



Bodem Stelkampsveld

Geofysisch bodemonderzoek



Verantwoording

Algemene informatie

Titel	Bodem Stelkampsveld. Geofysisch bodemonderzoek
Medusa Project	2017-P-625
Opdrachtgever	Provincie Gelderland
Medusa Rapport/versie	2017-P-625-v2
Opdracht	Grondradaronderzoek Stelkampsveld nabij Barchem
Medusa Projectleider	S. de Vries
Rapportage	H. Jonkman
Operators Medusa	W. Rooke
Collegiale toetsing	S. de Vries
Eindredactie	S. de Vries
Datum uitvoering	31 oktober en 1 november 2017
Datum rapportage	25-1-2018

Locatie informatie

Locatie	Enkele percelen rondom het Stelkampsveld tussen Barchem, Borculo en Ruurlo.
Bodemtype	Zand, klei en opgebracht materiaal.
Weersomstandigheden veldwerk	Goed
Verstorende elementen tijdens veldwerk	Geen

Techniek

Gebruikte sensoren	Zonde Ground Penetrating Radar en Gammaspectrometer (ms2000)
Instellingen sensoren	300 Mhz (100 ns)
Lijn/raai interval	5 m.
Positionering	RTK-GPS
Positienauwkeurigheid	< 5 cm

Medusa Explorations BV

Postbus 623
9700 AP Groningen
Telefoon: 050- 5770280
Email: info@medusa-online.com
www.medusa-online.com

Inhoud

Inhoud	3
1 Introductie	4
1.1 Kader	4
1.2 Vraag	4
2 Basisgegevens	7
2.1 Gebied	7
2.2 Strategie	8
3 Veldwerk	9
3.1 Uitvoering van het veldwerk	9
3.2 Gebruikte meetsystemen	11
3.2.1. Grondradar	11
3.2.2. Gammaspectrometer	11
4 Van meetgegevens naar geo-informatie	14
4.1 Verwerking van de gegevens	14
4.1.1. Metingen met de grondradar	14
4.2 Interpretatie	14
4.2.1. Metingen met de gammaspectrometer	16
4.3 Resultaten	18
4.3.1. Kaart met meetlijnen, boorlocaties en terrein hoogte.	18
4.3.2. Lutumgehalte	18
4.3.3. Dikte afdeklaag	18
4.3.4. Diepte Ahb laag.	18
4.3.5. Diepte van verkitte lagen en oerlagen.	19
4.3.6. Diepte van overige gevonden horizonten en/of leem/kleilagen.....	19
5 Conclusies en aanbevelingen	20
5.1 Conclusies	20
5.2 Aanbevelingen	20
Bijlage: Kaarten	21

1 **Introductie**

1.1 Kader

Provincie Gelderland is bezig met het ontwikkelen van inrichtingsplannen voor het gebied rondom het Stelkampsveld. Uit een eerder uitgevoerde ecologische bodemkartering zijn er veel dichtgeschoven venige laagten en afgeschoven dekzandruggen aangetroffen. Dit biedt kansen voor de inrichtingsmaatregelen, om via reliëfherstel en hydrologisch herstel het systeem te herstellen en dat biedt mogelijkheden voor de ontwikkeling van specifieke natuurtypen.

Voor de inrichtingsplannen heeft de provincie informatie nodig over de exacte verbreiding van de (voormalige) en meestal begraven broekeerdgronden en veenlaagten. Daarnaast wil de provincie ook gebiedsdekkende informatie over de dikte van het opgebrachte zandige materiaal en de grens van de begraven (voormalige) moerige laag en het onderliggende moedermateriaal. Ook andere relevante bodemlagen (zoals leemlagen etc.) wil de provincie graag in kaart hebben gebracht.

De percelen hebben een oppervlakte van ca. 23,5 hectaren en zijn in eigendom van Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Provincie Gelderland en particulieren.

Medusa Explorations heeft de opdracht gekregen om het gebied in kaart te brengen door met 2 geofysische meetsystemen raaien in te meten. Een combinatie van grondradar (om de laagopbouw in diepte te meten) en een gammaspectrometer (voor de variatie in lutumgehalte) is hierbij ingezet. De Gammaspectrometer meet de bovenste ca. 30-50 cm op bodemsamenstellingsverschillen (vooral lutumgehaltes) en de grondradar geeft een gedetailleerd beeld van de bodemopbouw van de bovenste meters.

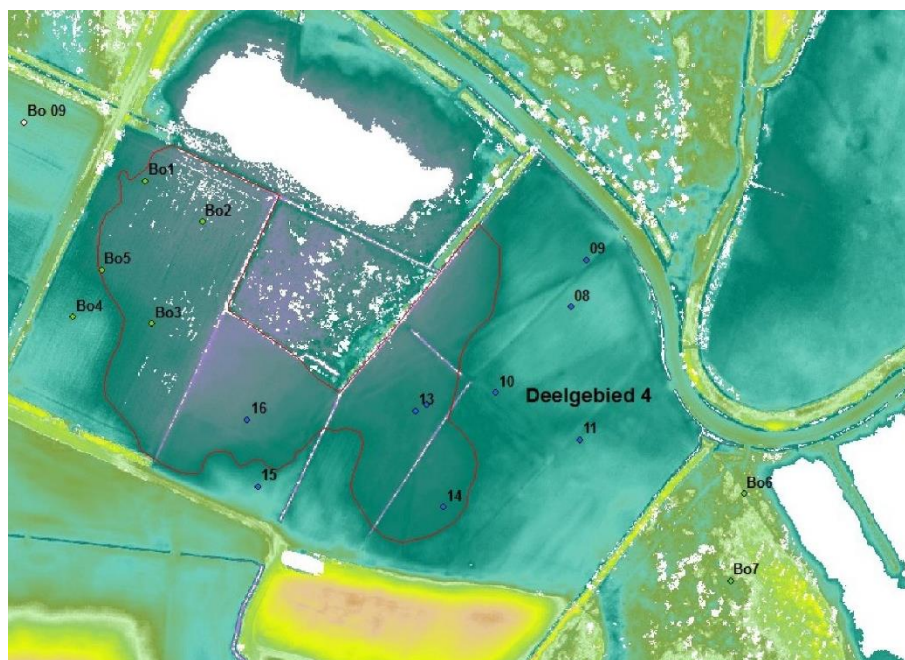
Met behulp van boringen zijn de bodemhorizonten die zichtbaar zijn in de grondradar geduid en geijkt.

1.2 Vraag

De provincie Gelderland heeft Medusa gevraagd om een non-destructief bodemonderzoek uit te voeren op de aangegeven percelen.

Hiermee wil de provincie graag een overzicht verkrijgen van de dikte van de laag opgebracht zandig materiaal, de bodemopbouw (vooral de opgevulde/begraven moerige of venige laagten, de begraven broekeerdgronden (voor zover geïnterpreteerd) en het oude maaiveld (voor zover in de geofysische metingen herkenbaar).

In een vooronderzoek heeft de provincie de hoogtekaart (AHN) gebruikt voor de analyse van het voormalig reliëf. Op strategische plekken heeft de provincie vervolgens boringen geplaatst om te kijken of hier inderdaad sprake is van een begraven maaiveld. Hieronder staan een aantal hoogtekaarten met bijbehorende boringen waarin het begraven maaiveld duidelijk zichtbaar is.



Figuur 1: Uitgevoerde grondboringen in deelgebied 4. In het perceel komen / kwamen moerige laagten voor. Ondergrond: AHN 2, 0,5 meter.



Figuur 2: Boring 2 begraven (opgehoogde) voormalige broekerdgrond. Hier is ongeveer 35 cm grond opgebracht. Met rood oude maaiveld aangegeven.



Figuur 3: Boring 3 begraven (opgehoogde) voormalige broekeerdgrond. Hier is ongeveer 45 cm grond opgebracht. Met rood oude maaiveld aangegeven.



Figuur 4: Boring 16 begraven (opgehoogde) voormalige broekeerdgrond. Hier is ongeveer 20 - 25 cm grond opgebracht. Met rood oude maaiveld aangegeven.

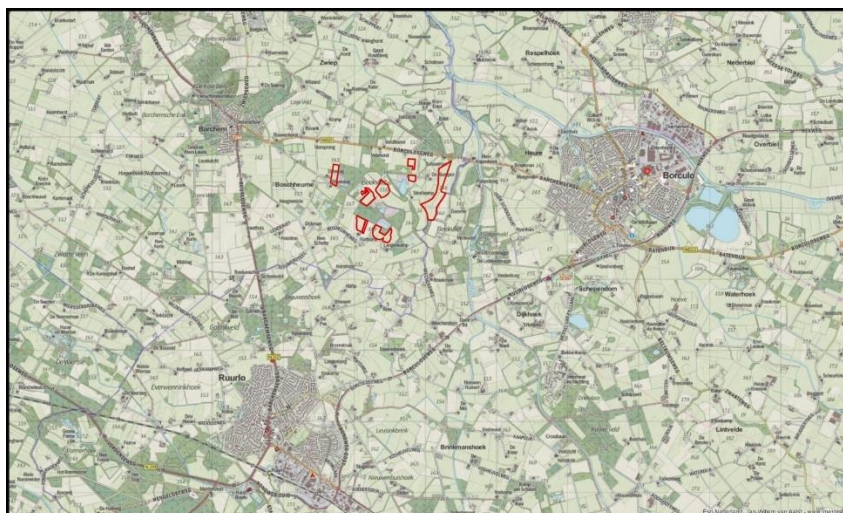
Tevens zal uit de resultaten van het onderzoek de variatie of verwachtingskaart van het lutumgehalte in de toplaag van de bodem opgeleverd worden (gebaseerd op standaard ijkcurves)

2 Basisgegevens

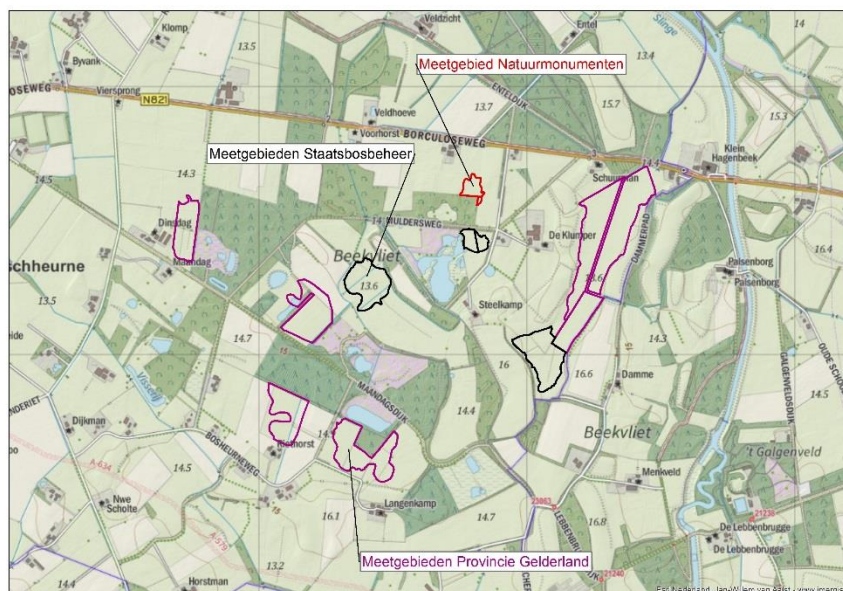
2.1 Gebied

De locatie van de te onderzoeken gebieden is weergegeven in figuur 5. Een detailoverzicht is te zien in figuur 6.

Het terrein bestaat grotendeels uit weiland en een enkel maïsakker



Figuur 5: Locatie van de in te meten terreinen (rood kader) bij Barchem.



Figuur 6: Locatie van de in te meten percelen bij Barchem plus aanduiding eigendom.

2.2 Strategie

De voorgestelde systemen zijn gemonteerd aan een quad, waardoor het onderzoeksgebied al rijdend is ingemeten. De radarantenne is achter een quad aangesleept. De antenne moet contact hebben met de bodem en er moet voldoende ruimte aanwezig zijn voor het rijden van meetlijnen. Bij obstakels als bomen, struiken en hoge vegetatie kon niet worden gemeten. Ook waar grote waterplassen aanwezig waren is niet gemeten.

Op de onderzoekslocaties zijn kruislingse meetlijnen gereden met een onderlinge afstand van ca. 10 meter. De positiebepaling is gedaan met behulp van een RTK-GPS systeem met 06-correctie.

De data is op kantoor geanalyseerd op de aanwezige laagovergangen. De data afkomstig van de gammaspectrometer is vertaald naar lutumgehaltes op basis van een theoretische standaard ijkcurve. Deze ijkcurve is gebaseerd op monsteranalyses van andere projecten.

In de gegevens van de grondradar is de bodemopbouw en de gelaagdheden goed te zien. Om de laag te kunnen typeren is aanvullende informatie (zoals gebiedskennis, boringen) nodig. Voor dit project was een grote set aan boringen beschikbaar en zijn er door de opdrachtgever nog een flink aantal aanvullende boringen geplaatst.

Als resultaat van het onderzoek zijn verschillende bodemkaarten gemaakt zoals:

1. Gemeten locaties en meetlijnen
2. Dikte van de laag opgebracht materiaal
3. Bodemopbouw (vooral de opgevulde/begraven moerige of venige laagten, begraven broekeerdgronden (voor zover geïnterpreteerd) en het oude maaiveld (voor zover in de geofysische metingen herkenbaar).
4. De variatie of verwachtingskaart van het lutumgehalte in de toplaag van de bodem (gebaseerd op standaard ijkcurves)

De kaarten zijn opgeleverd als ArcGis bestanden.

3 Veldwerk

3.1 Uitvoering van het veldwerk

Het veldwerk is uitgevoerd op 31 oktober en 1 november 2017. Het weer was overwegend goed, het terrein was goed begaanbaar. Het overgrote deel van het terrein bestond uit weiland, een enkel perceel was gebruikt voor akkerbouw (mais).



Figuur 7: foto van een deel van het meetgebied met maïsakker.

Er waren geen belemmeringen met toestemming op de terreinen door grondeigenaren of gebruikers. Voor toestemming tot de locaties is contact gezocht met de eigenaren, zoals Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten en de Provincie Gelderland. Voor de percelen van de particuliere eigenaren heeft de Provincie Gelderland toestemming gevraagd. Van enkele oorspronkelijke geplande locaties kon geen van de eigenaren geen toestemming worden verkregen. Deze zijn afgefallen en gedeeltelijk vervangen door andere percelen.



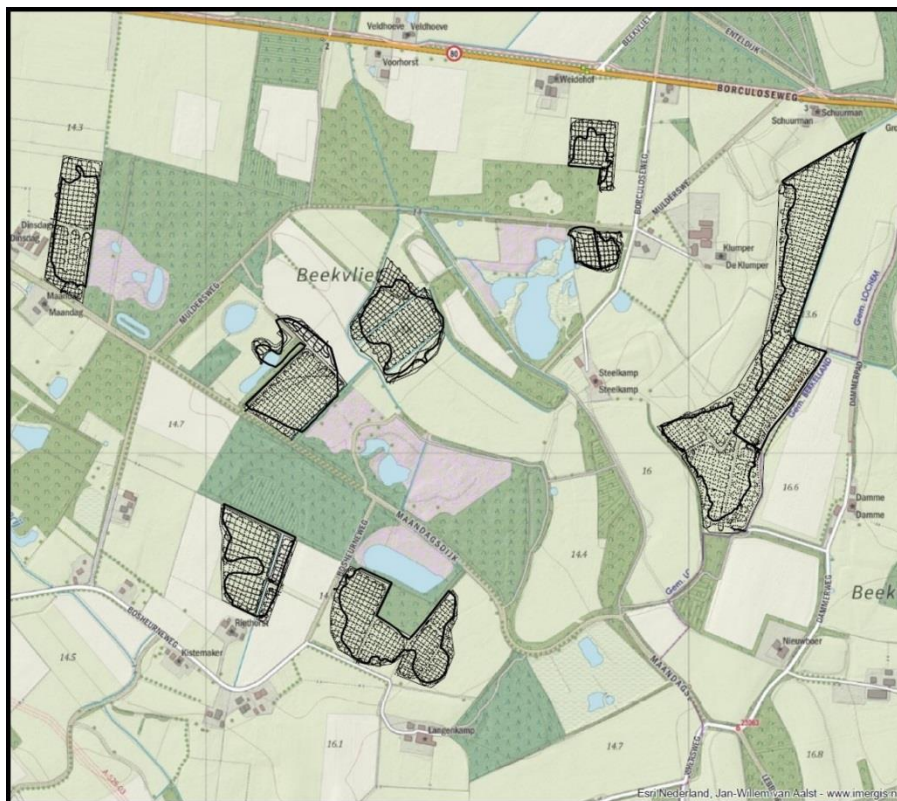
Figuur 8: impressie van een deelgebied met lage grasbegroeiing.

Wat betreft de beperkingen, was het verzoek van Staatsbosbeheer om zo min mogelijk rijsporen te maken en niet op de natte gedeelten te meten. In het centrale veld tussen de Maandagsdijk en de Muldersweg komt in de natte gedeelten de Boomkikker voor. Verzocht werd om daar ruim om heen te meten.

De natte gedeelten zijn niet ingemeten, en er zijn meetdagen gepland waarop de bodem redelijk begaanbaar was en het niet of weinig regende en geregend heeft.

Voor een overzicht van de ingemeten gedeelten zie figuur 9.

Er zijn kruislingse meetlijnen gereden met een quad, met een onderlinge afstand van ca. 10 meter.



Figuur 9: overzicht van de uiteindelijk ingemeten radarlijnen bij Barchem, aangegeven in zwart.



Figuur 10: Perceel bestaande uit ruigte en extensieve weidegebied.

3.2 Gebruikte meetsystemen

3.2.1. Grondradar

Een grondradarsysteem bestaat uit een combinatie van een elektromagnetische zender en ontvanger. Bij het meten wordt een hoogfrequente radiopuls (radargolf) door de zendspoel uitgezonden en gereflecteerd op bepaalde lagen of objecten in de bodem, die andere elektromagnetische eigenschappen hebben dan de bodem eromheen. De meting legt de looptijd van de puls vast tussen het moment van uitzenden en het moment van ontvangst van een reflectie. De looptijd wordt bepaald door de diepte van het object waarop de reflectie plaatsvindt, waarbij de voortplantingssnelheid van de radargolf in de grond afhangt van de diëlectrische constante (geleidbaarheid) van de bodem. De methode is enigszins vergelijkbaar met seismische metingen, waarbij een uitgezonden geluidsgolf weerkaatst op bodemlagen of objecten met verschillende dichtheden.

In de praktijk wordt met het grondradar systeem bewegend, een semicontinue meting uitgevoerd: tientallen keren per seconde wordt een puls uitgezonden en wordt de looptijd van de reflecties (en daarmee de diepte van de reflector) geregistreerd. Tegelijkertijd wordt de positie van het systeem vastgelegd met een GPS systeem. De metingen worden al lopend/rijdend uitgevoerd.

De kwaliteit van metingen met een grondradar wordt vooral bepaald door de geleidbaarheid van de bodem: in een ondergrond met een relatief hoge geleidbaarheid zal het signaal snel afzwakken met de diepte, waardoor er minder sterke reflecties worden waargenomen bij de ontvanger aan de oppervlakte. Ook de keuze van het radarsysteem speelt een belangrijke rol in de kwaliteit van metingen: de amplitude van een signaal met een relatief hoge frequentie (1.5 GHz) neemt eerder af met de diepte dan de amplitude van een relatief lage frequentie (300 MHz). Dit betekent dat een hoogfrequent signaal een beter onderscheidend vermogen heeft in de bovenste lagen, maar dat de penetratiediepte een stuk kleiner is dan bij een systeem met een laagfrequent signaal. Bij het zoeken naar bepaalde objecten moet dus rekening gehouden worden met de diepte waarop deze objecten gevonden zullen worden en wat de omvang ervan is.

3.2.2. Gammaspectrometer

De Medusa Gamma-spectrometer is een geofysisch meetsysteem ontwikkeld voor de bepaling van textuur, korrelgrootte en chemische samenstelling van de toplaag (bovenste 50 cm) van de bodem. De sensor meet de (van nature voorkomende) radioactieve straling uit de grond. Deze straling is afkomstig van langlevende isotopen van kalium (^{40}K), uranium (^{238}U) en thorium (^{232}Th). Daarnaast zijn er zeer lage concentraties cesium (^{137}Cs) in de grond aanwezig, uit de fall-out ten gevolge van het ongeluk met de nucleaire reactor in Chernobyl (1986) en de bovengrondse kernproeven in de vroege jaren '60 van de vorige eeuw. Al deze radioactieve stoffen komen in zeer lage concentraties voor in de bodem, en vormen qua straling geen gevaar voor de volksgezondheid.

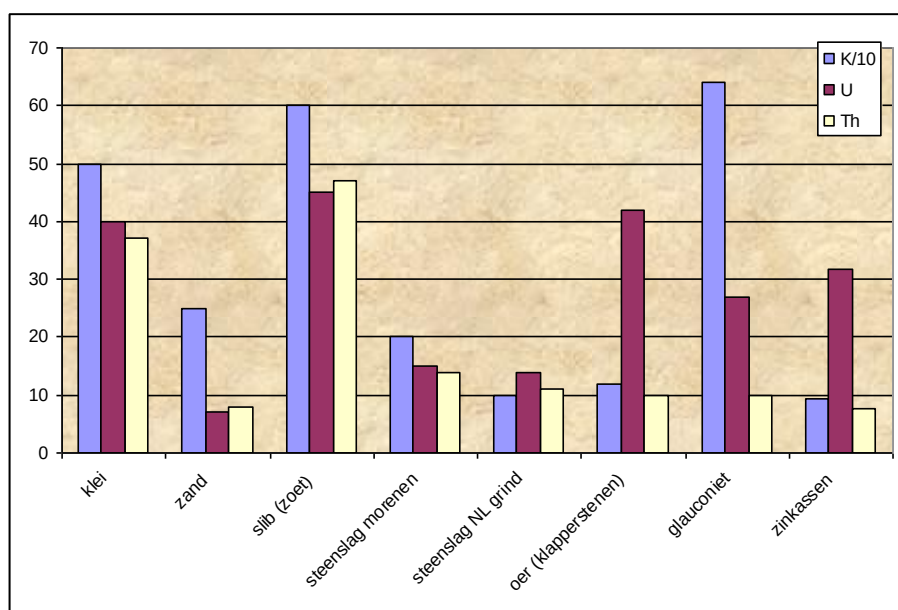
De gebruikte methode wordt ook wel spectraal gamma genoemd en wordt veel gebruikt in boorgatmetingen en geologische exploratie vanuit de lucht.

Uit eerder onderzoek is gebleken dat verschillende mineralen en bodemtypen kunnen worden onderscheiden doordat ze verschillen in concentraties ^{40}K , ^{238}U en ^{232}Th . Dit verschijnsel noemt men de “radiometrische vingerafdruk”¹ van een

¹ De “fingerprint” van een mineraal is de concentratievector $[C_K, C_U, C_{Th}]$, waarbij de concentraties C gegeven zijn in Bq/kg DS (Bequerels per kilogram drogestof), waarbij de Bequerel de eenheid van straling is.

mineraal. De mate waarin de mineralen verschillen is afhankelijk van het soort mineraal (kleimineralen zijn anders dan zinkerts), van de afkomst (graniet uit de Alpen is anders dan Schots graniet) en van de ouderdom (erosie van mineralen leidt onder meer tot het uitwassen van radioactieve isotopen).

De fingerprint van een mineraal kan in het lab worden bepaald door onder gecontroleerde omstandigheden in een monster de concentraties ^{40}K , ^{238}U en ^{232}Th te bepalen. Tegelijk kunnen van hetzelfde monster ook andere eigenschappen worden bepaald (bijvoorbeeld de zware-metaalconcentratie, de textuur, de mineraalsamenstelling, etc.). In veel gevallen blijkt er een relatie te bestaan tussen één of meer van de radioactieve stofconcentraties en één (of meer) van de textuur- of chemische eigenschappen van het monster. Als zo'n relatie ook bestaat voor een *verzameling* monsters uit een gebied, kan een ijklijn worden bepaald. Zo'n ijklijn beschrijft dan de vertaling van de radiometrische data naar de gewenste bodemeigenschap (textuur of chemie)



Figuur 11: voorbeeld van de fingerprint van veel voorkomende gesteenten en mineralen in Nederland.

Het veldsysteem voor het meten van radioactiviteit bestaat uit een (4 liter groot) scintillatiekristal dat in een continue meting de gammastraling die uit de grond komt, vastlegt. Naast de hoeveelheid straling (de intensiteit) meet het systeem ook de energieverdeling (de "kleurenspectra") van de straling. Deze spectra worden, afhankelijk van de instellingen van de apparatuur, 1 tot 10 keer per seconde vastgelegd. Parallel aan de radioactiviteit wordt ook de positie van de sensor gemeten met behulp van een RTK-GPS systeem. Na de meting wordt voor elke meetpunt de concentratie van ^{40}K , ^{238}U , ^{137}Cs en ^{232}Th in de grond bepaald.

Figuur 12 laat zien hoe de metingen van de gammaspectrometer en de grondradar tegelijk kunnen worden uitgevoerd door beide meetsystemen op/aan een quad te monteren: de gammaspectrometer achterop de quad op een hoogte van ca. 50 cm boven het maaiveld en de grondradar achter de quad.



Figuur 12: quad met daaraan gemonteerd de gammaspectrometer (achter op de bagagedrager van de quad) en de grondradar (antenne achter de quad).

4.1 Verwerking van de gegevens

4.1.1. Metingen met de grondradar

De meetgegevens van de grondradar zijn geanalyseerd met behulp van het zelf ontwikkelde softwarepakket SaY. Daarna zijn resultaten in ArcGis verwerkt tot kaarten (zie bijlagen).

Van de gemeten radarlijnen is eerst per deelgebied een timeslice gemaakt om te zien of op bepaalde niveaus of locaties een afwijking in het bovenaanzicht aanwezig was. De mate van reflectie geeft aan of er objecten (bijvoorbeeld stenen) of laagovergangen aanwezig zijn. Veel reflectie geeft aan dat er veel objecten, verkittingen of ijzeroer in de bodem zit.

Vervolgens zijn de gemeten radarprofielen handmatig geanalyseerd. Tijdens dit handmatig proces zijn de laagovergangen en anomalieën bestudeerd om uit te vinden of de gezochte structuren zichtbaar zijn. Deze zijn vervolgens handmatig met diverse gekleurde markers aangegeven in de radarprofielen. Daarna zijn deze uitgezet in kaarten die in de bijlagen 1 t/m 6 zijn bijgevoegd.

In de radarprofielen zijn de laagovergangen in de ondergrond, de aanwezigheid van objecten en de structuren in de bodemopbouw zichtbaar. De radarbeelden tonen overgangen, maar het is niet te zien welke bodemhorizonten bij de verschillende gelaagdheden horen. Dit is bepaald op basis van informatie uit de beschikbare boringen en overige gegevens van Bware, Provincie Gelderland en van Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau.

Om de kaarten te kunnen maken moet de tijd die het radarsignaal onderweg geweest is in de bodem (in nanoseconden) omgerekend worden naar een diepte in cm (is ook al in de radarprofielen te zien). Hiervoor is aangenomen dat de bodem grotendeels uit klei of kleiachtig ophoogmateriaal bestaat. Voor de omrekening is voor de snelheid van het radarsignaal gekozen voor 8 cm per nanoseconde. Dit komt overeen met een gemiddelde bodemsamenstelling van matig vochtig, kleiig zand.

4.2 Interpretatie

In de radarprofielen zijn een groot aantal structuren te zien. Er zijn met diverse keuren een aantal horizonten aangegeven. De diepte en betekenis van deze laagovergangen is afgeleid uit de aangeleverde boorbeschrijvingen uit eerdere onderzoeksrapporten. De in de boringen beschreven bodemlagen zijn in de naastliggende radarlijnen uitgezet naar de diepte. (zie de radarvoorbeelden in figuur 13 t/m figuur 16).

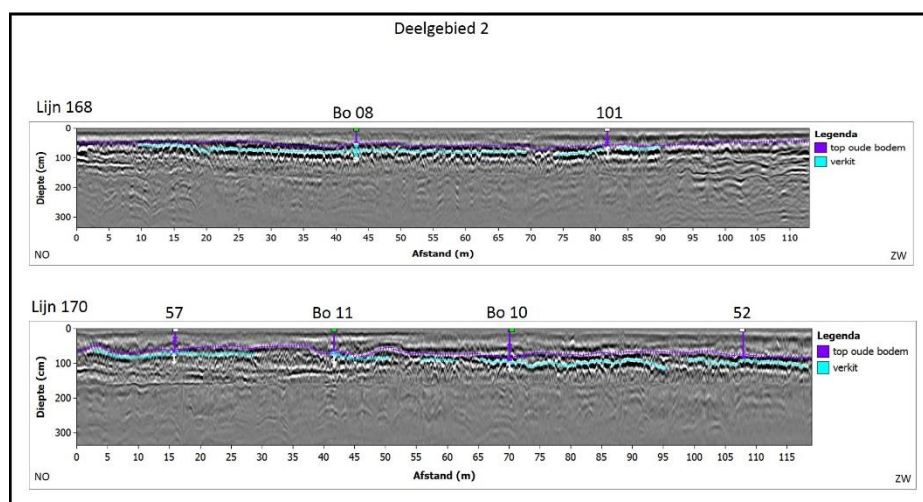
In diverse boringen zijn verschillende lagen (laagovergangen) beschreven:

1. Onderkant van opgebracht materiaal. Dit is dan in feite de diepte van het begraven oude maaiveld.
2. De diepte van de begraven moerige laagten (de Ahb horizont).
3. Verkitten lagen of oerlagen met een hoog gehalte aan ijzer.
4. De diepte van klei/leem lagen.
5. Bovenkant van de C-horizont.

Deze lagen zijn met verschillende kleuren in de radarprofielen aangegeven en daarna doorgetrokken in het radarbeeld, voor zover zichtbaar.

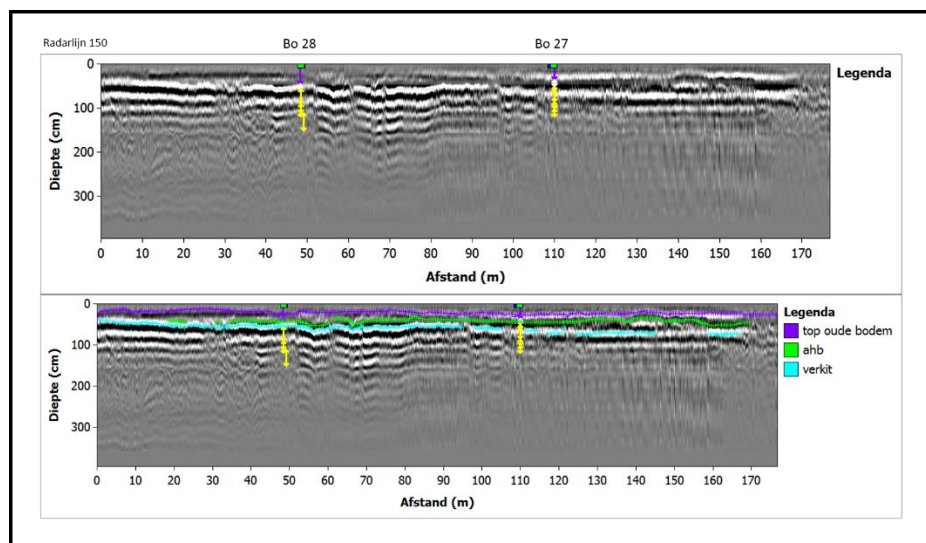
Ten eerste is de onderkant van de opgebrachte bodem met een paarse marker aangegeven. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 13. Er zijn diverse boringen in deze twee radarprofielen die als uitgangspunt dienen voor de interpretatie.

In deze radarlijnen is ook een felle witte reflector te zien, die in de boringen als verkit omschreven wordt. Deze horizont is in de radarprofielen met een licht blauwe lijn weergegeven.



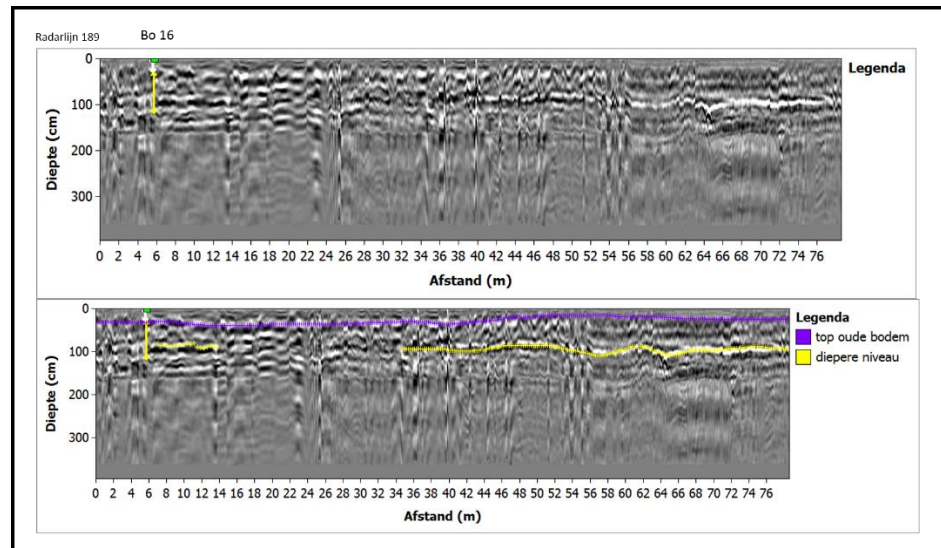
Figuur 13: radarvoorbeelden uit deelgebied 2, met de locatie van de aangeleverde boringen.

In diverse boringen wordt net op of onder het oude maaiveld een begraven oude moerige laag beschreven met een hoog gehalte aan organische stof (Ahb horizont). Deze is in de radarprofielen met een groene marker aangegeven (zie Figuur 14). In deze figuur zijn twee boringen in de radar gezet (Bo 27 en 28). De lagen die in de boringen als c- horizonten beschreven worden (meestal lemig zand) zijn met een gele kleur in de kolom aangegeven.



Figuur 14: radarvoorbeelden met de locatie van de aangeleverde boringen. Bovenste figuur = zonder interpretatie. In groen is de diepte van de in de boringen beschreven Ahb horizont aangegeven.

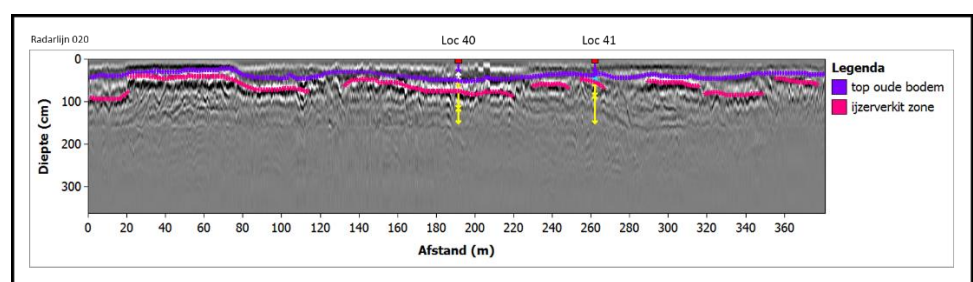
In het noordelijk gelegen gedeelte van deelgebied 2 is maar 1 boring (Bo 16) om te checken wat er in de radar te zien is (zie Figuur 15). Er is op iets grotere diepte nog een opvallende laag (wit oplichtend), die niet in de boring beschreven wordt. Deze is in de radarprofielen met een gele kleur aangegeven. Mogelijk dat deze laag is veroorzaakt door bodemverdichting t.g.v. zwaar materieel. In het verleden is hier volgens de opdrachtgever gewerkt met zware werktuigen voor grondverbetering.



Figuur 15: radarvoorbeelden met de locatie van de aangeleverde boring. Bovenste figuur = zonder interpretatie. In geel is de diepte van een diepere opvallende marker aangegeven.

In deelgebied 8 is nog een met ijzer verkitte oerlaag aangegeven (zie Figuur 16).

In deze figuur is de laag aangegeven in de radar met een paarse kleur en wordt hij o.a. beschreven in de boring Loc 41. Verder is in dit deelgebied nog op diverse plaatsen de bovenkant van de oude C horizont aangegeven (in situ materiaal, meestal zwak lemig fijn zand).



Figuur 16: radarvoorbeeld met de locatie van de aangeleverde boringen. In paars is een met ijzer verkitte oerlaag aangegeven in de radar.

In bijlage 7 staan ter informatie nog een aantal radarprofielen aangegeven op specifieke locaties.

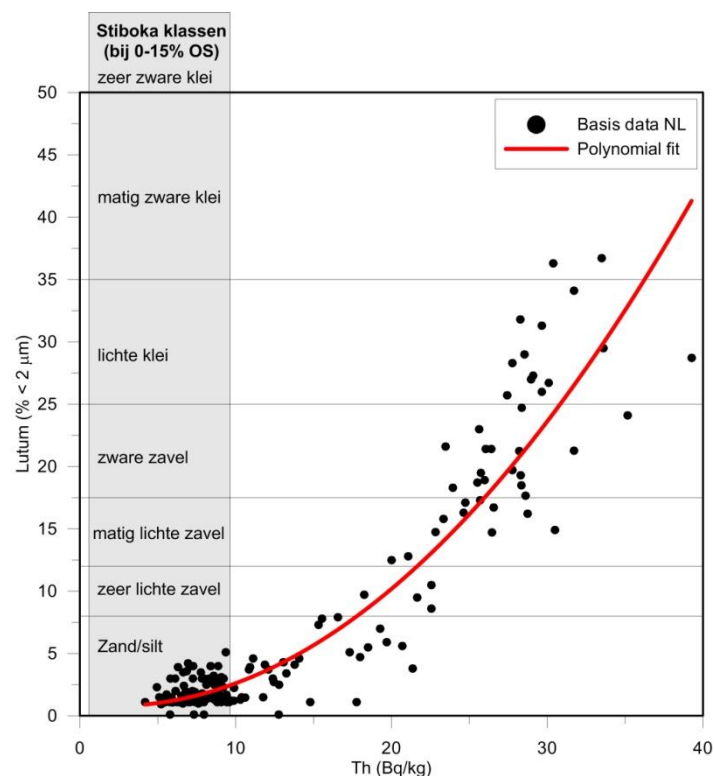
4.2.1. Metingen met de gammaspectrometer

De data van de gammaspectrometer is op kantoor geanalyseerd in Gamman software met een smart fit (running average) van 3 en met standaard spectrum. In deze software wordt het spectrum gestabiliseerd en worden de concentraties van de afzonderlijke nucliden berekend volgens de Full Spectrum Analysis

(zie par. 3.2.2). In eerder onderzoek is gebleken dat zowel de intensiteit (countrate) als de samenstelling van de straling (^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th , ^{137}Cs) informatie geeft over de minerale samenstelling (moedermateriaal) en de textuur van de bodem.

Er is een verband tussen de kleifractie en de bovengenoemde concentratie aan radionucliden². Bij een hoge countrate zal het lutumgehalte in de bodem hoger zijn. Bij een lage countrate zal het lutumgehalte in de bodem lager zijn of er heeft een afname/verdunding van het signaal plaatsgevonden door een zeer natte bodem.

Om de interpretatie te helpen is de data omgerekend naar een kaart van het indicatieve kleigehalte (figuur 17). Hiervoor is een ijking gebruikt die gebaseerd is op eerder verzamelde data uit heel Nederland (figuur 17). Dit betekent dat de precieze kleigehaltes in het veld misschien iets af kunnen wijken van de kaart, maar de trend en de variatie in het kleigehalte zullen zeker hetzelfde zijn.



Figuur 17: ijcurve voor het bepalen van het kleigehalte op basis van de concentratie thorium gebaseerd op data uit heel Nederland.

Hierdoor kon een goede, gedetailleerde en consistente interpretatie van de textuur en oorsprong van de bovengrond worden bereikt.

Om gemeten waarden om te zetten naar exacte lutumgehaltes moet er een ijking van de data plaatsvinden en zijn er monsteranalyses nodig.

² Van Der Klooster, E., Van Egmond, F. M., & Sonneveld, M. P. W. (2011). Mapping soil clay contents in Dutch marine districts using gamma-ray spectrometry. *European Journal of Soil Science*, 62(5), 743–753. doi:10.1111/j.1365-2389.2011.01381.x

4.3 Resultaten

In de bijlagen zijn kaarten opgenomen met de resultaten van het geofysisch onderzoek.

4.3.1. Kaart met meetlijnen, boorlocaties en terrein hoogte.

In bijlage 1 zijn de gemeten lijnen met het grondradarsysteem en de gammaspectrometer aangegeven. Als ondergrondkaart is een luchtfoto gebruikt. Deze kaart is in 3 subkaarten onderverdeeld.

Op deze kaart zijn ook de locaties van de boringen aangegeven, voor de beschrijvingen van de boringen wordt verwezen naar de rapportages van Bware en de Provincie Gelderland, zoals deze bij de opdrachtgever bekend zijn.

4.3.2. Lutumgehalte

In kaart 2A, 2B en 2C is het lutumgehalte van de top laag (0-30 cm -mv) aangegeven. Bruin is weinig lutum en blauw is meer lutum.

In de meeste deelgebieden varieert het lutumgehalte tussen ca. 2.5 en 3%.

In deelgebied 3, 6 en 8 is het lutumgehalte hoger en varieert het tussen ca. 3.5 en 5.5%.

4.3.3. Dikte afdeklaag

In kaart 3A, 3B en 3C is de dikte van het opgebrachte materiaal aangegeven met kleuren. Rood is dun en blauw is dik. Dit geeft tevens de diepte aan van het oude maaiveld.

In deelgebied 1 is een toename in dikte te zien van zuidwest naar noordoost, van ca. 15 naar ca. 50 cm.

In deelgebied 5 is de dikte aan de rand ongeveer 20 cm. De rest van het veld heeft een vrij uniforme dikte van ongeveer 30 cm.

In deelgebied 2 is een forse toename in dikte vanaf de randen naar het midden, van ca. 30 cm. Tot ca. 70 cm. Dit is aan het maaiveld ook duidelijk te zien omdat het hier een duidelijke oude "Es" betreft: het maaiveld ligt bol en wordt dikker naar het midden van de akker.

Deelgebieden 3 en 4 vertonen een vrij uniform beeld betreffende de dikte van de opgebrachte grond: overwegend rond de 20-25 cm dik.

In de deelgebieden 6, 7 en 8 varieert de dikte van de opgebrachte grond van ca. 20 cm tot ca 75 cm. In deelgebied 6 is de dikte het grootst in het midden van het perceel.

4.3.4. Diepte Ahb laag.

In kaart 4A, 4B en 4C van de bijlage wordt de diepte van een begraven oude moerige laag aangegeven (in de boringen beschreven als een laagje met een hoog gehalte aan organische stof; Ahb horizont).

In de deelgebieden 1, 3, 4 en 5 is de diepte van deze laag vrij uniform tussen ca. 26 en ca. 45 cm.

In deelgebied 8 is hij op maar een heel klein gedeelte terug te vinden in de radar. Hier ligt hij dieper: tussen ca. 55 en 120 cm.

In de deelgebieden 2, 6 en 7 is hij niet aangetroffen of met enige zekerheid uit de boringen en/of de radarbeelden te interpreteren.

4.3.5. Diepte van verkitte lagen en oerlagen.

In kaart 5A, 5B en 5C van de bijlage wordt de diepte van diverse verkitte lagen aangegeven.

In de deelgebieden 1 t/m 5 varieert de diepte van de verkitte lagen tussen ca. 35 en ca. 120 cm -mv. In deelgebied 1 is aan de noordkant nog een speciale zone in de radar te zien waar een verkitte laag op grotere diepte aanwezig is. Deze laag is dunner dan in de rest van de deelgebieden en het radarbeeld laat veel meer structuren in de bodem zien tot een diepte van minimaal 3,5 meter -mv. In deelgebied 2 is de diepte van deze laag in het midden groter dan aan de randen vanwege de bolle vorm van het maaiveld van de akker.

In deelgebied 8 is de diepte van een met ijzer verkitte oerlaag aangegeven. Deze varieert in diepte van ca. 50 tot ca. 120 cm -mv. e diepte is het grootst in het (noord) westelijke gedeelte van het deelgebied.

In de deelgebieden 6 en 7 is deze laag niet aangetroffen of met enige zekerheid uit de boringen en/of de radarbeelden te interpreteren.

4.3.6. Diepte van overige gevonden horizonten en/of leem/kleilagen.

In kaart 6A, 6B en 6C van de bijlage wordt de diepte van diverse dieper gelegen bijzondere horizonten en van gevonden leem/kleilagen aangegeven.

In de deelgebieden 1, 3, 6 en 8 is op een paar plaatsen een kleilaagje in de boorbeschrijvingen aangetroffen. Voor zover dit laagje in de radarbeelden nog te vervolgen is, is de diepte in deze kaarten aangegeven. Deze diepte is ongeveer 30-40 cm in de deelgebieden 1, 3 en 6. In deelgebied 8 varieert hij tussen ca. 50 en ca. 80 cm -mv.

In het noordelijke gedeelte van deelgebied 2 is een diepere opvallende laagovergang aangetroffen op ongeveer 80 cm diepte.

In de deelgebied 7 en 8 is nog de diepte van de bovenkant van de oude C-horizont aangegeven (zoals in enkele boringen beschreven. Deze diepte varieert tussen ca. 50 en ca. 90 cm. -mv.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

In onze aanpak hebben wij twee meetsystemen ingezet: een grondradar voor een nauwkeurige meting maar met een beperkte indringingsdiepte, en een gammaspectrometer voor het klei/lutum gehalte in de toplaag (0-30 cm)

Met het onderzoek met de grondradar is de bodemopbouw, de bodemhorizonten en laagovergangen in het bovenste gedeelte in kaart gebracht en is een nagenoeg vlak dekkend beeld van het voor zover mogelijk geïnterpreteerde oude maaiveld gemaakt.

De inzet van grondradar en gammaspectrometer voor vragen naar bodemopbouw en bodemsamenstelling is goed bruikbaar. In dit geval was de vraag vooral om het oorspronkelijk reliëf in kaart te brengen van percelen die in het verleden zijn geëgaliseerd en afgevlakt voor landbouwdoeleinden. De afgevlakt en dichtgeschoven laagte zijn in de grondradarbeelden duidelijk herkenbaar en zijn op deze wijze goed vlak dekkend in kaart te brengen.

5.2 Aanbevelingen

Hoewel een interpretatie van de gevonden ligging van de bodemhorizonten is gemaakt met behulp van de beschikbare boringen, zijn enkele aanvullende boringen aan te bevelen voor het verifiëren van de bodemopbouw op de locaties waar weinig of geen boringen aanwezig zijn.

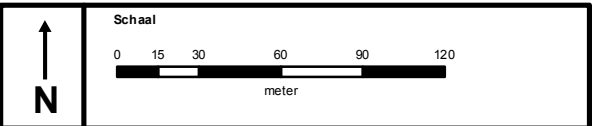
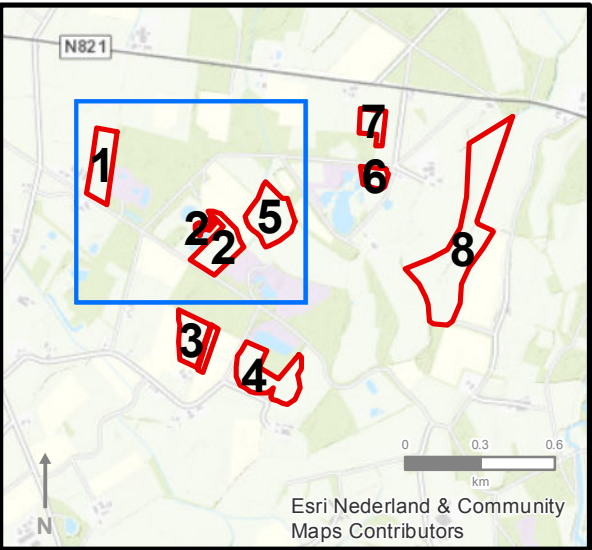
Bijlage: Kaarten

Beschrijving kaarten	Kaartnummer
Meetlijnen en boringen	1A t/m C
Lutumgehalte toplaag	2A t/m C
Begraven maaiveld	3A t/m C
Ahb laag	4A t/m C
Verkitte lagen en oerlagen	5A t/m C
Diepere niveaus en klei/leemlagen	6A t/m C
Voorbeelden van radarprofielen langs specifieke locaties	7

Meetlijnen en boringen

Legenda

- Surveylines
- SKV_loc_03-2107 BWare
 - SKV_Boringen_provincie
 - SKV_Boringen_Stiboka
 - SKV_Boringen_BWare
-  meetgebied



Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever
Provincie Gelderland

Datum opname	Projectcode	Kaartnummer
31 oktober & 1 november 2017	2017-P-625	1A - A3- Landscape
Auteur	Papierformaat	Projectie
HJ/KV	A3	RD (rijksdriehoeksnet)



Meetlijnen en boringen

Legenda

Surveylines

•

SKV_loc_03-2107 BWare

•

SKV_Boringen_provincie

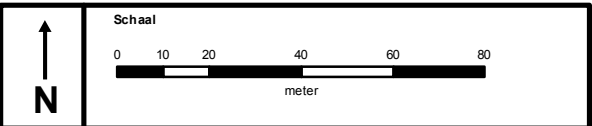
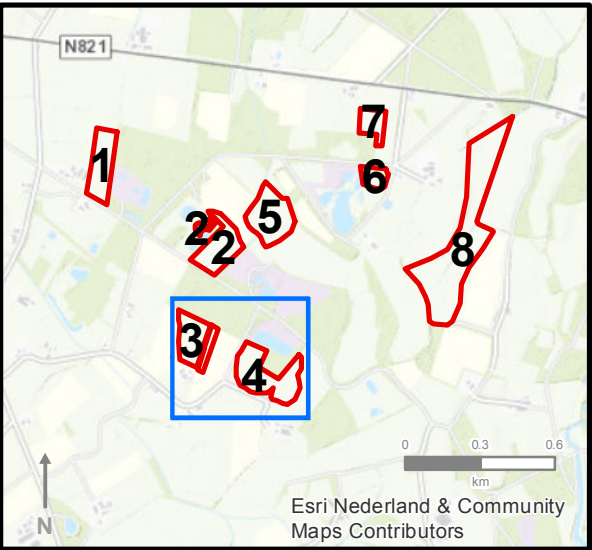
•

SKV_Boringen_Stiboka

•

SKV_Boringen_BWare

meetgebied



Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever
Provincie Gelderland

Datum opname	Projectcode	Kaartnummer
31 oktober & 1 november 2017	2017-P-625	1B - A3- Landscape
Auteur	Papierformaat	Projectie
HJ/KV	A3	RD (rijksdriehoeksnet)



medusa

Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com



Meetlijnen en boringen

Legenda

Surveylines

•

SKV_loc_03-2107 BWare

•

SKV_Boringen_provincie

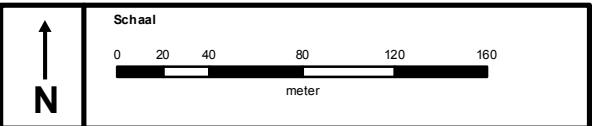
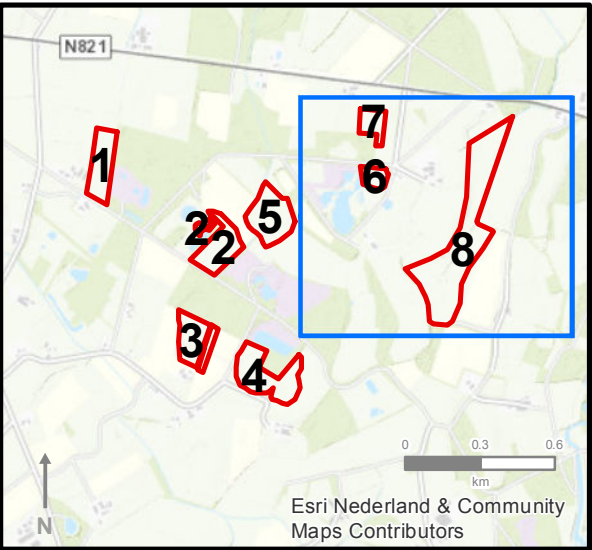
•

SKV_Boringen_Stiboka

•

SKV_Boringen_BWare

meetgebied



Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever
Provincie Gelderland

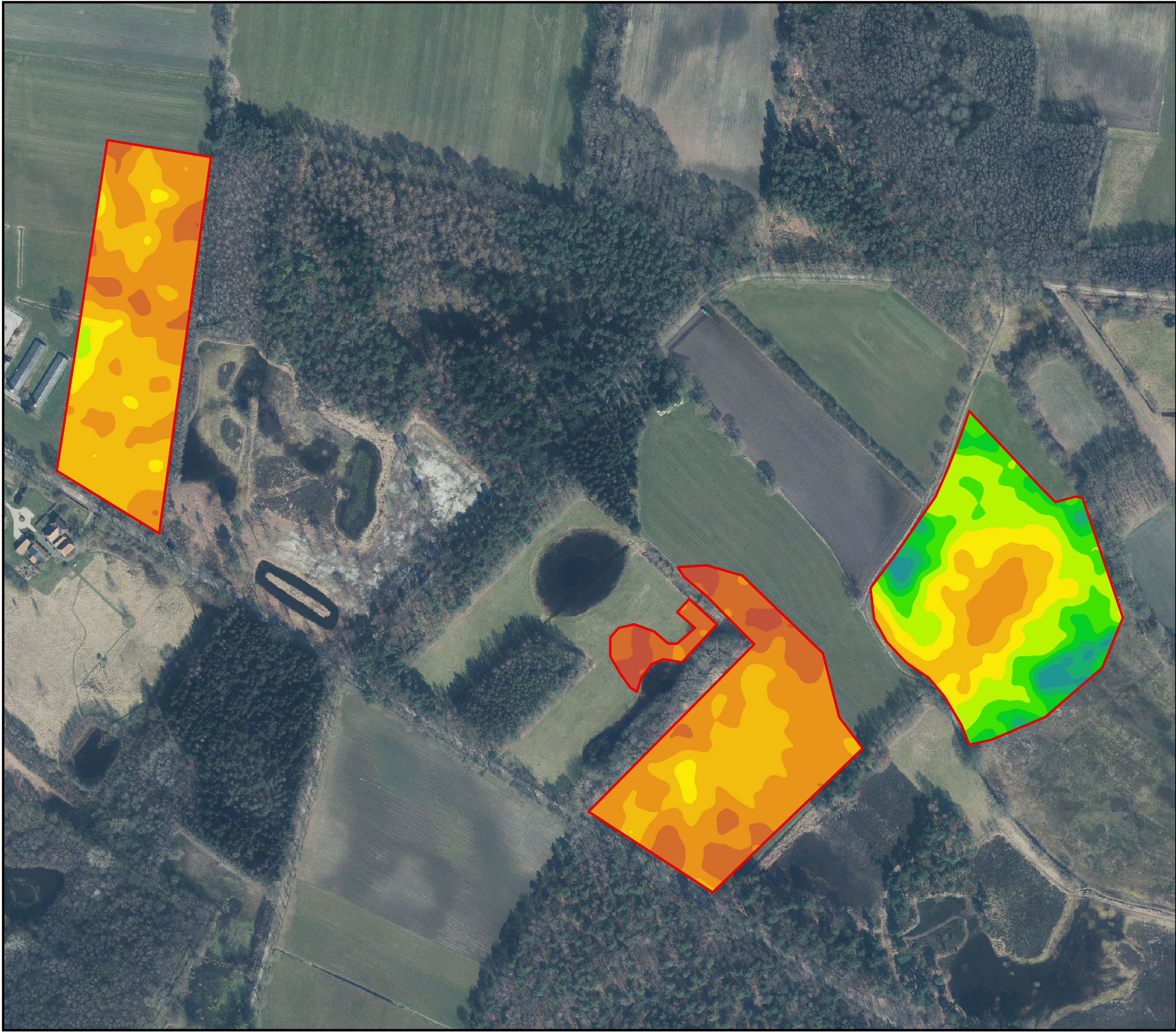
Datum opname	Projectcode	Kaartnummer
31 oktober & 1 november 2017	2017-P-625	1C - A3- Landscape
Auteur	Papierformaat	Projectie
HJ/KV	A3	RD (rijksdriehoeksnet)



medusa

Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com





Lutumgehalte toplaag (top 30 cm)

Legenda

meetgebied

Lutum gehalte toplaag %

2.17 - 2.5

2.51 - 2.75

2.76 - 3

3.01 - 3.25

3.26 - 3.5

3.51 - 3.75

3.76 - 4

4.01 - 4.25

4.26 - 4.5

4.51 - 5

5.01 - 5.5

5.51 - 6

Esri Nederland & Community Maps Contributors

N

Schaal

0 15 30 60 90 120 meter

Gebied

Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever

Provincie Gelderland

Datum opname

31 oktober & 1 november 2017

Projectcode

2017-P-625

Kaartnummer

2A- A3- Landscape

Auteur

HJ/KV

Papierformaat

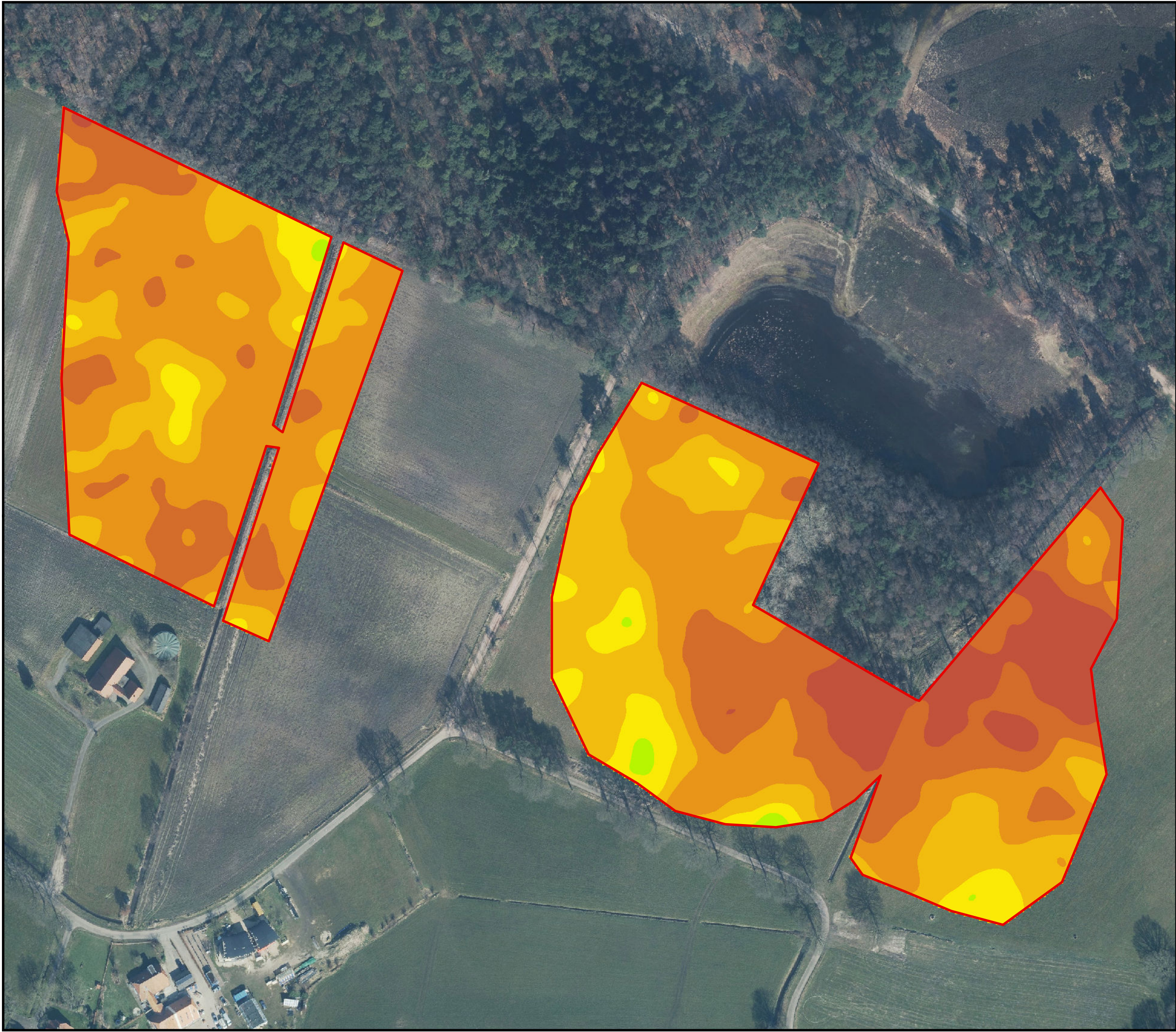
A3

Projectie

RD (rijksdriehoeksnet)

Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen

tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com



Lutumgehalte toplaag (top 30 cm)

Legenda

meetgebied

2.17 - 2.5

2.51 - 2.75

2.76 - 3

3.01 - 3.25

3.26 - 3.5

3.51 - 3.75

3.76 - 4

4.01 - 4.25

4.26 - 4.5

4.51 - 5

5.01 - 5.5

5.51 - 6

Lutum gehalte toplaag

%

3.26 - 3.5

3.51 - 3.75

3.76 - 4

4.01 - 4.25

4.26 - 4.5

4.51 - 5

5.01 - 5.5

5.51 - 6

Esri Nederland & Community Maps Contributors

N

Schaal

0 10 20 40 60 80

meter

Gebied

Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever

Provincie Gelderland

Datum opname

31 oktober & 1 november 2017

Projectcode

2017-P-625

Kaartnummer

2B-A3- Landscape

Auteur

HJ/KV

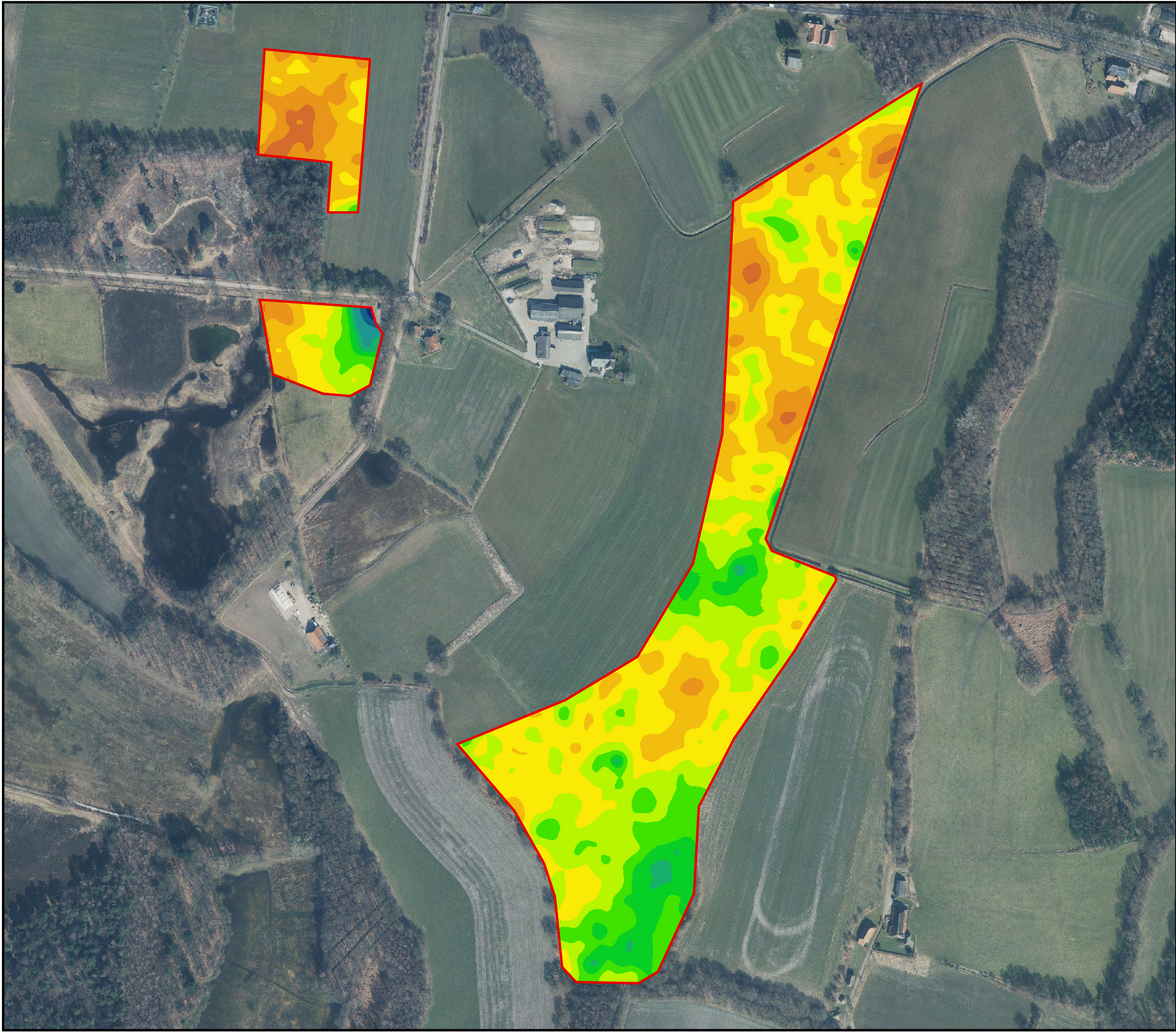
Papierformaat

A3

Projectie

RD (rijksdriehoeksnet)

Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com



Lutumgehalte toplaag (top 30 cm)

Legenda

meetgebied

2.17 - 2.5

2.51 - 2.75

2.76 - 3

3.01 - 3.25

3.26 - 3.5

3.51 - 3.75

3.76 - 4

4.01 - 4.25

4.26 - 4.5

4.51 - 5

5.01 - 5.5

5.51 - 6

Lutum gehalte toplaag

%

Esri Nederland & Community Maps Contributors

N

Schaal

0 20 40 80 120 160

meter

Gebied

Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever

Provincie Gelderland

Datum opname

31 oktober & 1 november 2017

Projectcode

2017-P-625

Kaartnummer

2C- A3- Landscape

Auteur

HJ/KV

Papierformaat

A3

Projectie

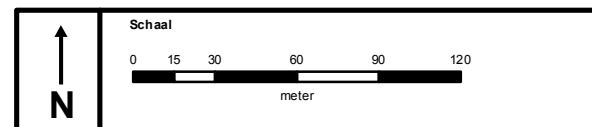
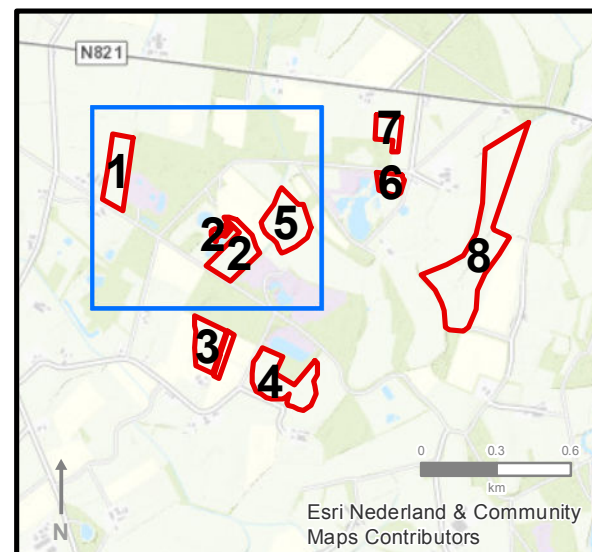
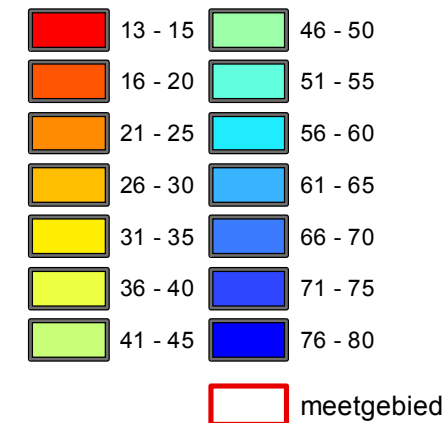
RD (rijksdriehoeksnet)

Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com

Begraven oude maaiveld. (opgebracht materiaal)

Legenda

Opgebracht materiaal Dikte in cm.



Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever
Provincie Gelderland

Datum opname 31 oktober & 1 november 2017	Projectcode 2017-P-625	Kaartnummer 3A- A3- Landscape
Auteur HJ/KV	Papierformaat A3	Projectie RD (rijksdriehoeksnet)

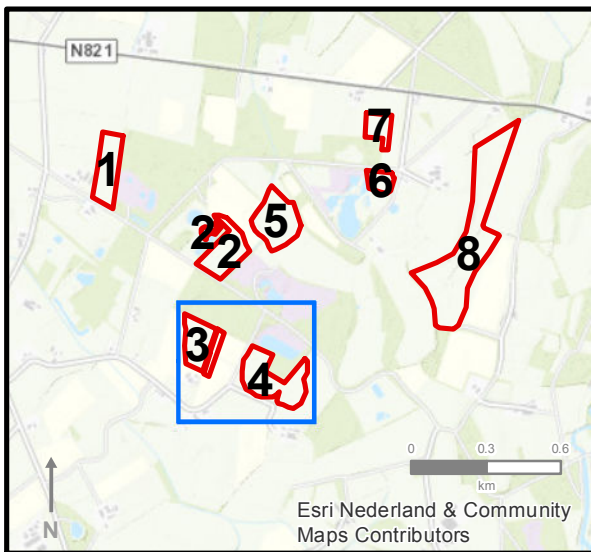
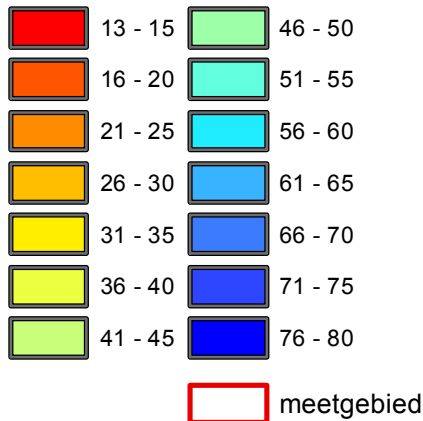


Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com

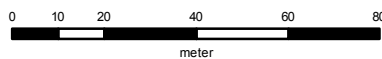
Begraven oude maaiveld.
(opgebracht materiaal)

Legenda

Opgebracht materiaal
Dikte in cm.



Schaal



Gebied

Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever

Provincie Gelderland

Datum opname

31 oktober &
1 november 2017

Projectcode

2017-P-625

Kaartnummer

3B- A3- Landscape

Auteur

HJ/KV

Papierformaat

A3

Projectie

RD (rijksdriehoeksnet)

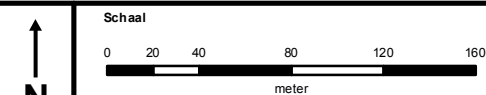
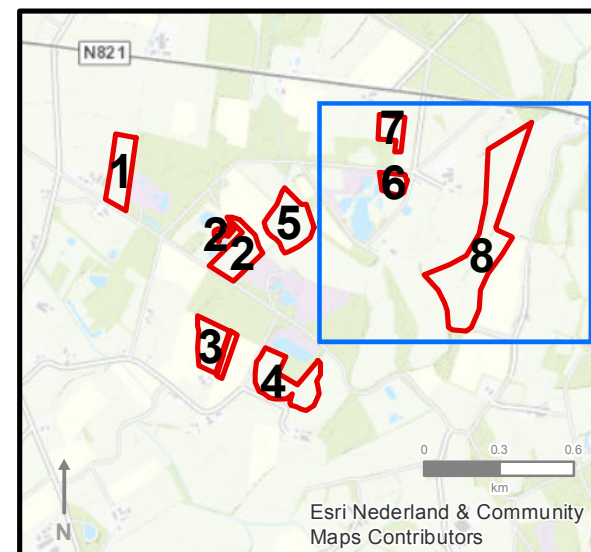
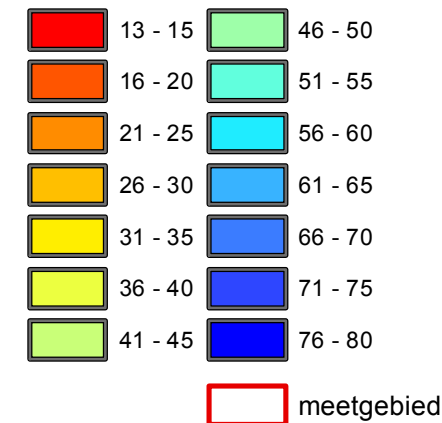


Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com

Begraven oude maaiveld. (opgebracht materiaal)

Legenda

Opgebracht materiaal Dikte in cm.



Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever
Provincie Gelderland

Datum opname 31 oktober & 1 november 2017	Projectcode 2017-P-625	Kaartnummer 3C- A3- Landscape
Auteur HJ/KV	Papierformaat A3	Projectie RD (rijksdriehoeksnet)

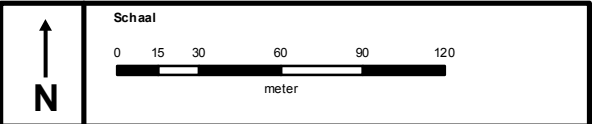
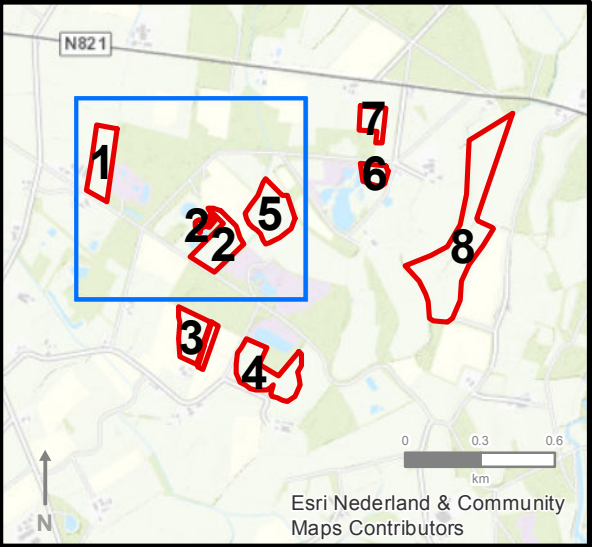


Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com

Begraven moerige laag (Ahb horizont)

Legenda

Ahb horizont			
Diepte in cm -mv			
	26 - 32		81 - 88
	33 - 40		89 - 96
	41 - 48		97 - 104
	49 - 56		105 - 112
	57 - 64		113 - 120
	65 - 72		121 - 128
	73 - 80		
			meetgebied



Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever
Provincie Gelderland

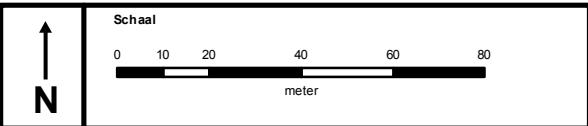
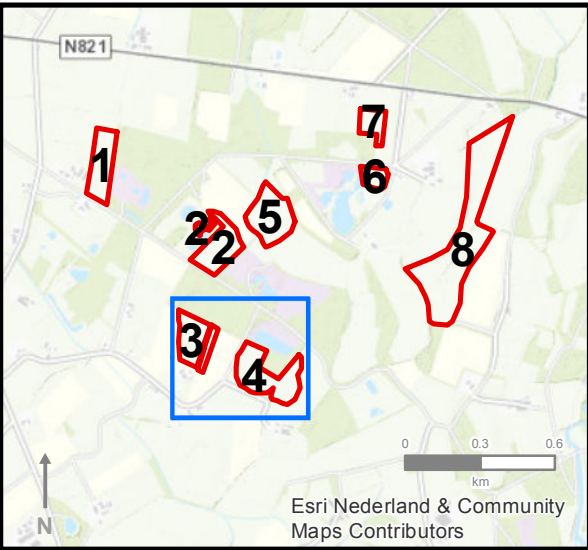
Datum opname 31 oktober & 1 november 2017	Projectcode 2017-P-625	Kaartnummer 4A- A3- Landscape
Auteur HJ/KV	Papierformaat A3	Projectie RD (rijksdriehoeksnet)

Begraven moerige laag
(Ahb horizont)

Legenda

Ahb horizont
Diepte in cm -mv

26 - 32	81 - 88
33 - 40	89 - 96
41 - 48	97 - 104
49 - 56	105 - 112
57 - 64	113 - 120
65 - 72	121 - 128
73 - 80	meetgebied



Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever
Provincie Gelderland

Datum opname 31 oktober & 1 november 2017	Projectcode 2017-P-625	Kaartnummer 4B- A3- Landscape
Auteur HJ/KV	Papierformaat A3	Projectie RD (rijksdriehoeksnet)

Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com

Begraven moerige laag
(Ahb horizont)

Legenda

Ahb horizont
Diepte in cm -mv

26 - 32	81 - 88
33 - 40	89 - 96
41 - 48	97 - 104
49 - 56	105 - 112
57 - 64	113 - 120
65 - 72	121 - 128
73 - 80	meetgebied



Schaal

0 20 40 80 120 160
meter

Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever Provincie Gelderland		
Datum opname 31 oktober & 1 november 2017	Projectcode 2017-P-625	Kaartnummer 4C- A3- Landscape
Auteur HJ/KV	Papierformaat A3	Projectie RD (rijksdriehoeksnet)

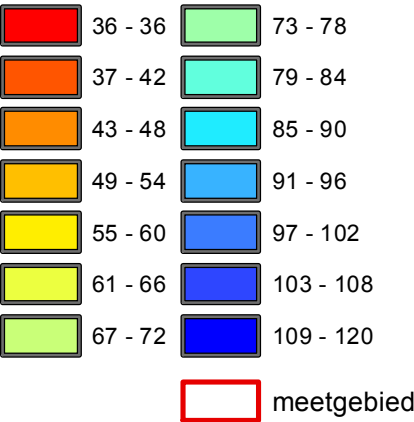
medusa

Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com

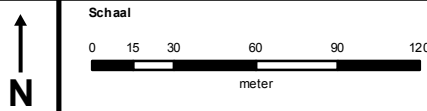
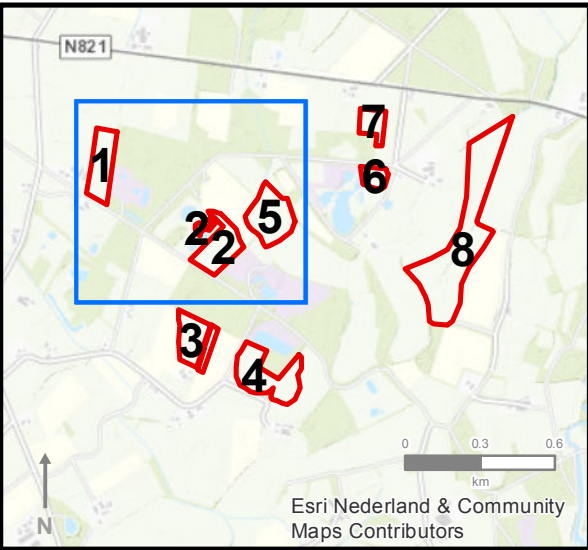
Verkitte lagen en oerlagen

Legenda

Verkitte lagen / oerlagen
Diepte in cm. -mv.



Verkitte lagen



Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever
Provincie Gelderland

Datum opname 31 oktober & 1 november 2017	Projectcode 2017-P-625	Kaartnummer 5A- A3- Landscape
Auteur HJ/KV	Papierformaat A3	Projectie RD (rijksdriehoeksnet)

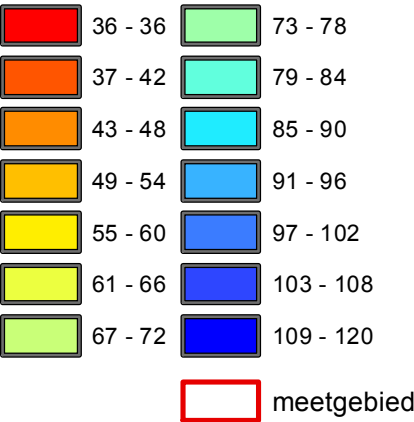


Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com

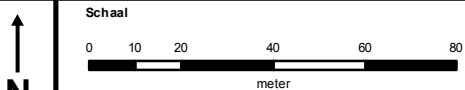
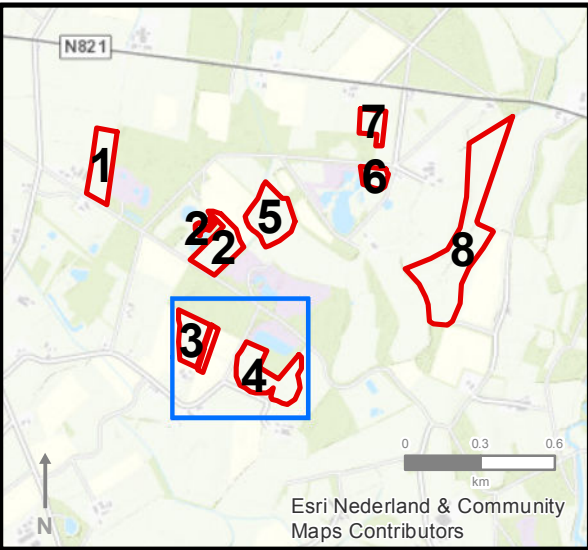
Verkitte lagen en oerlagen

Legenda

Verkitte lagen / oerlagen
Diepte in cm. -mv.



Verkitte lagen



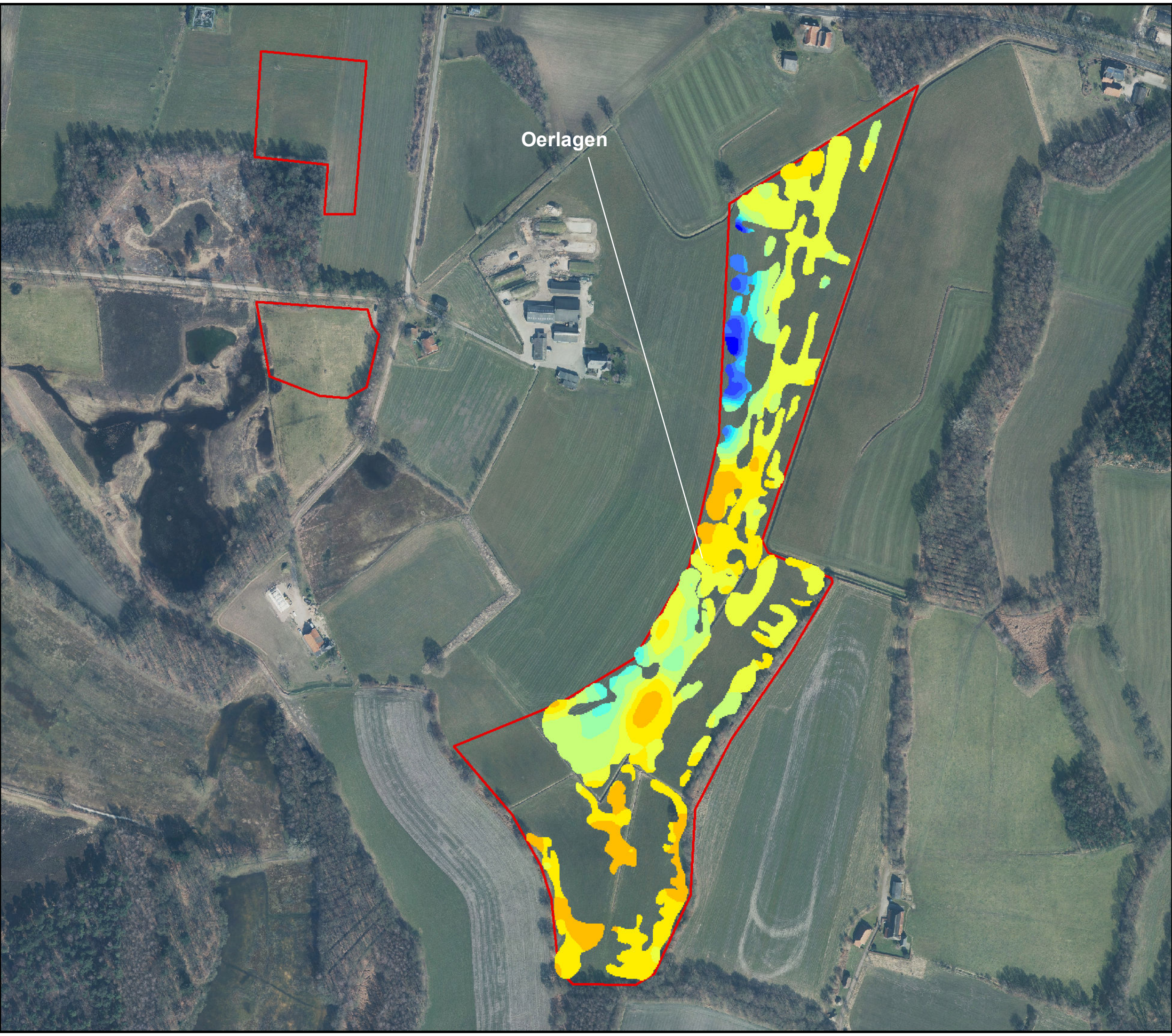
Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever
Provincie Gelderland

Datum opname 31 oktober & 1 november 2017	Projectcode 2017-P-625	Kaartnummer 5B-A3- Landscape
Auteur HJ/KV	Papierformaat A3	Projectie RD (rijksdriehoeksnet)



Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com



Verkitte lagen en oerlagen

Legenda

Verkitte lagen / oerlagen
Diepte in cm. -mv.

36 - 36	73 - 78
37 - 42	79 - 84
43 - 48	85 - 90
49 - 54	91 - 96
55 - 60	97 - 102
61 - 66	103 - 108
67 - 72	109 - 120

meetgebied

N

Schaal

0 20 40 80 120 160

meter

Gebied

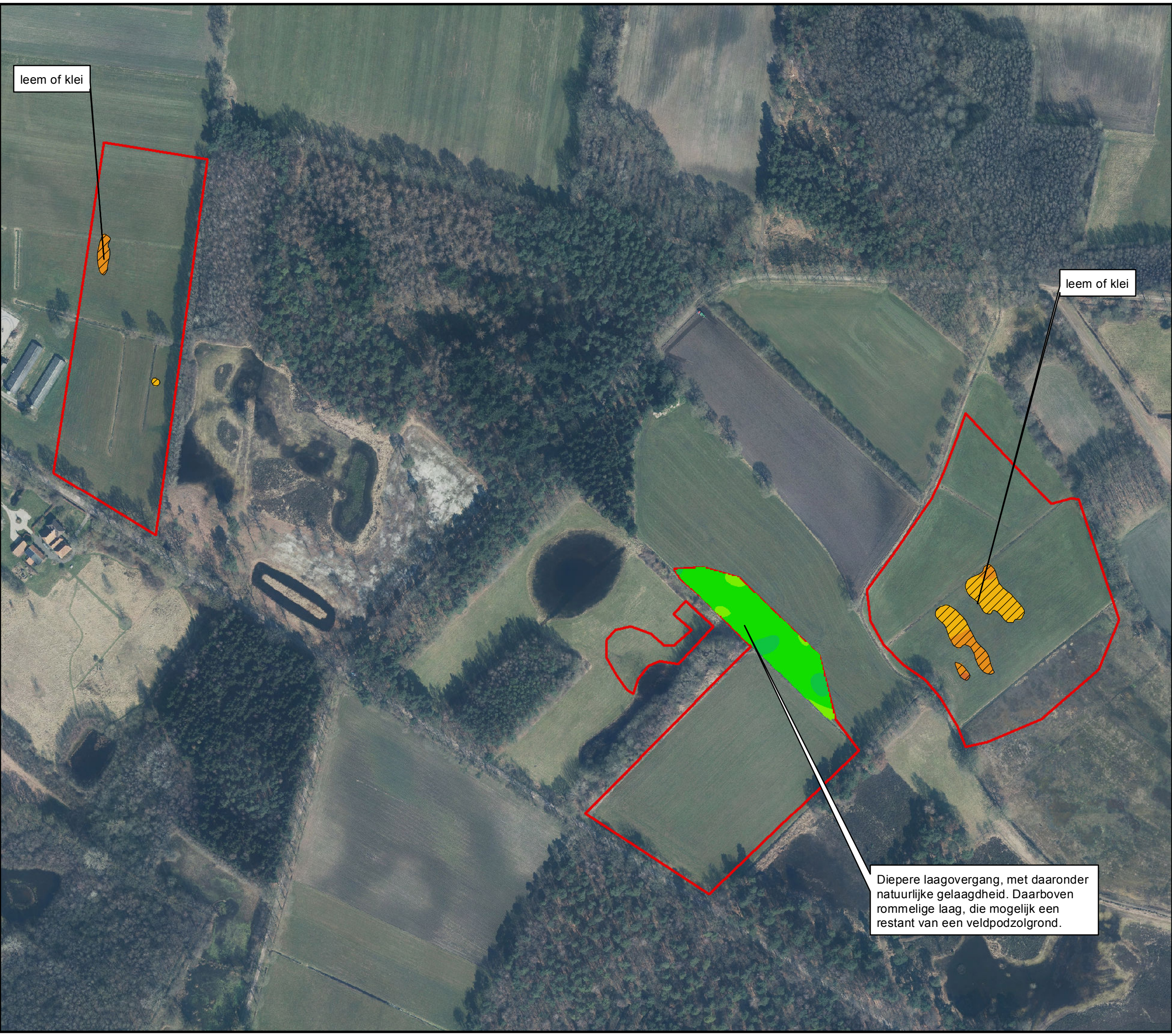
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever

Provincie Gelderland

Datum opname	Projectcode	Kaartnummer
31 oktober & 1 november 2017	2017-P-625	5C- A3- Landscape
Auteur	Papierformaat	Projectie
HJ/KV	A3	RD (rijksdriehoeksnet)

Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com



leem of klei

leem of klei

Diepere laagovergang, met daaronder natuurlijke gelaagdheid. Daarboven rommelige laag, die mogelijk een restant van een veldpodzolgrond.

Diepere Bodem-horizonten en leem of kleilagen

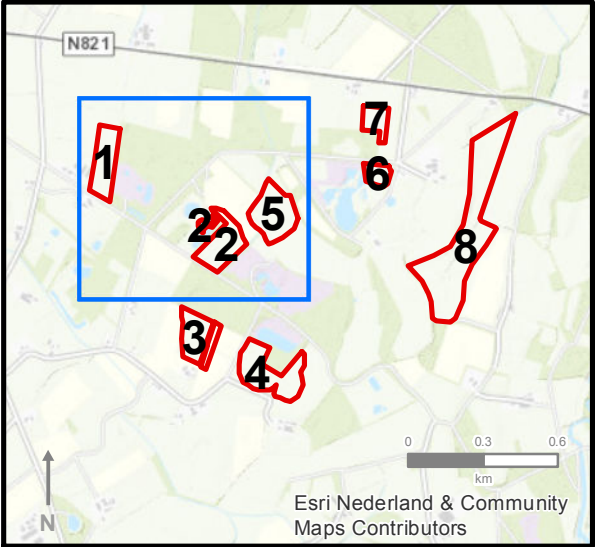
Legenda

Diepte Diepere lagen en Leem/klei lagen in cm t.o.v. Maaiveld

27 - 30	81 - 90
31 - 40	91 - 100
41 - 50	101 - 110
51 - 60	111 - 120
61 - 70	121 - 130
71 - 80	131 - 140

Leem of klei aanwezig

Diepere horizont (oud c-horizont?)



Schaal

0 15 30 60 90 120 meter

Gebied

Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever Provincie Gelderland		
Datum opname 31 oktober & 1 november 2017	Projectcode 2017-P-625	Kaartnummer 6A- A3- Landscape
Auteur HJ/KV	Papierformaat A3	Projectie RD (rijksdriehoeksnet)

medusa

Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com

Diepere Bodem-horizonten
en leem of kleilagen

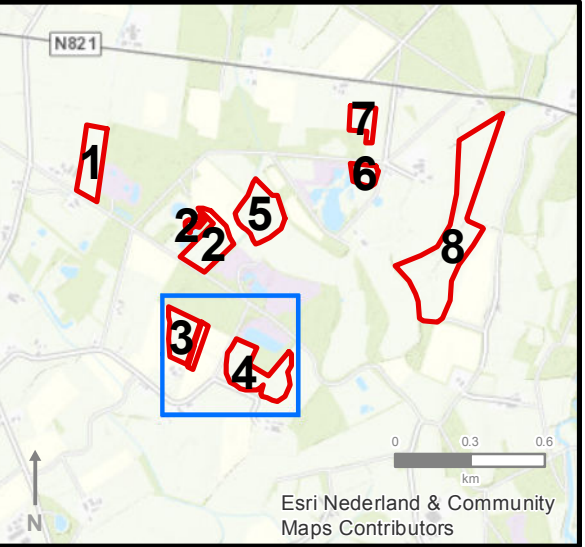
Legenda

Diepte Diepere lagen
en Leem/klei lagen
in cm t.o.v. Maaiveld

	27 - 30		81 - 90
	31 - 40		91 - 100
	41 - 50		101 - 110
	51 - 60		111 - 120
	61 - 70		121 - 130
	71 - 80		131 - 140

 Leem of klei aanwezig

 Diepere horizont (oud c-horizont?)





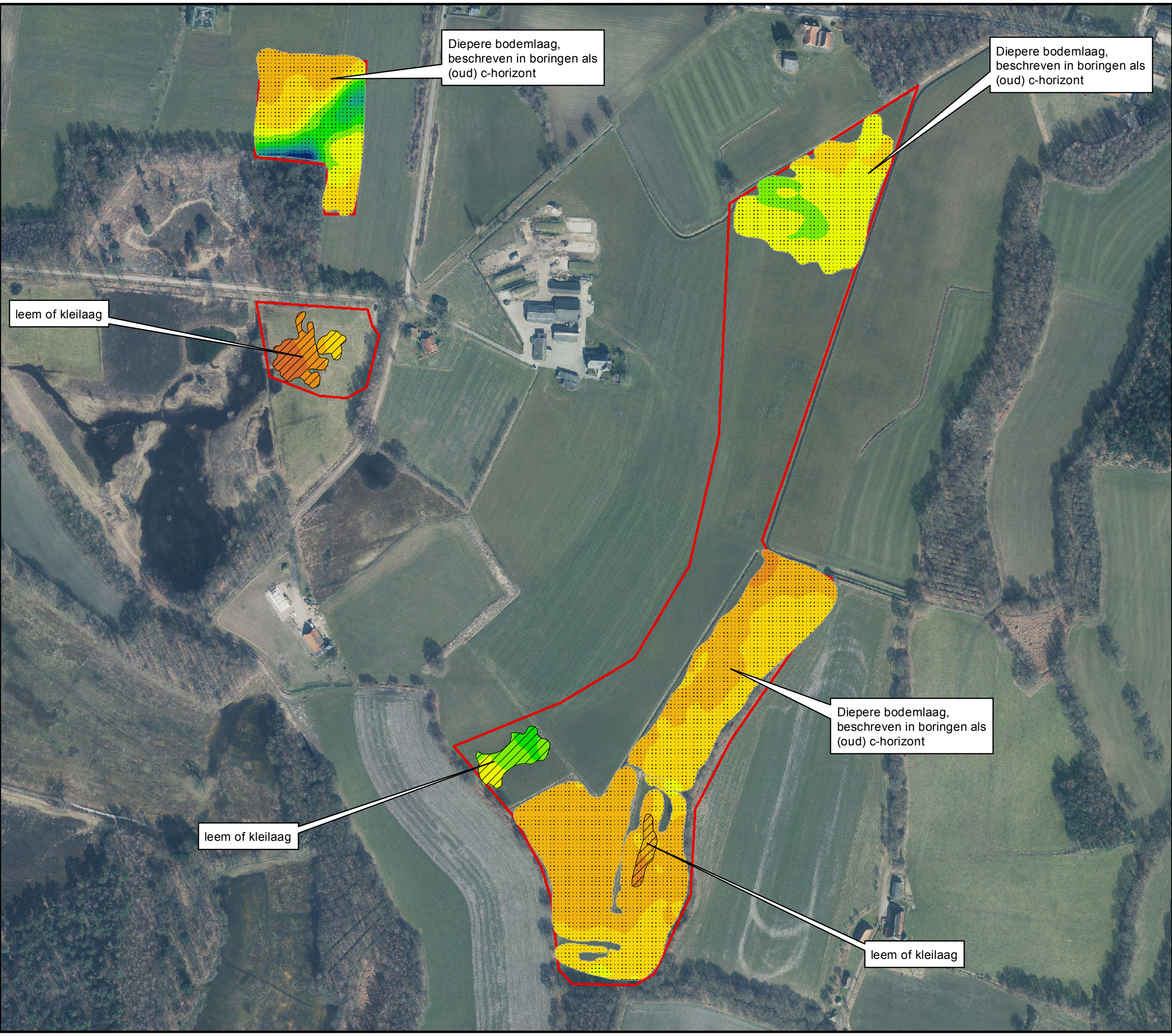
Schaal
0 10 20 40 60 80
meter

Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

Opdrachtgever Provincie Gelderland		
Datum opname 31 oktober & 1 november 2017	Projectcode 2017-P-625	Kaartnummer 6B- A3- Landscape
Auteur HJ/KV	Papierformaat A3	Projectie RD (rijksdriehoeksnet)



Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com



Diepere Bodem-horizonten en leem of kleilagen

Legenda

Diepte Diepere lagen en Leem/klei lagen in cm t.o.v. Maaiveld

27 - 30	81 - 90
31 - 40	91 - 100
41 - 50	101 - 110
51 - 60	111 - 120
61 - 70	121 - 130
71 - 80	131 - 140

Leem of klei aanwezig

Diepere horizont (oud c-horizont?)



Schaal

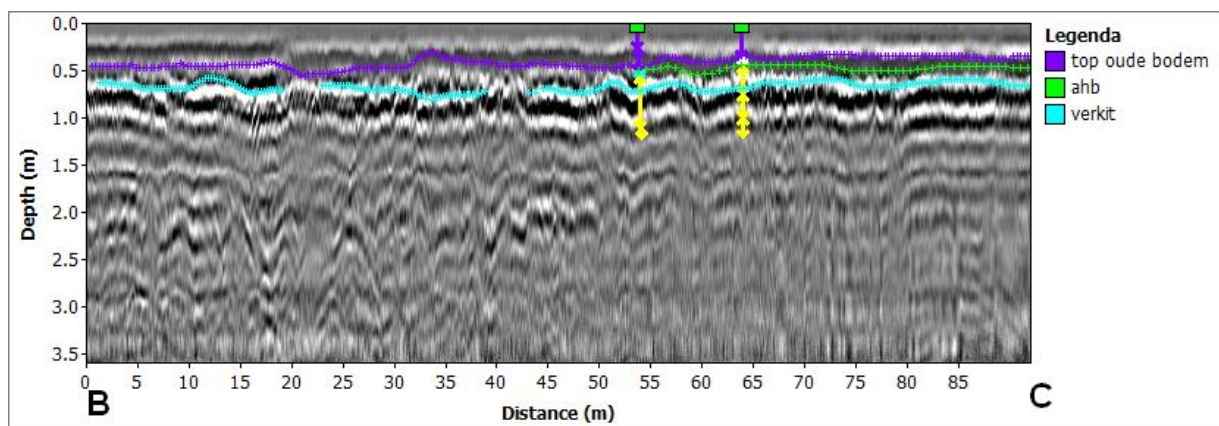
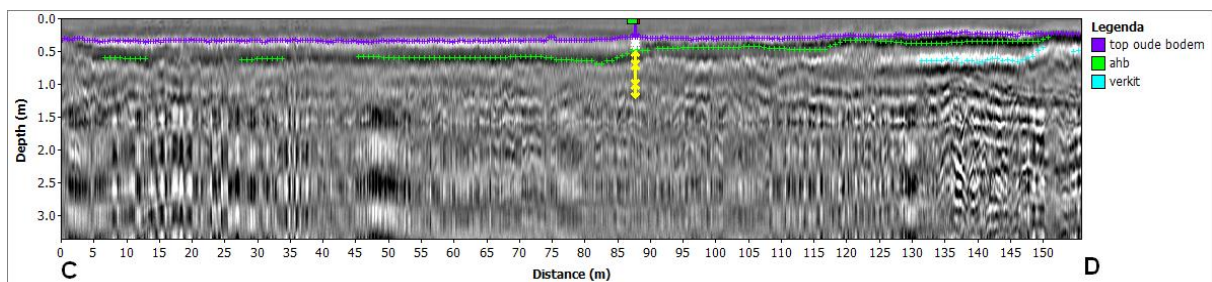
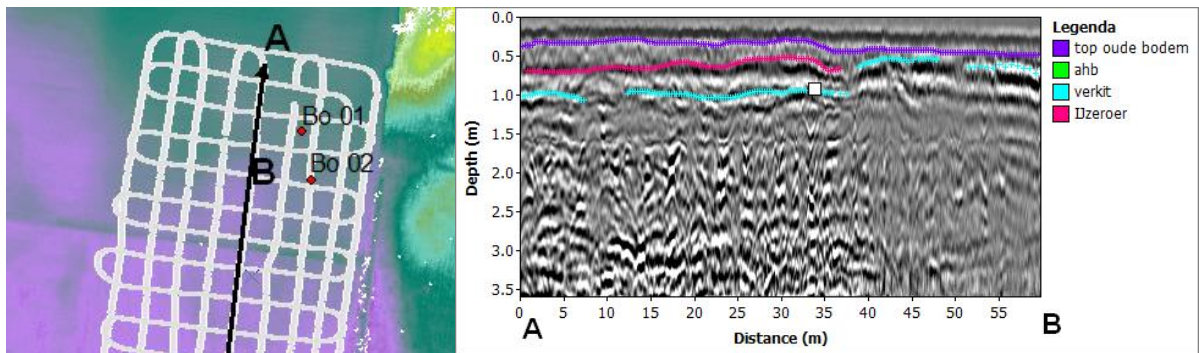
0 20 40 80 120 160 meter

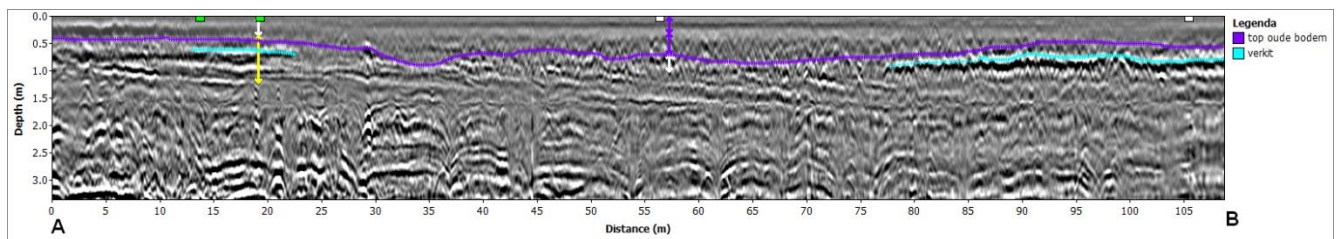
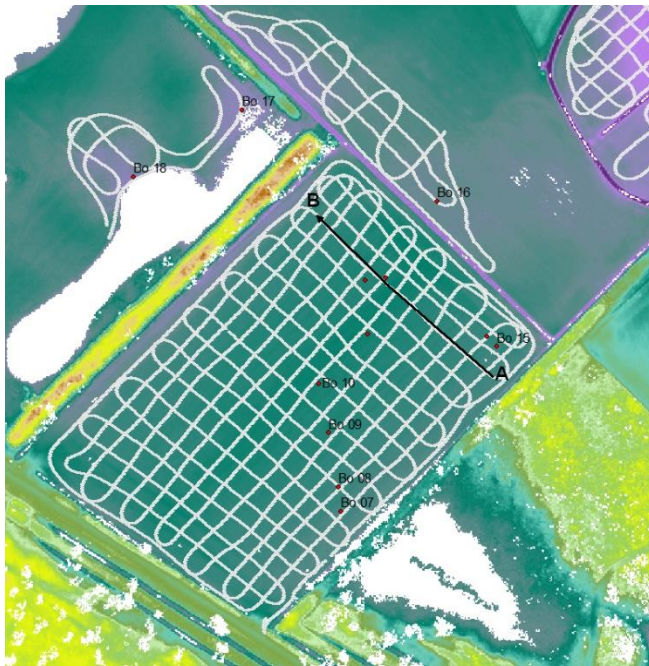
Gebied
Stelkampsveld Bodemonderzoek

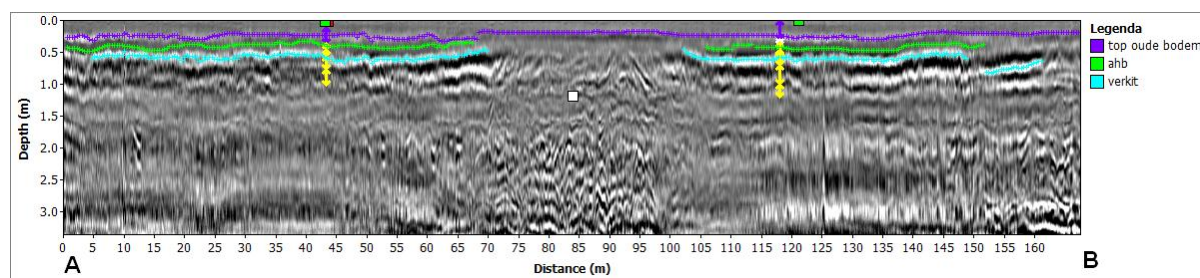
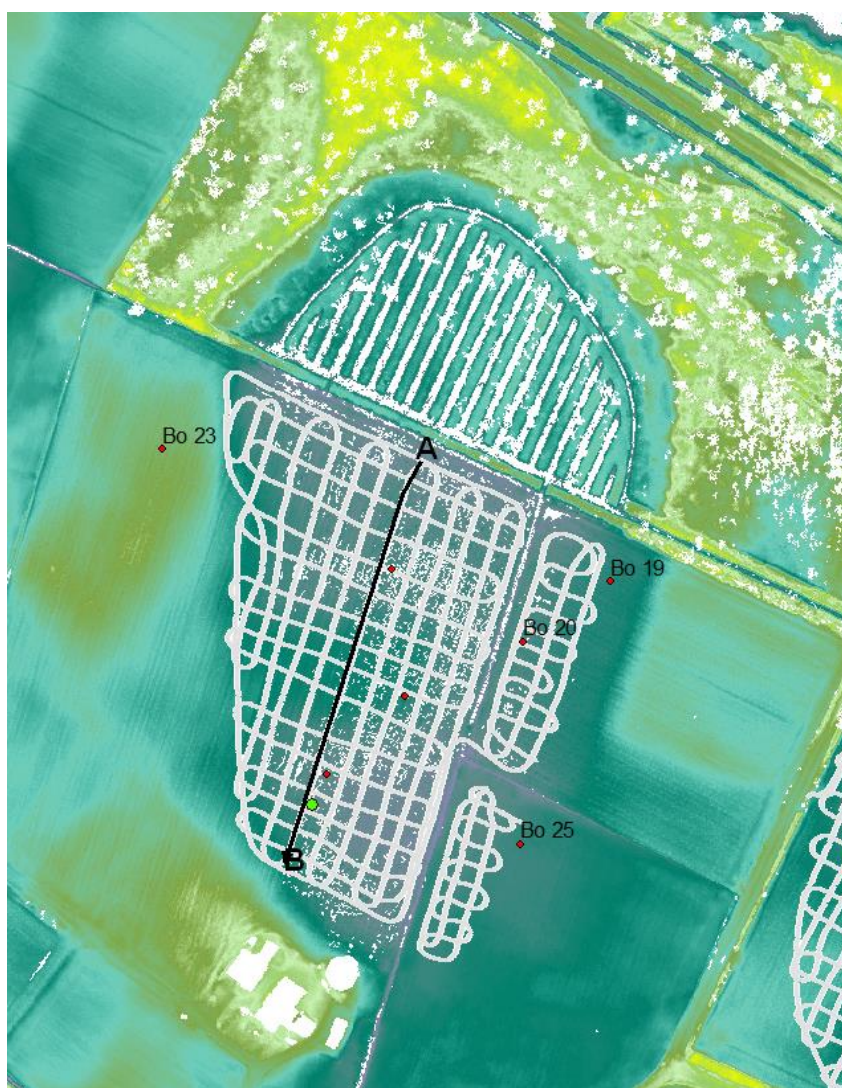
Opdrachtgever Provincie Gelderland		
Datum opname 31 oktober & 1 november 2017	Projectcode 2017-P-625	Kaartnummer 6C- A3- Landscape
Auteur HJ/KV	Papierformaat A3	Projectie RD (rijksdriehoeksnet)

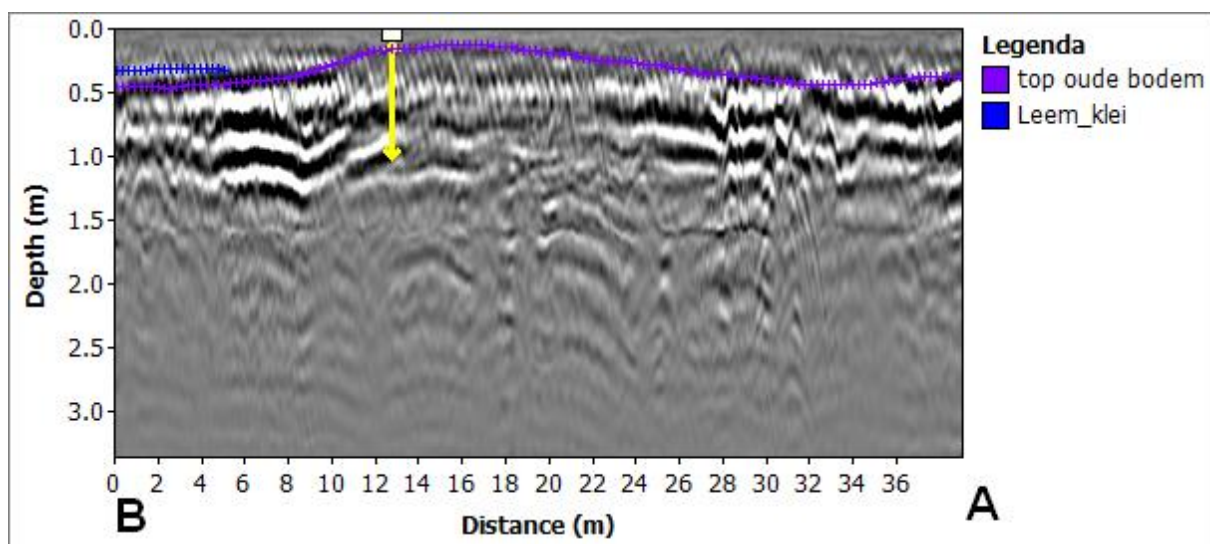
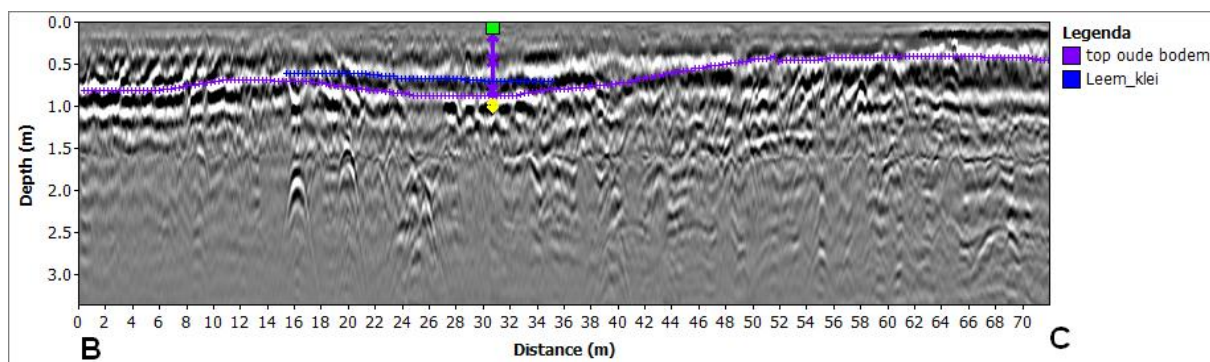
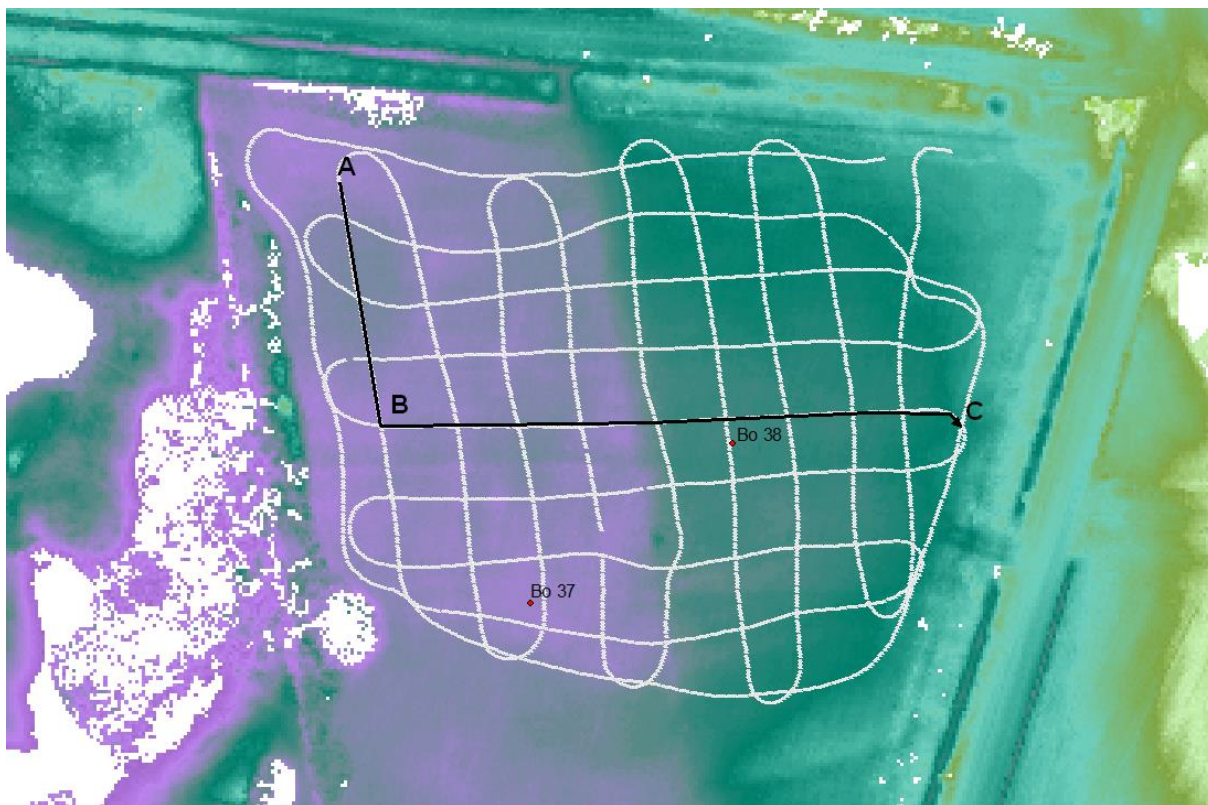
Medusa Explorations bv, Postbus 623, 9700 AP, Groningen
tel: 050 5770280, web: www.medusa-surveys.com

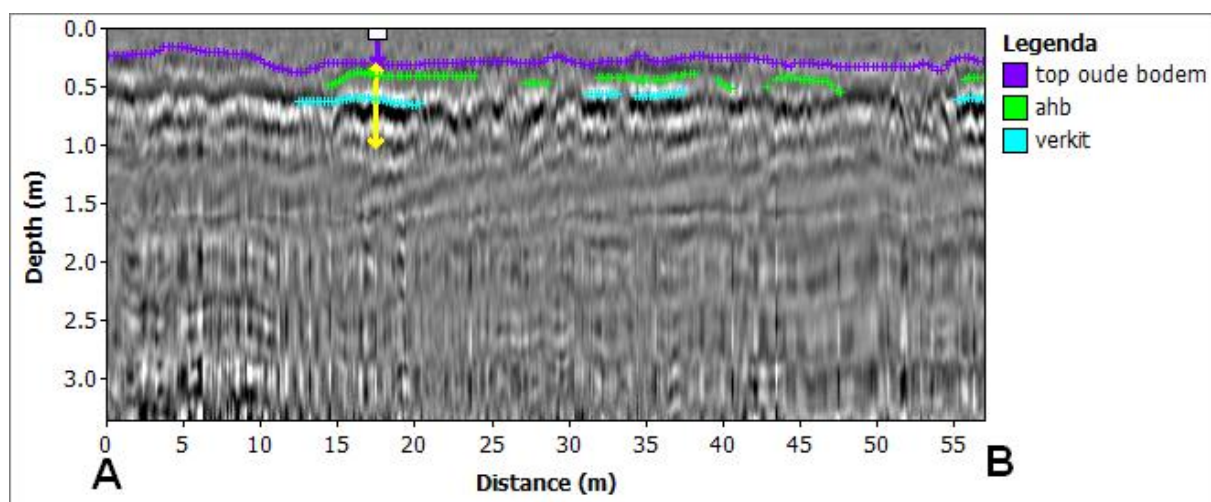
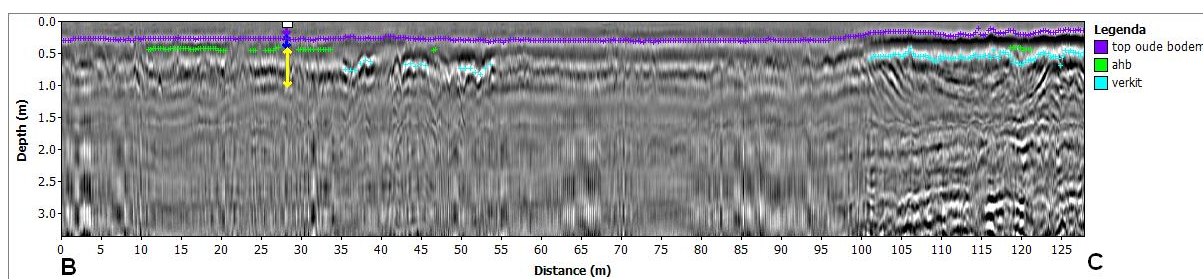
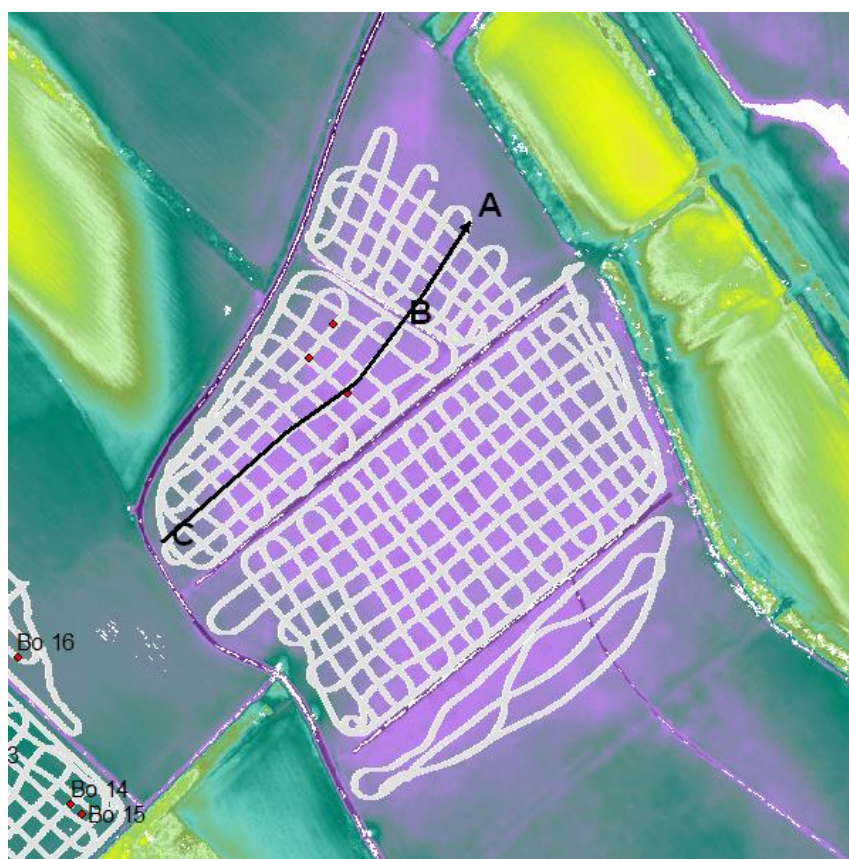
Bijlage 7 extra voorbeelden van radarprofielen langs meetlijnen volgens
bijgevoegde hoogtekaarten.

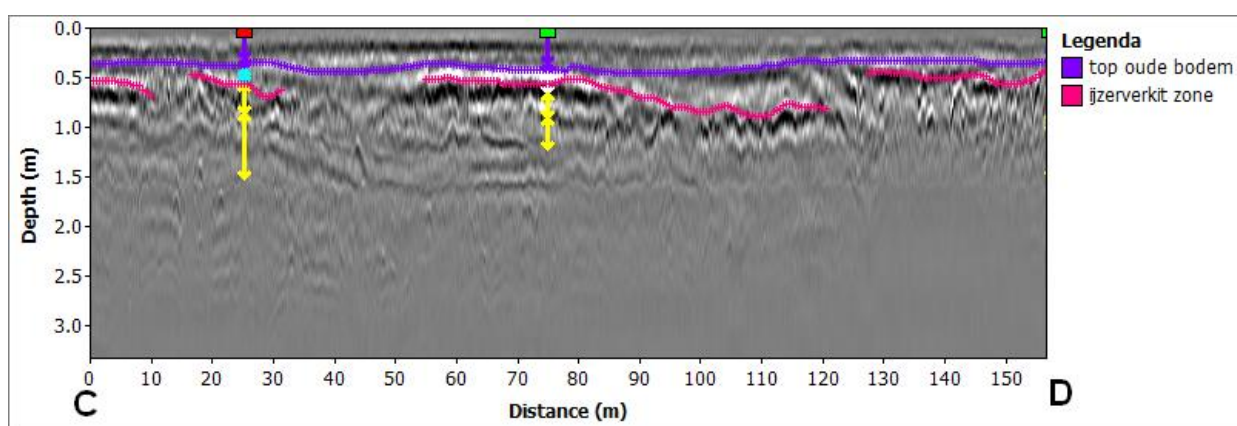
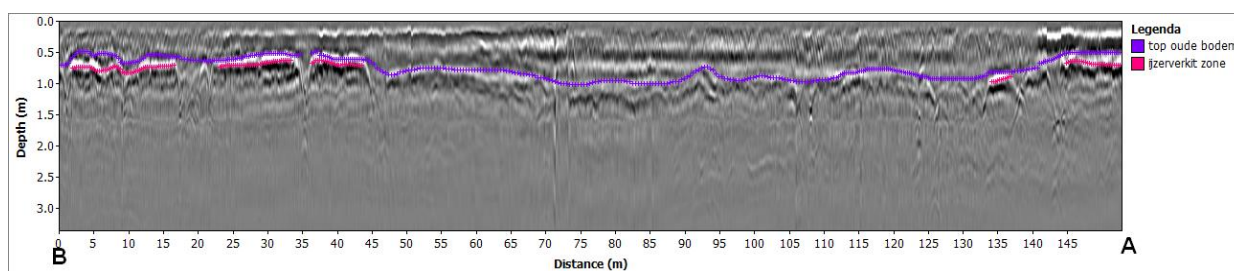
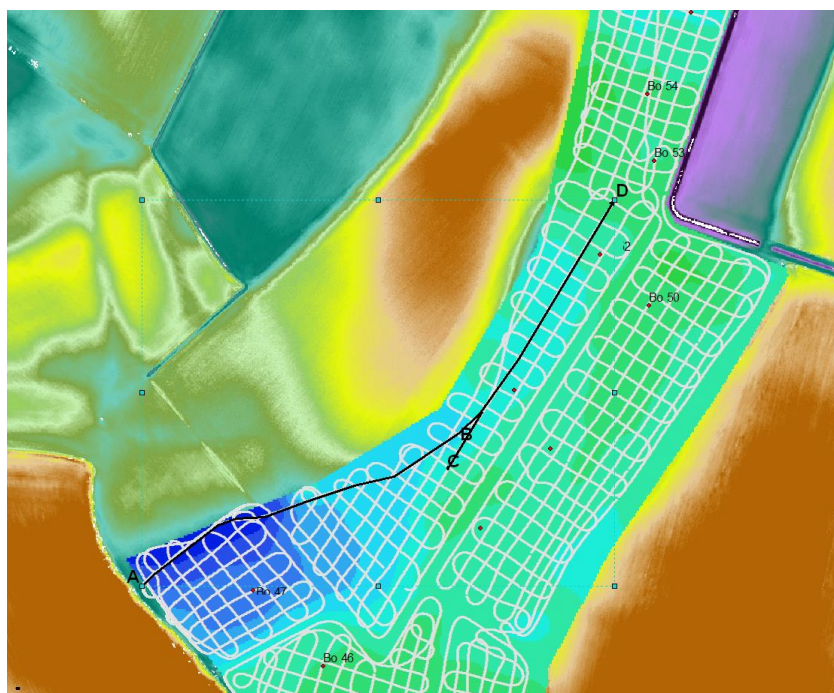


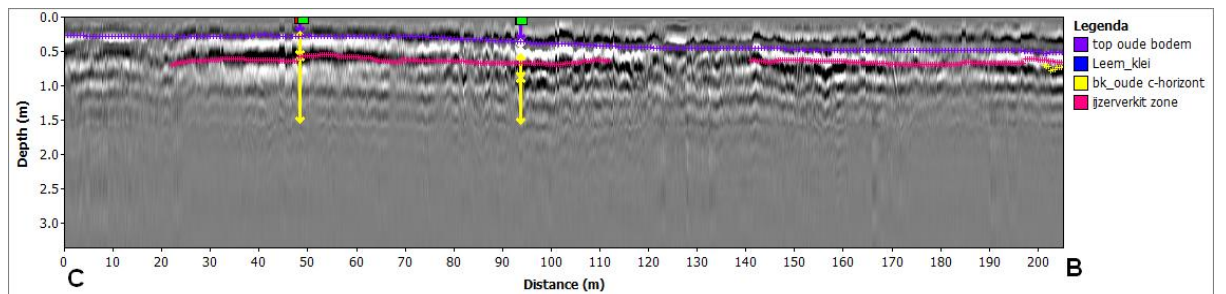
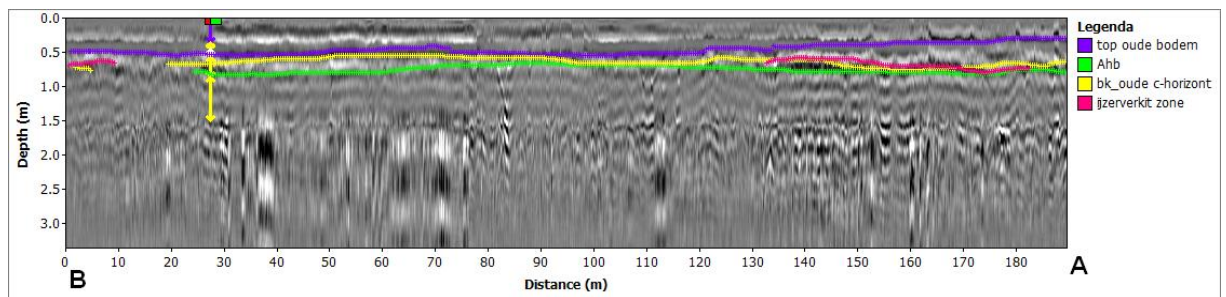
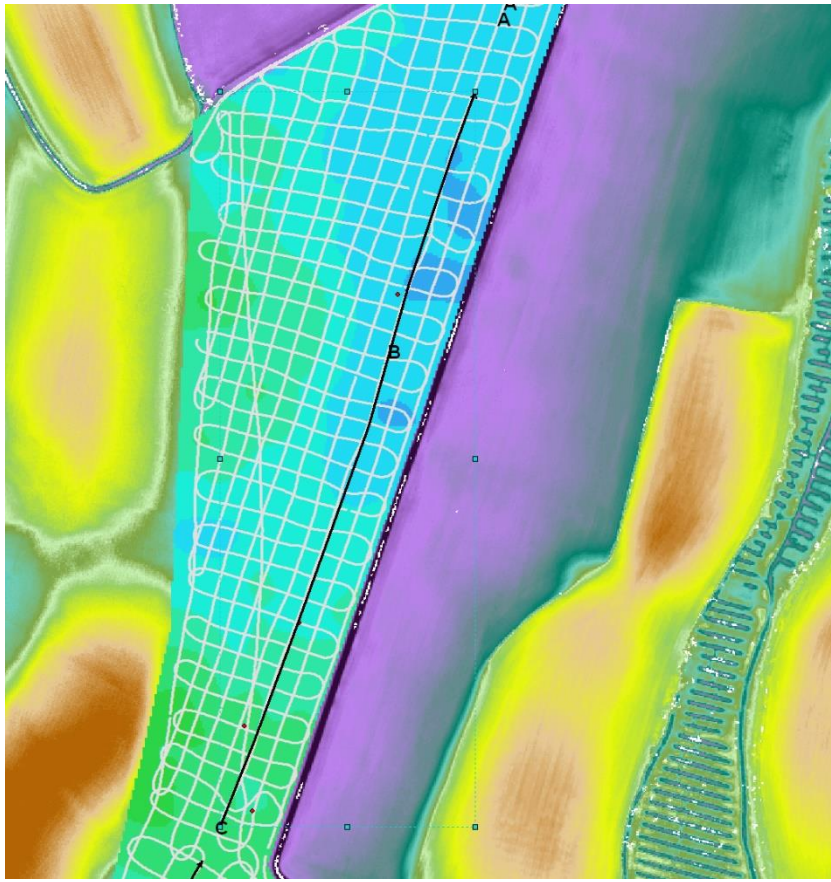












Medusa Explorations BV

Verlengde Bremenweg 4, 9723 JV Groningen
P.O. Box 623, 9700 AP Groningen
The Netherlands

t +31(0)50-577 02 80
f +31(0)50-579 23 45
i www.medusa-online.com

