Analyse voldoen deklaag duikers als gevolg van verondieping


Deklaag gebaseerd op legger
Geen deklaag
Deklaag minder dan 50 cm
Deklaag meer dan 50 cm
Deklaag gebaseerd op veldmetingen
Geen deklaag
Deklaag minder dan 50 cm
Deklaag meer dan 50 cm
Oppervlaktewater
N
0
150
300 m
1:12000
CycloMedia, Aerodata, Geodart, Esri
Tauw
1237344_10345U.MXD

Bijlage 11

Voorstel uit te voeren Interne PAS-maatregelen Dinkelland

(Punthuizen, Stroothuizen, Beuninger Achterveld)

Voorstel uit te voeren interne PAS maatregelen Dinkelland (Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld), d.d. 17-10-2017

Maatregelen zoals opgenomen in de gebiedsanalyse

M19	Periodiek plaggen	Vochtige heide, pioniervegetaties met snavelbiezen
M20	Plaggen (evt. bekalken of chopperen)	Droge heiden
M21	Opslag verwijderen	Vochtige heide, droge heide, blauwgrasland
M22	Eenmalig kleinschalig plaggen	Blauwgrasland
M29	Dempen greppels Beuninger Achterveld	*Alle verdrogingsgevoelige HT*

Aanvullend op gebiedsanalyse

1. Dempen bomkraters en zandafgraving Beuninger Achterveld t.b.v. lokale hydrologie (dempen evt. met vrijgekomen plagsel);
2. Dempen bomkraters Punthuizen t.b.v. lokale hydrologie;
3. Bos gefaseerd verwijderen in randen deelgebieden;
4. Dam verwijderen noordrand Beuninger Achterveld (lange termijn, na inrichting verbindingszone).

Maatregel M19: periodiek plaggen ten behoeve van habitattype pioniervegetaties met snavelbiezen (H7150), heischrale graslanden (H6230) en vochtige heiden (H4010A). In de gebiedsanalyse is een oppervlakte opgenomen van 1,08 ha H7150, 0,45 ha H6230 en 18,5 ha H4010A waarbinnen plagwerkzaamheden moeten worden uitgevoerd. De genoemde oppervlaktes komen overeen met de oppervlaktes van de gekarteerde habitattypen. Binnen de terreinen van Staatsbosbeheer wordt er circa 10 ha geplagd.

Onderbouwing maatregel

Door een combinatie van verdroging, stikstofdepositie en vermesting van grond- en oppervlaktewater gaat de kwaliteit van deze habitattypen achteruit; de hogere input van nutriënten zorgt voor een voedingstoestand van de bodem. Dit zorgt voor dominantie van o.a. grassoorten die de oorspronkelijke vegetatie in de verdrukking brengt. Het effect versterkt zichzelf ook: door een hogere groeisnelheid van dit oorspronkelijke schrale systeem accumuleert zich organisch materiaal in de toplaag van de bodem. Plaggen is een manier om in één keer een opgebouwd overschot aan nutriënten uit het systeem te verwijderen. Vaak is de ondergrond, die bij deze habitattypen veelal bestaat uit voedselarm zand, nog relatief schraal; als de toplaag wordt verwijderd zijn de verstorende grassen én de voedselrijke laag weg en kan de oorspronkelijke vegetatie zich opnieuw ontwikkelen.

Onderbouwing oppervlakte

De delen in Punthuizen-Stroothuizen waar deze maatregel ingezet moet worden bevinden zich in de als H7150, H6230 en H4010A gekarteerde plaatsen. Ook zoekgebieden en combinatietypen komen in aanmerking. De goed ontwikkelde vegetaties hoeven niet te worden geplagd. Ook zijn er al delen recentelijk geplagd, deze hoeven voor 1 juli 2012 niet nogmaals geplagd te worden.

Bij het uitvoeren van de plagwerkzaamheden is het belangrijk dat goed wordt aangesloten op de ecologische ontwikkelingen die van jaar tot jaar en van plek tot plek wijzigen. Voorbeelden daarvan zijn

het voorkomen van het heidehaantje, ontkieming nectarplanten, etc. Om die reden bepalen onze boswachter ecologie en de boswachter beheer vlak voor de uitvoering de meest geschikte te plaggen locaties ten behoeve van de ontwikkeling van de hierboven genoemde habitattypen. De te plaggen locaties zijn daarom niet op kaart ingetekend.

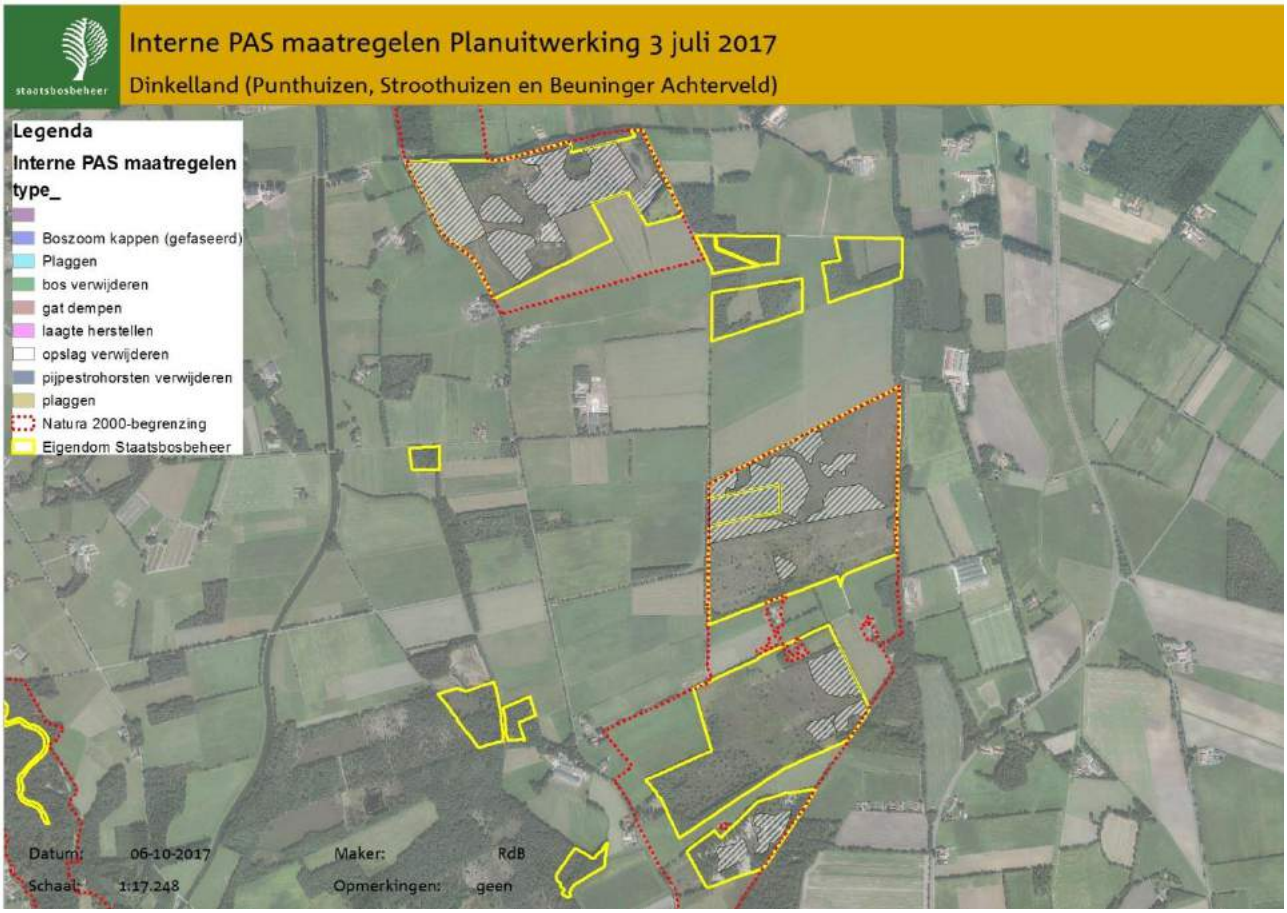
Randvoorwaarden
Voordat er binnen de deelgebieden geplagd en of gechopperd kan worden moet eerst de hydrologie op orde zijn. Intern worden de bestaande greppels gedempt met schoon zand (waar mogelijk met zand uit de naastgelegen te verwijderen walletjes). Extern worden watergangen t.b.v. de landbouwkundige afwatering gedempt en/of verondiept en drainage verwijderd. Vlak voor, gelijktijdig of kort nadat het grondwaterpeil omhoog wordt gebracht dienen de plagwerkzaamheden uitgevoerd te worden. In ieder geval niet (ruim) voor hydrologisch herstel.

Maatregel M20: verwijderen toplaag (chopperen) ten behoeve van habitattype heischrale graslanden (H6230) (het gaat hier meer om een heischrale variant van een blauwgrasland) en droge heiden (H4030). In de gebiedsanalyse is een oppervlakte opgenomen van 0,45 ha H6230 en 41,63 ha H4030 waarbinnen plagwerkzaamheden moeten worden uitgevoerd. De genoemde oppervlaktes komen overeen met de oppervlaktes van de gekarteerde habitattypen. Binnen de terreinen van Staatsbosbeheer wordt er circa 7 hectare gechopperd binnen met name het habitattype droge heide en binnen oppervlakten met horsten van pijpestrootje.

Bij het uitvoeren van de plagwerkzaamheden is het belangrijk dat goed wordt aangesloten op de ecologische ontwikkelingen die van jaar tot jaar en van plek tot plek wijzigen. Voorbeelden daarvan zijn het voorkomen van het heidehaantje, ontkieming nectarplanten, etc. Om die reden bepalen onze boswachter ecologie en de boswachter beheer vlak voor de uitvoering de meest geschikte te plaggen/chopperen locaties ten behoeve van de ontwikkeling van de hierboven genoemde habitattypen. De te plaggen/chopperen locaties zijn daarom niet op kaart ingetekend.

Voordat er binnen de deelgebieden geplagd en/of gechopperd kan worden moet eerst de hydrologie op orde zijn. Intern worden de bestaande greppels gedempt met schoon. Extern worden watergangen t.b.v. de landbouwkundige afwatering gedempt en/of verondiept en drainage verwijderd. Vlak voordat het grondwaterpeil omhoog wordt gebracht dienen de plag-/chopperwerkzaamheden uitgevoerd te worden. Deze maatregel heeft binnen het Beuninger Achterveld pas zin als het Strengeveld (extern) is heringericht en de tussenliggende slenk is uitgegraven.

Maatregel M21 verwijderen ongewenste vegetatie (berken- en grove den opslag) ten behoeve van habitattype vochtige heiden (H4010A) en droge heiden (H4030). In de gebiedsanalyse is een oppervlakte opgenomen van 18,5 ha H4010A en 41,63 ha H4030 waarbinnen de aanwezige ongewenste vegetatie verwijderd moet worden. Binnen de terreinen van Staatsbosbeheer en twee aanliggende percelen, in eigendom van respectievelijk de provincie en dhr. Griep, wordt de opslag verwijderd binnen circa 36 hectare.



Knelpunt

Een belangrijke oorzaak van het ontstaan van te veel opslag is ontwatering en daling van de grondwaterstand. Als er eenmaal veel bomen zijn zorgen deze voor veel verdamping, waardoor ze het probleem versterken. De opslag gaat niet vanzelf weg als het waterpeil veranderd wordt (via extern gebiedsproces). Een andere oorzaak van snelle opslag is vermesting. Via depositie komt veel stikstof in de grond, maar zelfs ook fosfaat. Om tot een hogere kwaliteit van vochtige en droge heide te komen is het nodig dat de (jonge) opslag van o.a. grove den, berk en andere boom- of struiksoorten verwijderd wordt. Door de opslag te verwijderen wordt de kwaliteit van de heideterreinen verhoogd en ontstaat er weer een open landschap. Het vrijmaken van bosopslag is ook een voorbereidende maatregel voor de uit te voeren plagwerkzaamheden (en/of chopperen). Het verwijderen van opslag is opgenomen in de PAS gebiedsanalyse. Het is noodzakelijk de berken over een groot stuk tegelijk te verwijderen om hergroei via zaailingen te voorkomen. Kappen en/of zagen moet liefst gebeuren als zo veel mogelijk voedingsstoffen in het blad zitten: dus midden in het groeiseizoen. Vanaf augustus verplaatsen de bomen hun voorraden naar de wortels, waar ze bewaard worden om het volgende voorjaar uit te lopen. Omdat midden in het groeiseizoen samenvalt met het broedseizoen kiest Staatsbosbeheer er voor om de opslag te verwijderen in de periode van 1 maart tot 15 maart. In deze periode komt de sapstroom op gang. Wanneer de bodem dan gekapt worden, bloeden ze dood.

In het Beuninger Achterveld kan deze maatregel tegelijkertijd worden uitgevoerd met het verwijderen van opslag op het particuliere perceel van de familie Griep en een perceel van de provincie aan de westrand van het gebied. De familie Griep staat positief tegenover de uit te voeren maatregelen en wil dit graag laten doen door Staatsbosbeheer.

Het verwijderen van opslag hoeft niet in relatie met het externe gebiedsproces te gebeuren, met uitzondering van twee arealen binnen Punthuizen. Deze arealen zijn niet ingetekend op kaart. Ook is de maatregel niet afhankelijk van hydrologisch herstel binnen of buiten het plangebied.

Opslag met een stamdikte < 3 cm: uittrekken en laten liggen.
Opslag met een stamdikte > 3 cm: afzagen en afvoeren.

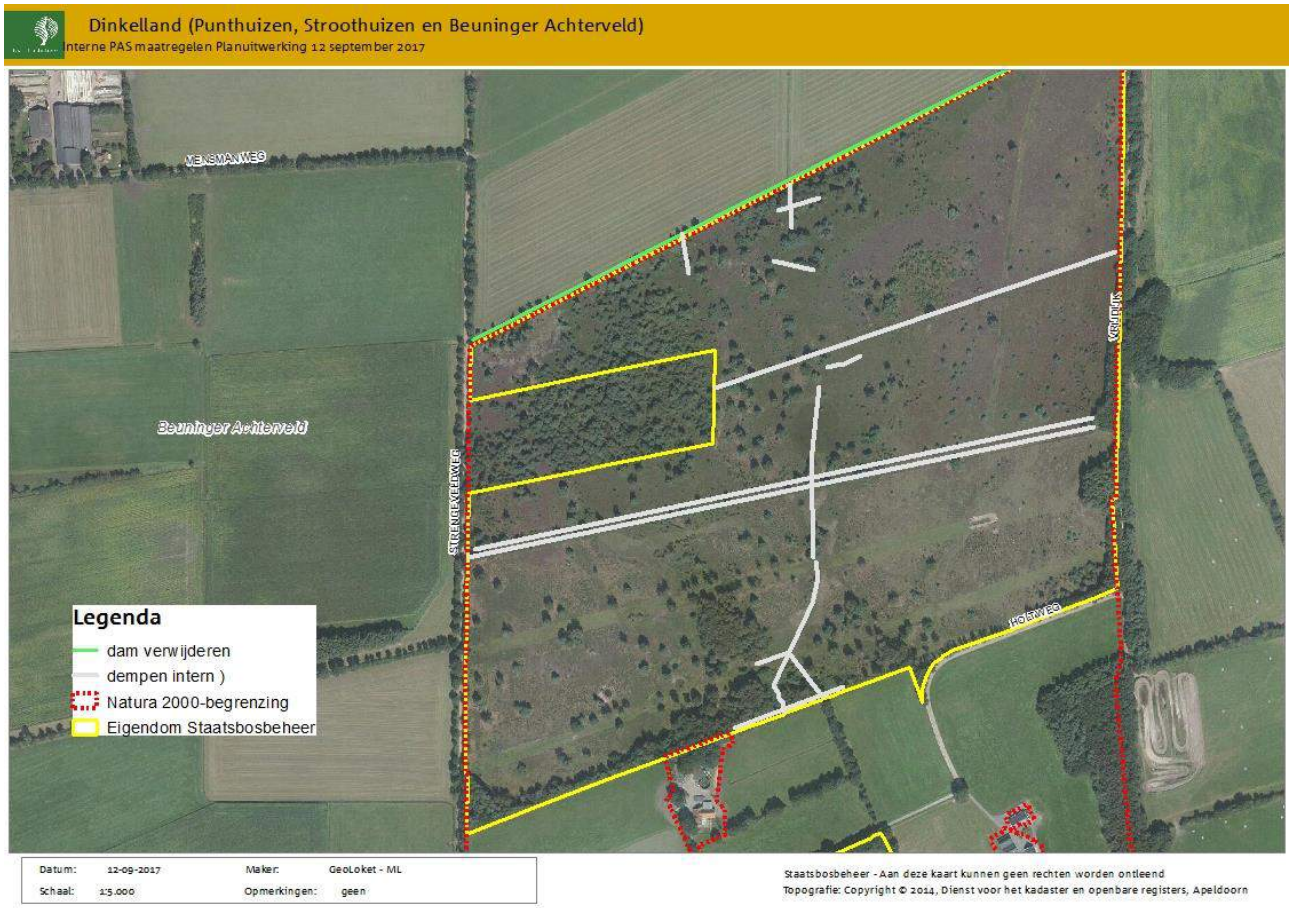
Nabeweiding met schapen na verwijderen opslag is gewenst om opnieuw opkomen opslag te remmen. Tot drie jaar na de ingreep dient de nieuw opgekomen opslag verwijderd te worden middels een gescheperde schaapskudde. Wanneer de schaapskudde die opkomende opslag niet onder controle kan houden dient de nieuwe opslag nogmaals machinaal/handmatig verwijderd te worden.

Maatregel M22: eenmalig plaggen (lage deel slenk Stroothuizen) ten behoeve van habitattype blauwgraslanden (H6410). In de gebiedsanalyse is een oppervlakte opgenomen van 5,44 ha H6410.

Deze maatregel kan nog niet in de 1e planperiode uitgevoerd worden. Eerst dient de hydrologische situatie binnen Stroothuizen op orde te zijn. Het gaat hier vooral om herstel basenverzadiging door toename kwel.

Maatregel M29: dempen greppel in Beuninger Achterveld ten behoeve van habitattype zwakgebufferde vennen (H3130) en vochtige heiden (H4010A). In de gebiedsanalyse is een lengte opgenomen van 0,6 km.

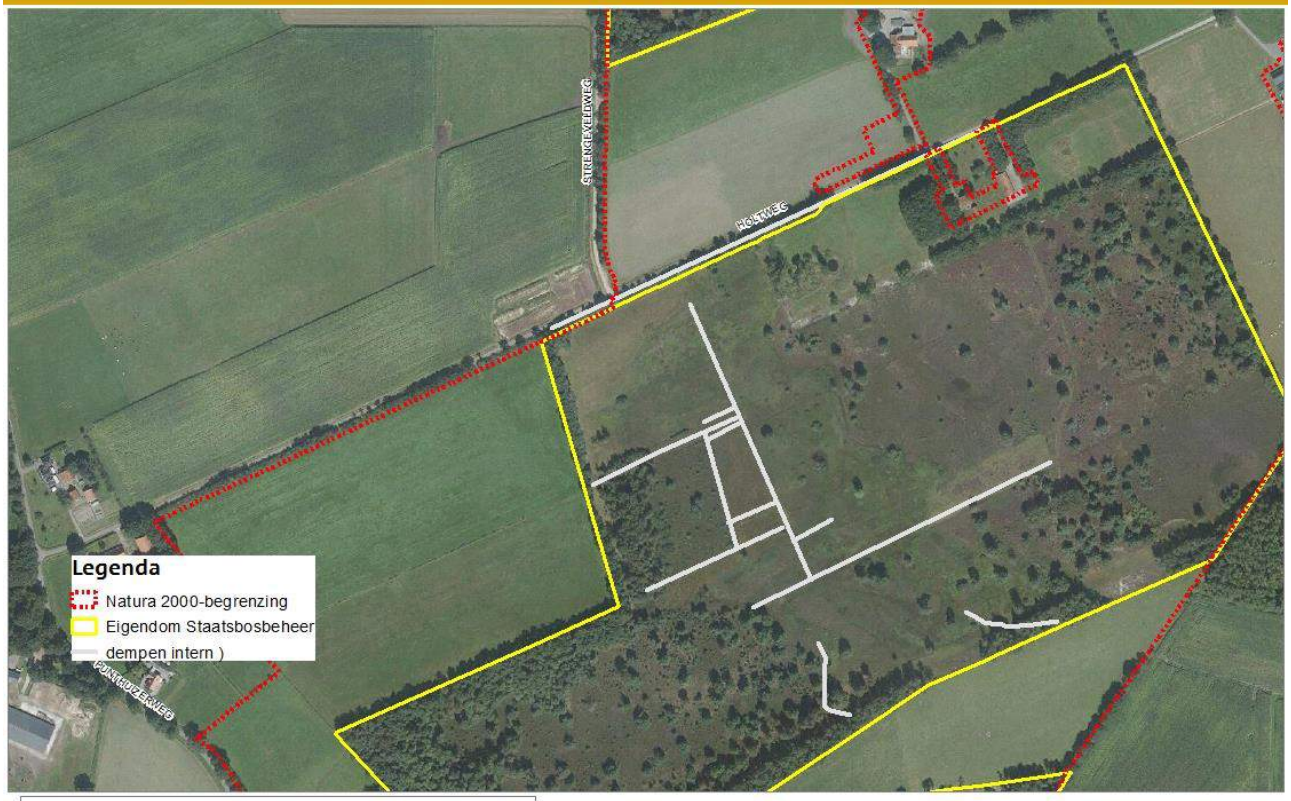
De te dempen greppel(s) binnen Beuninger Achterveld zijn geïnventariseerd in op kaart gezet. Het gaat hier om meer strekkende meters (bij elkaar opgeteld 3,25 km) dan de in de PAS gebiedsanalyse opgenomen 0,6 km; in het veld zijn greppels ingetekend die de lokale hydrologie dusdanig verstoren dat het gebied nog verder zou verdrogen als ze niet worden gedempt. Het dempen van de greppels dient gecombineerd te worden met de uit te voeren plagwerkzaamheden (m.n. verwijderen horsten van pijpestrootje) in het gebied. De huidige wallen langs het bestaande wandelpad door het Beuninger Achterveld dienen afgegraven te worden. De vrijkomende grond kan verwerkt worden in de te dempen greppels.
De noordelijke greppel in oost-westrichting loopt door in het perceel dat geen eigendom is van SBB. Dit perceel dient wel meegenomen te worden wanneer de greppel wordt gedempt. Hier bevindt zich nog 420m greppel.



Ook binnen de gebieden Stroothuizen en Punthuizen dienen greppels gedempt te worden om het gebied te vernatten. Het gaat hierbij om 0,45 km binnen Stroothuizen en 1,31 km binnen Punthuizen.

De totale lengte van de te dempen greppels binnen de drie deelgebieden komt uit op: 5,43 km.

Dinkelland (Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld)
Interne PAS maatregelen Planuitwerking 12 september 2017

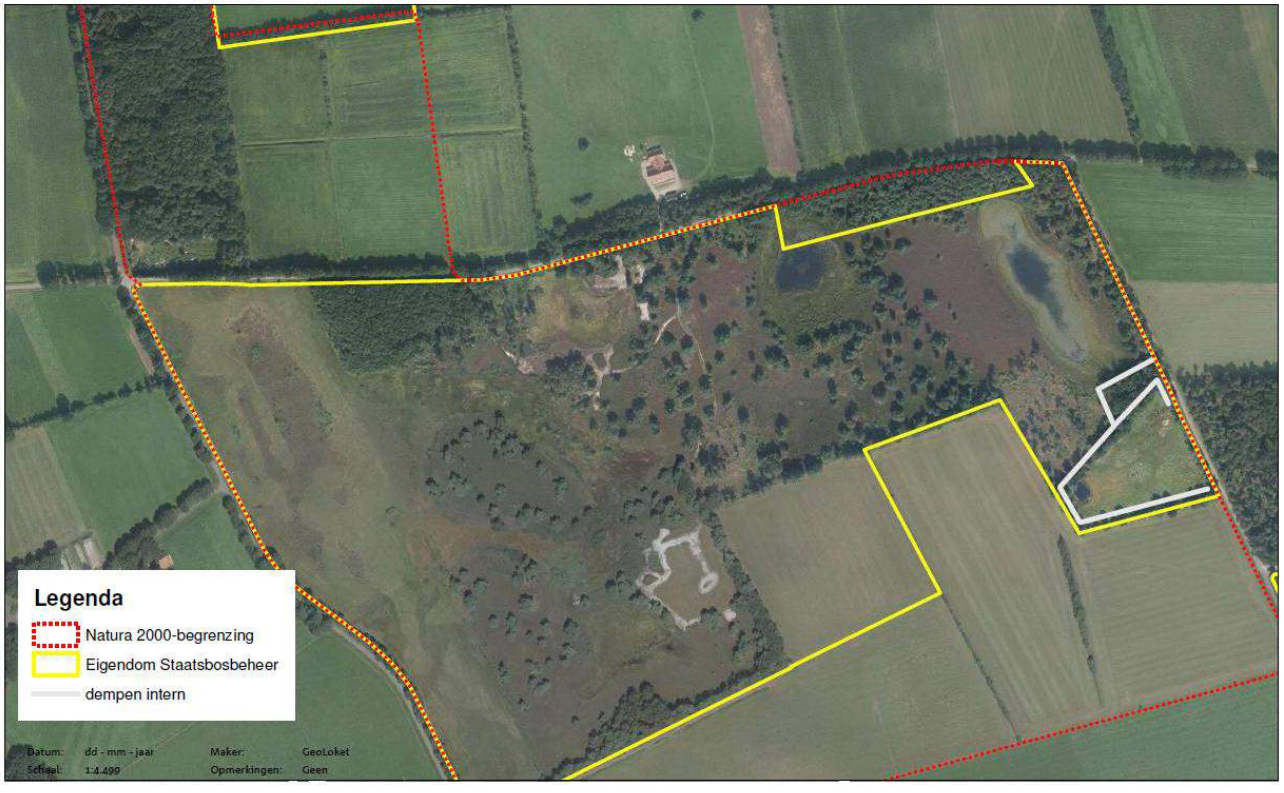


Datum:	04-07-2017	Maker:	GeoLoket - ML
Schaal:	1:4.000	Opmerkingen:	geen

Staatsbosbeheer - Aan deze kaart kunnen geen rechten worden ontleend
Topografie: Copyright © 2014, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn

staatsbosbeheer

Dinkelland (Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld)
Interne PAS maatregelen Planuitwerking 16 oktober 2017

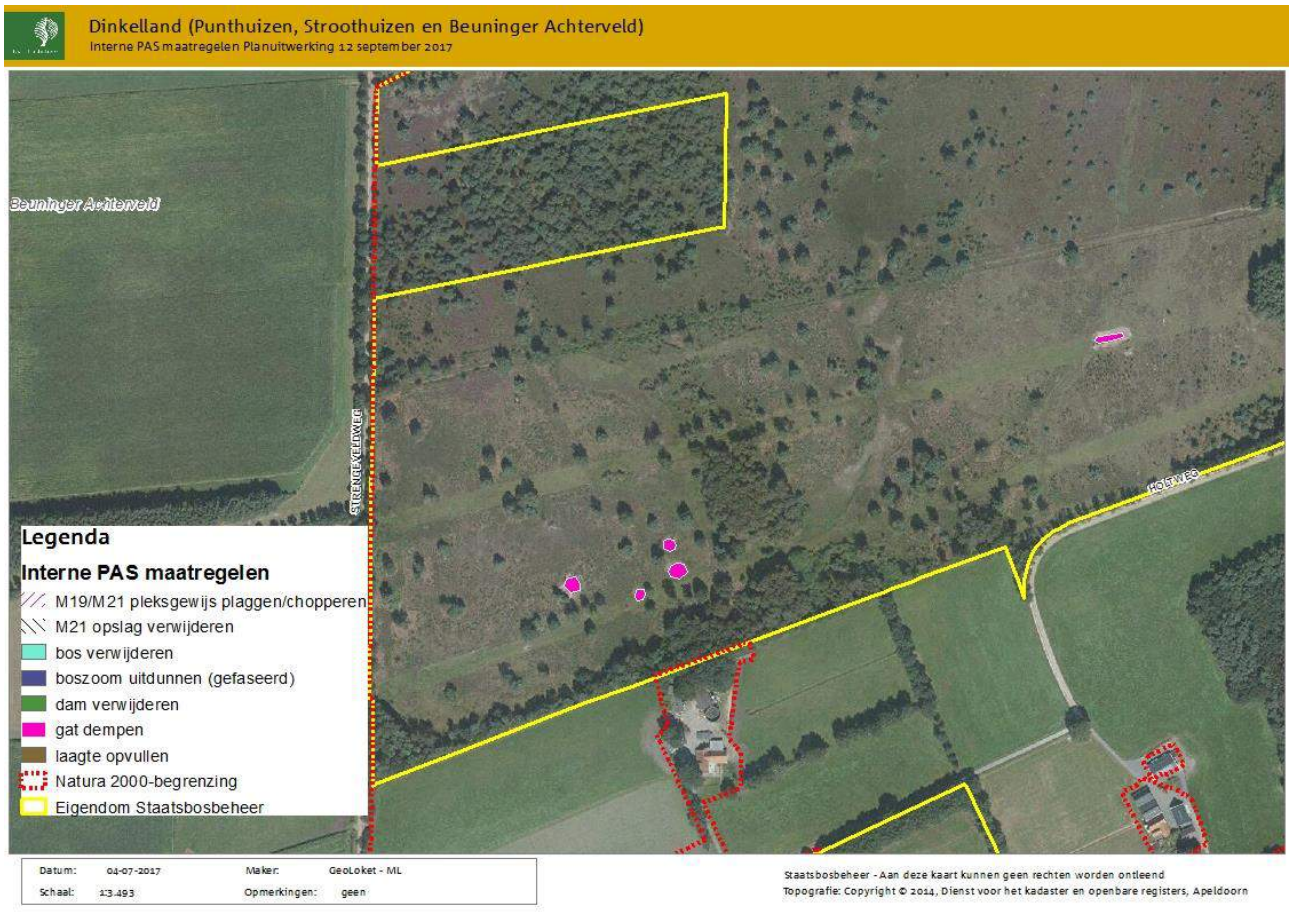


Datum:	dd - mm - jaar	Maker:	GeoLoket
Schaal:	1:4.499	Opmerkingen:	Geen

Aanvullend op gebiedsanalyse

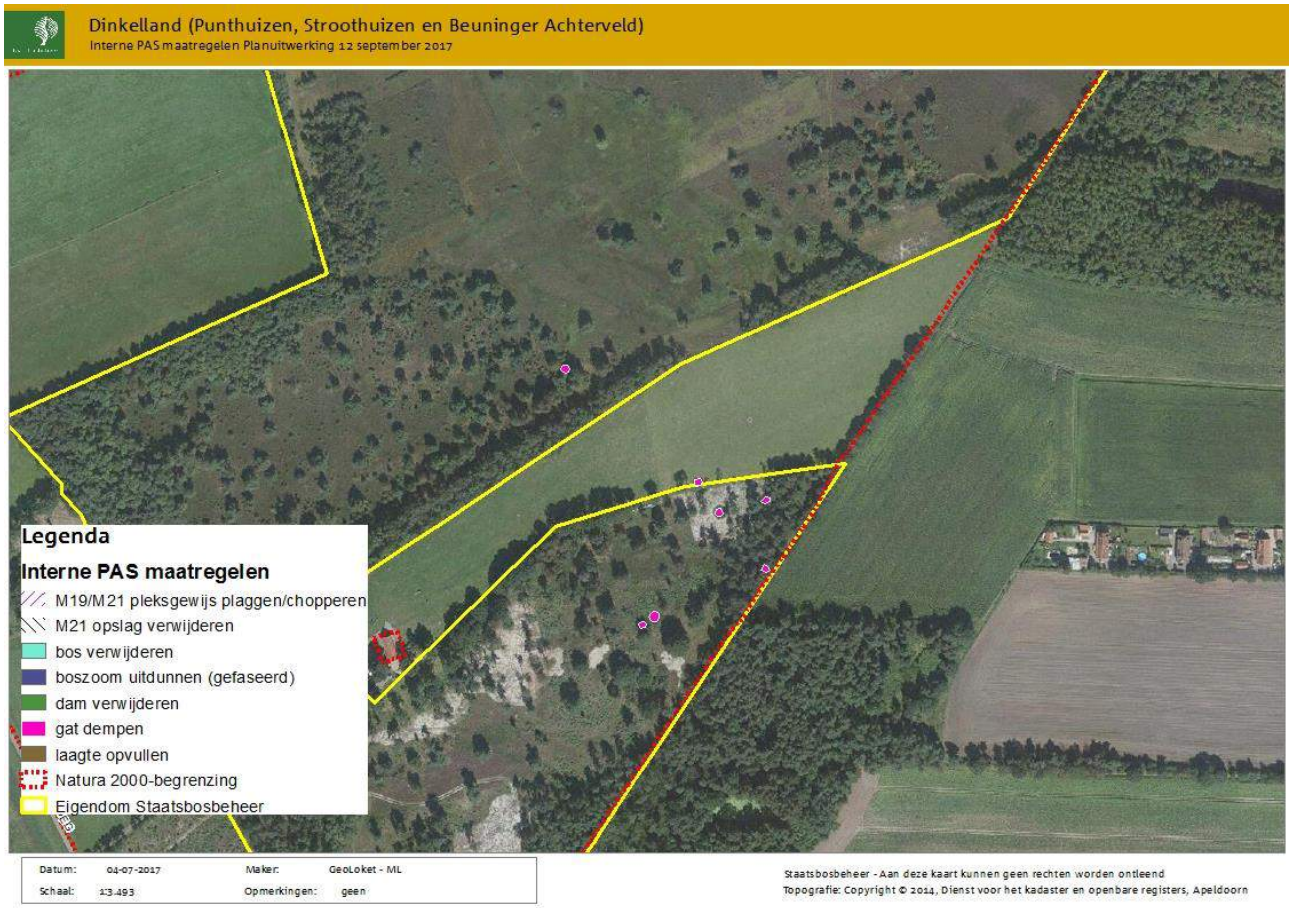
1. **Dempen bomkraters en zandafgraving Beuninger Achterveld t.b.v. lokale hydrologie (dempen evt. met vrijgekomen plagsel);**

Een aantal bomkraters uit de Tweede Wereldoorlog en een kleine zandafgraving in het Beuninger Achterveld, alle ongeveer 3 meter diep, verstoren waarschijnlijk de lokale hydrologie door water uit de omgeving te onttrekken. Een krater is uitgediept om te gebruiken als drinkvijver voor vee; hier staat jaarrond water in. De andere gaten staan alleen in de winter deels onder water. Omdat de gaten ook ecologische waarde kunnen hebben, bijvoorbeeld voor amfibieën en insecten, is het mogelijk dat een krater behouden blijft.
In twee kraters is in het verleden afval van onbekende oorsprong gedumpt. Voordat de gaten gedicht kunnen worden, is het van belang om dit te verwijderen. Het is mogelijk dat er asbest in de grond zit. Hierbij speelt mee dat de bomkrater een risicogebied is voor niet-gesprongen explosieven. Voor de verwijdering van de vervuilde grond wordt een beveiligde kraan ingezet. Vrijgekomen grond wordt afgevoerd als vervuilde grond.



2. **Dempen bomkraters Punthuizen t.b.v. lokale hydrologie;**

Een aantal bomkraters uit de Tweede Wereldoorlog in gebied Punthuizen hebben mogelijk invloed op de lokale hydrologie. Het dempen van deze kraters is nodig om lokale verdroging van o.a. vochtige heide tegen te gaan. De gaten moeten worden gedempt met, waar mogelijk, gebiedseigen materiaal. De kraters en een bufferzone hieromheen zijn aangemerkt as risicogebied voor niet-gesprongen explosieven; dit heeft geen gevolgen voor de werkzaamheden van het dempen aangezien er alleen grond wordt opgebracht en niet vergraven.



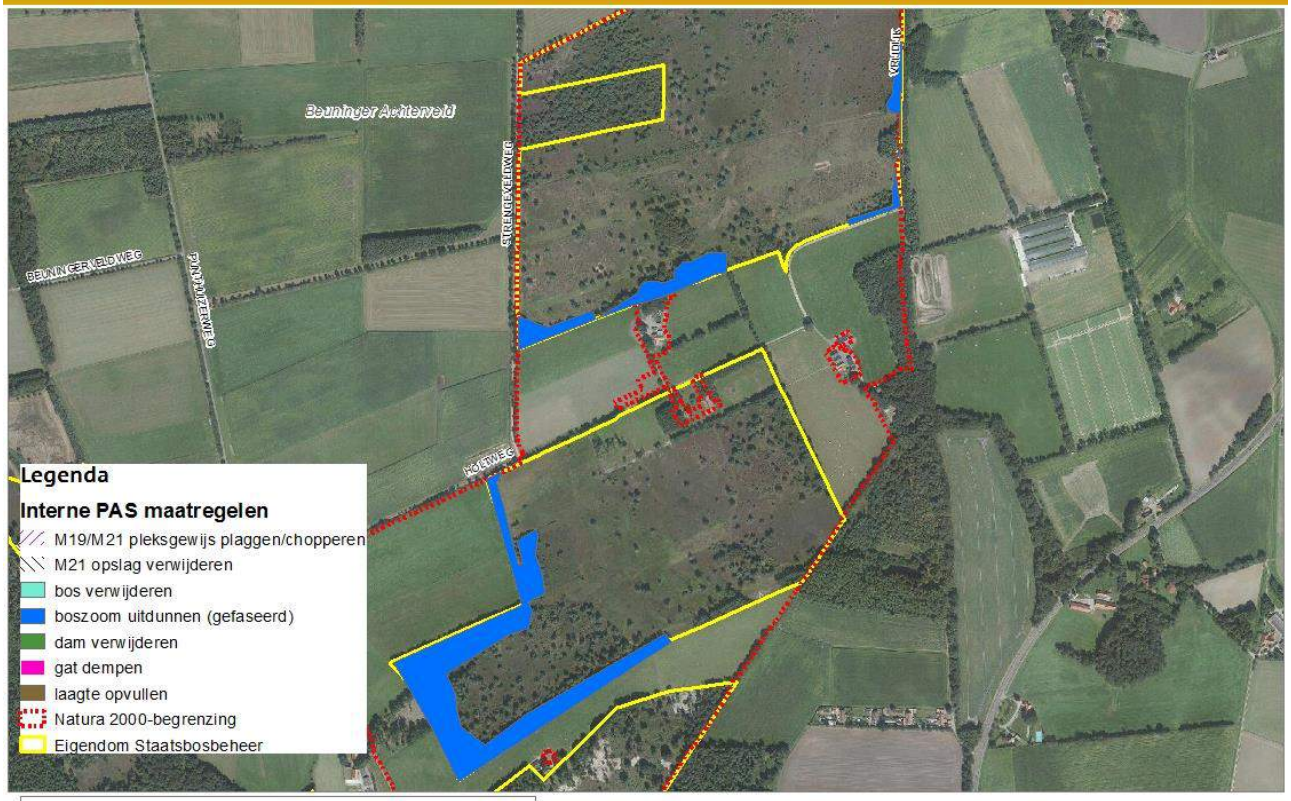
3. Bos gefaseerd verwijderen in randen deelgebieden;

De drie deelgebieden zijn (deels) omgeven door een boszoom, bestaande uit boomsoorten als grove den en zomereik van verschillende leeftijden. Na realisatie van de externe PAS-maatregelen en het herstellen van de slenk is het streefbeeld van Punthuizen-Strothuizen een aaneengesloten, open gebied. Op termijn zullen de bosranden verwijderd moeten worden, maar in de huidige situatie vervullen de randen nog een functie in het deels wegvangen van stikstofdepostie vanuit de omliggende landbouwpercelen. Daarnaast bepaalt de boszoom momenteel het aangezicht van de gebieden vanaf de omliggende wegen en paden. De verwijdering van de boszoom zal daarom gefaseerd moeten gebeuren. Om recreanten en omwonenden te laten wennen aan het toekomstige open, uitgestrekte landschap, zullen gaten of doorkijkjes in de zoom worden gemaakt waardoor de gebieden beter te zien zijn vanaf de openbare weg. Jaarlijks kunnen meer gaten worden gemaakt, tot het externe gebiedsproces zo ver is dat het gebied aaneengesloten gemaakt kan worden. Op dat moment kunnen de laatste delen van de boszomen worden verwijderd.

Binnen het externe gebiedsproces wordt nog een plan gemaakt voor de inpassing van de landschapsstructuren en bospercelen in relatie tot de uitbreiding van het heidelandschap. Dit wordt in de volgende fase (3a) nader uitgewerkt. Hiervoor wordt een totaal plan van gemaakt (intern en extern). Bovenstaand voorstel wordt meegenomen in dit totale plan.

Dinkelland (Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld)

Interne PAS maatregelen Planuitwerking 12 september 2017

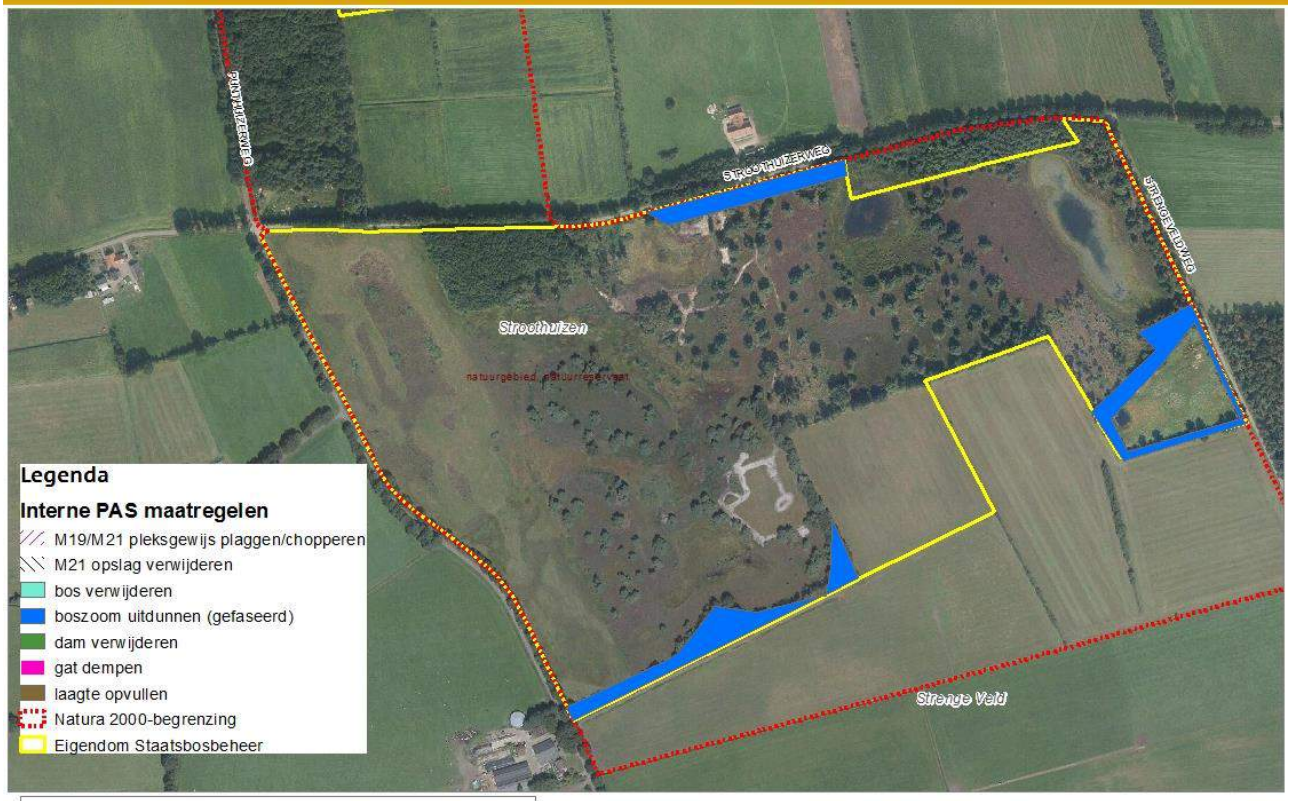


Datum:	04-07-2017	Maker:	GeoLoket - ML
Schaal:	1:8.503	Opmerkingen:	geen

Staatsbosbeheer - Aan deze kaart kunnen geen rechten worden ontleend
Topografie: Copyright © 2014, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn

Dinkelland (Punthuizen, Stroothuizen en Beuninger Achterveld)

Interne PAS maatregelen Planuitwerking 12 september 2017

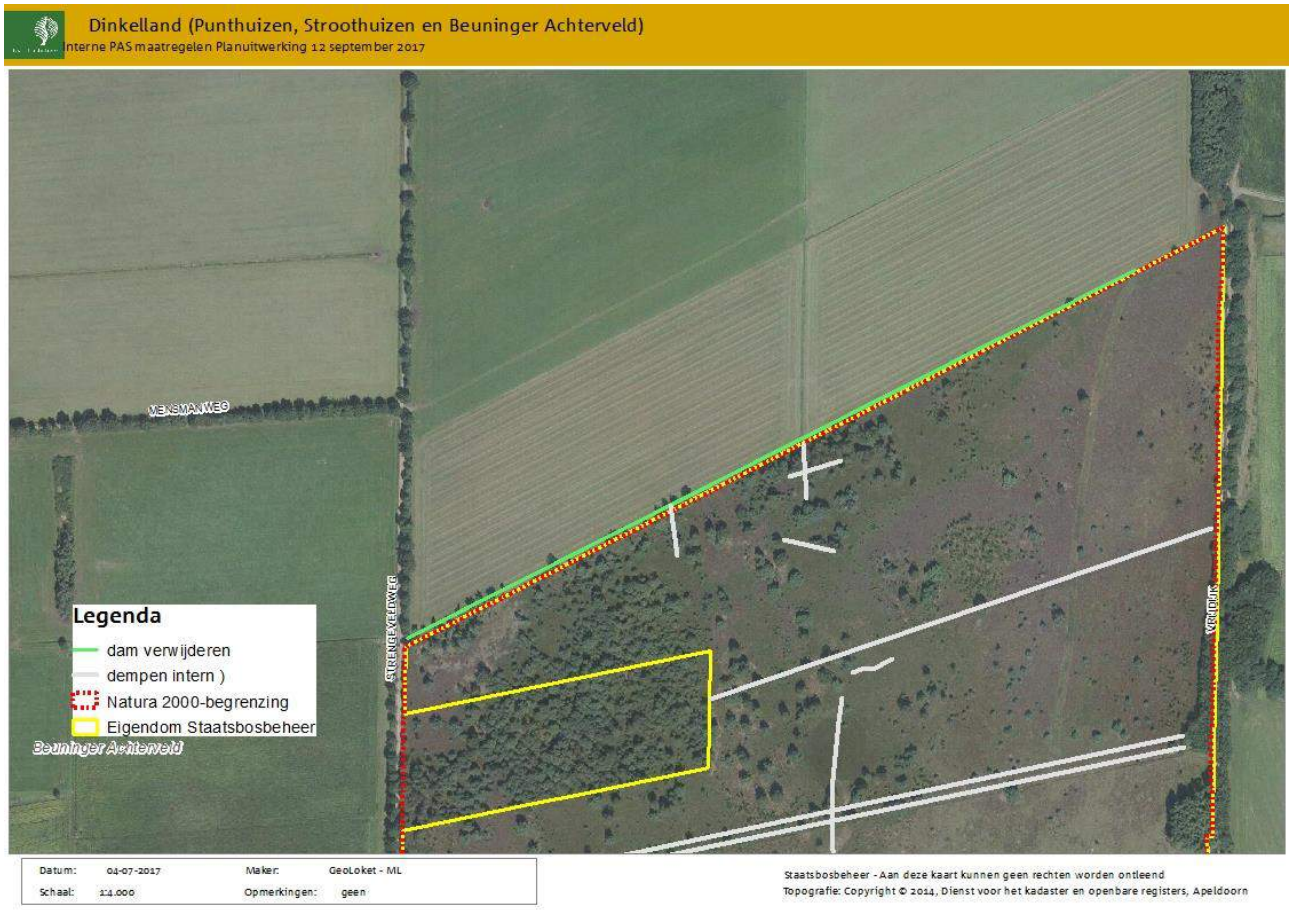


Datum:	04-07-2017	Maker:	GeoLoket - ML
Schaal:	1:4.830	Opmerkingen:	geen

Staatsbosbeheer - Aan deze kaart kunnen geen rechten worden ontleend
Topografie: Copyright © 2014, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn

4. Dam verwijderen noordrand Beuninger Achterveld (lange termijn, na inrichting verbindingszone).

De dam aan de noordrand van het Beuninger Achterveld dient nu om water in het gebied te bergen en het landbouwgebied Strenge Veld droger te houden. In de toekomstige situatie waarin het Strenge Veld wordt omgevormd naar natuur zal het Strenge Veld aaneengesloten worden met het Beuninger Achterveld. De dam zal dan ook verwijderd moeten worden om de werking van de te herstellen slenk mogelijk te maken.



Volgordelijkheid uitvoering maatregelen (uit ecologische onderbouwing extern gebiedsproces)

Om de instandhoudingdoelen binnen het PAS gebied Punthuizen-Stroothuizen-Beuninger Achterveld te halen is een juiste volgorde van uitvoering van maatregelen cruciaal. De maatregelen intern en extern hangen op veel onderdelen in belangrijke mate met elkaar samen. Voor een aantal onderdelen is daarom uitgewerkt in welke volgorde maatregelen genomen moeten worden.

Het herstel van het oostelijke slenkensysteem tussen Punthuizen, via het Beuninger Achterveld naar het Strengeveld dient als volgt te worden uitgevoerd:

- Z.s.m. stoppen bemesten van de landbouwpercelen die in de toekomst afwateren op dit systeem. *Externe maatregel*;
- Uitvoering van de hydrologische maatregelen en omvorming landbouwpercelen naar natuur kan gelijktijdig en na het stopzetten van de bemesting. *Externe maatregel*;
- Pas wanneer het oppervlakte- en grondwater dat in de toekomst wordt afgevoerd via het Beuninger achterveld schoon is (dus geen verhoogde nitraat en fosfaatgehalten) kan de afvoer via het Beuninger Achterveld worden hersteld. Tot die tijd dient het water van de (voormalige)

landbouwpercelen afgevoerd te worden via de bestaande verduikering naar de leggerwaterloop langs de Strengeveldweg. *Externe maatregel*;

- Verondiepen/dempen waterloop langs de Strengeveldweg nadat de waterafvoer naar het Beuninger Achterveld hersteld is. Alternatief is om te kijken of deze afwateringsrichting na omvorming naar natuur al op een hogere niveau plaats te laten vinden zonder dat overlast op de beide erven plaatsvindt. *Externe maatregel*;
- Voor het aankoppelen van de afwatering van de voormalige landbouwgronden op het Beuninger Achterveld moet de slenk in dit natuurgebied worden herstel. Daarvoor dienen de horsten met Pijpestrootje te worden gemaaid en moeten de greppels met wallen in dit gebied zijn verwijderd. Daarnaast moet het aansluitpunt waar het water het huidige natuurgebied instroomt op de juiste hoogte zijn aangelegd. Het is verstandig om de afvoer naar de verduikering in eerste instantie in stand te houden als noodafvoer. Zo kan het nieuwe systeem haar werking in de praktijk bewijzen. *Interne maatregel in samenhang met externe maatregel;*
- Het herstel van de slenk in het Beuninger Achterveld dient gelijktijdig of na uitvoering van de hydrologische maatregelen in het Strengeveld (percelen ten noorden van het Beuninger Achterveld) te worden uitgevoerd. Voorkeur is om deze in- en externe maatregelen in één werk uit te voeren. Zo lang de verdroging niet is opgeheven is herstel van de slenk in het Beuninger Achterveld zinloos omdat de laagte weer snel zal dichtgroeien met Pijpestrootje. *Interne maatregel in samenhang met externe maatregel;*
- Herstel van de slenk ten noorden van de Zwartkampweg dient in samenhang met het gedeelte ten zuiden van de Zwartkampweg (Strengeveld) te worden uitgevoerd. Externe maategel;

Voor Stroothuizen is het van belang dat de bemesting in het intrekgebied gelijktijdig of voorafgaand aan de hydrologische maatregelen wordt stopgezet om een toename van invloed van vermest grondwater te voorkomen. Dat geldt zowel voor de hydrologische maatregelen ten zuiden als ten noorden van Stroothuizen. De slenk ten noorden dient als geheel te worden ingericht. Eventueel is nog een knip mogelijk tussen het deel benedenstrooms en bovenstrooms van de Punthuizerweg.

Voor Punthuizen kunnen de maatregelen aan bovenstroomse zijde afzonderlijk van de andere maatregelen worden uitgevoerd. De maatregelen aan de westzijde moeten als geheel worden beschouwd waarbij ook de bovenstroomse maatregelen in ieder geval als eerste zouden moeten worden uitgevoerd.

Tot slot geldt dat interne maatregelen in de natuurgebieden zoals plaggen en het dempen van greppels gelijktijdig of direct voor de externe hydrologische maatregelen moeten worden uitgevoerd.