

tTEM metingen ten behoefte van verbetering breukenmodel H3O Peelhorst en Venloslenk

TNO 2024 R10618 – 6 mei 2024

tTEM metingen ten behoeve van verbetering breukenmodel H3O Peelhorst en Venloslenk

Auteurs	Marcel Bakker Sjef Meekes Jan Gunnink
Rubricering rapport	TNO Public
Titel	TNO Public
Rapporttekst	TNO Public
Aantal pagina's	29 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	A t/m E
Projectnummer	060.56243

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2024 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding	4
1.1 Vraag- en doelstelling.....	4
2 Resultaten en bevindingen.....	8
3 Conclusies.....	27
4 Ondertekening.....	28

1 Inleiding

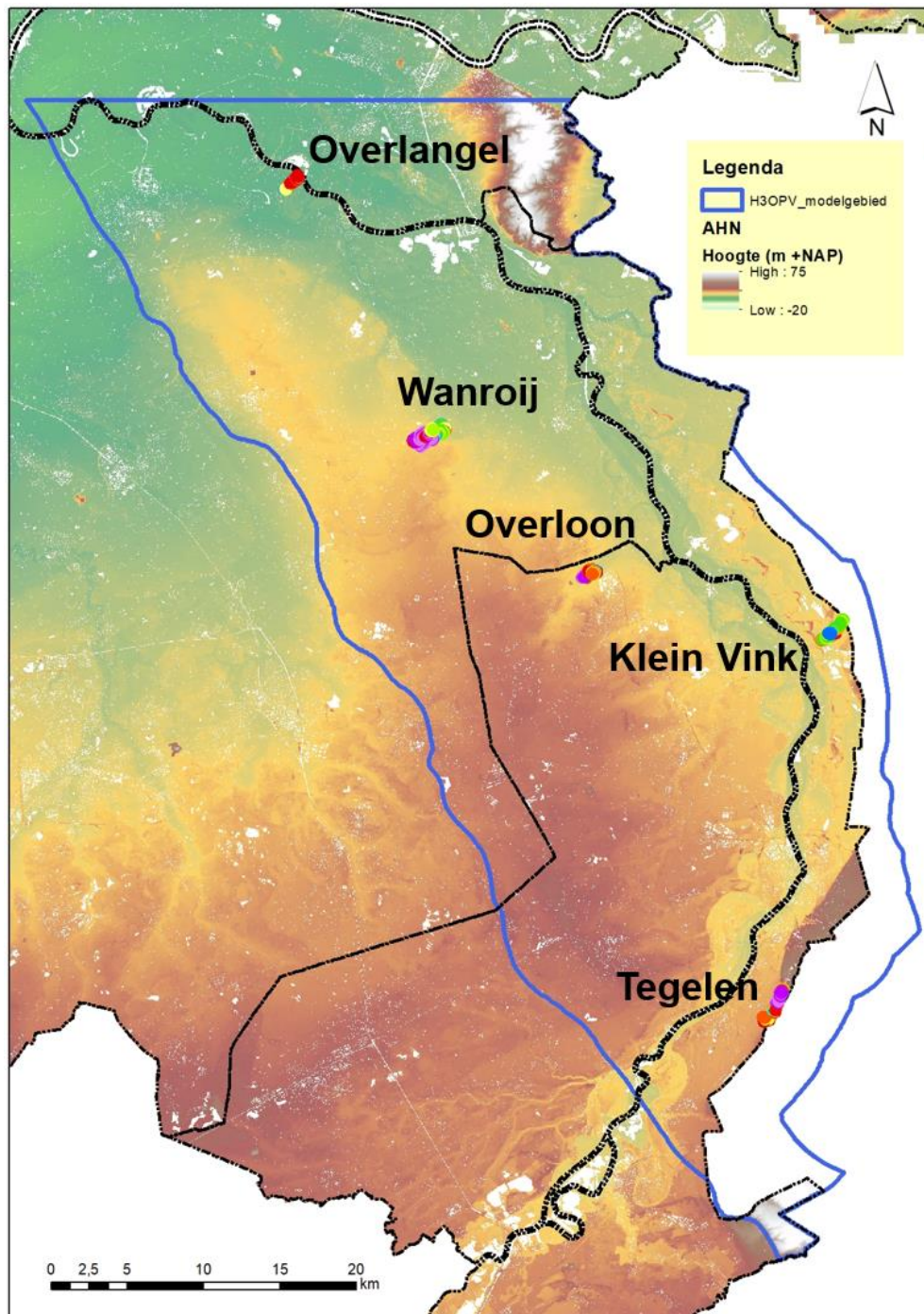
Voor het (hydro)geologisch model H3O-Peelhorst & Venloslenk is een correcte weergave van de breuksystemen in de ondergrond van groot belang voor de bepaling van de geometrie van watervoerende en slecht doorlatende lagen. In het modelgebied, welke is weergegeven in Figuur 1A, komen drie hoofdbreuksystemen voor en een groot aantal - daaraan gerelateerde - secundaire breuken.

De zuidwestelijke helft van het modelgebied wordt gevormd door de Peelhorst. Deze wordt in het zuidwesten begrensd door de Peelrandbreuk en aan de noordoostzijde door de Tegelenbreuk. Ten noordoosten daarvan ligt de Venloslenk, die nabij de Duitse grens wordt afgebakend door de Viersenbreuk, tevens de oostgrens van het modelgebied. De genoemde breuken bestaan uit diverse breuksegmenten. Daarnaast komen veel secundaire breuken voor die ook weer kunnen bestaan uit diverse segmenten. Tevens is er sterke variatie tot hoe ondiep de breuken - vanuit de diepte - richting het maaiveld doorlopen.

1.1 Vraag- en doelstelling

De breuken en breuksegmenten worden gekarteerd en gemodelleerd met behulp van interpretaties van 2D seismische lijnen en boorgegevens. De ligging en onderlinge afstand van deze seismische lijnen is in een aantal gevallen ongunstig om het ruimtelijk beeld van de breuksystemen goed te kunnen modelleren. Op een vijftal locaties is daarom tTEM onderzoek uitgevoerd om de mogelijke ligging van ondiepe breuken nader te bepalen, zie Figuur 1A. Voorwaarde is wel dat de breuksystemen tot in ongeveer de bovenste 50 m beneden maaiveld doorlopen, om binnen het meetbereik van de tTEM te komen.

In april 2023 zijn de tTEM metingen uitgevoerd bij Tegelen, Klein Vink (Arcen), Overloon en Wanroij. In november 2023 zijn de metingen verricht bij Overlangel. Het veldwerk vond plaats op particuliere graslanden en landbouwgronden.



Figuur 1A. Ligging van het H3O-Peelhorst & Venloslenk modelgebied in het noordoosten van Noord-Brabant en het noorden van Limburg en de tTEM meetlocaties. Op de achtergrond het hoogtemodel AHN3.

Principes van de tTEM methode

De tTEM methode maakt gebruik van elektromagnetische velden waarmee de elektrische weerstand van de ondergrond wordt bepaald. Het meetsysteem is ontwikkeld rond 2016 en bestaat uit een quad welke een zend- en ontvangststelsel voortsleept. De zendantenne wordt met circa 12 km/h over het terrein voortgesleept en onderweg een zeer groot aantal keer

aan- en weer uitgezet, waarna de ontvangstantenne de opgewekte elektromagnetische respons van de ondergrond opvangt. Iedere opname bestaat uit een reeks verschillende metingen op tijdsintervallen variërend van microseconden (ondiep) tot milliseconden (diep). Op deze manier wordt een verticaal profiel van de bodem opgebouwd. De maximale diepte van waar signalen terugkomen is afhankelijk van de opbouw en geleidbaarheid van de bodem en het grondwater, in veel gevallen circa 50-70 m beneden maaiveld.

De elektrische weerstand (eenheid Ohm-m)¹ van de sedimentpakketten wordt voornamelijk bepaald door de lithologische samenstelling ervan (grind, zand, leem, klei of veen) en de geleidbaarheid van het grondwater erin (zoet, brak of zout). Grind- en zandpakketten gevuld met zoet water hebben een (zeer) hoge elektrische weerstand (doorgaans 250-400 Ohm-m). Leem- en (met name) kleipakketten met zoet grondwater geven lage elektrische weerstanden (10-50 Ohm-m). Grind-, zand-, leem- en kleipakketten gevuld met brak of zout water hebben altijd een (zeer) lage weerstand. De zout-brak grens bevindt zich op de hier besproken meetlocaties dieper dan 70 m beneden het maaiveld. De weerstand van de diverse sedimentpakketten wordt daarom bepaald door de lithologische samenstelling en zijn daarom goed bruikbaar voor de bepaling van de opbouw van de ondergrond. Breuken zullen herkenbaar zijn door abrupte, sub-verticale afsnijdingen van de sedimentpakketten en sprongen in de diepteligging ervan.

Veldwerk

Het veldwerk is uitgevoerd door op graslanden en landbouwpercelen heen en weer te rijden, in een netwerk van parallelle lijnen, zodanig dat uit de metingen een 2 of 3-dimensionaal beeld van de ondergrond kan worden geconstrueerd (Figuur 1B). De precieze uitvoering van de metingen was afhankelijk van de vorm en ligging van de percelen en de terreinomstandigheden. Sommige stukken waren te nat om te kunnen rijden. Over het algemeen is nagestreefd om haaks op de verwachte ligging van de breuken te meten zodat deze zo goed mogelijk in beeld worden gebracht. Doorgaans lopen de breuken vanuit zuidoostelijke richting naar het noordwesten; de meetlijnen lopen daarom vooral van zuidwest naar noordoost. Per locatie is circa 10 km aan data opgenomen.

Voorafgaand aan het veldwerk is uitgezocht wie de landeigenaren zijn en zijn deze (telefonisch) benaderd om toestemming te vragen. In het algemeen leverde dit geen problemen op, wel kost dit veel tijd. In de planning van het veldwerk moet rekening worden gehouden met landbouwactiviteiten, zoals zaaien van gewassen. In het voorjaar waren een aantal percelen zeer nat, met als gevolg dat het veldwerk pas in het najaar kon worden uitgevoerd.

¹ De reciproke waarde van de elektrische weerstand in Ohm-m is de geleidbaarheid, eenheid is S/m



Figuur 1B. tTEM metingen uitgevoerd door een quad welke een zend- en ontvangstantenne voortsleept.

Processing en inversie

Het verwerken van de ruwe veldgegevens tot een model van de elektrische weerstand van de ondergrond is gedaan in de zogenaamde Aarhus Workbench. Het verwerken van de data begint met het verwijderen van data die is beïnvloed door verstoringen door niet-geologische objecten en ook delen van de metingen waarbij de afstand tussen zender en ontvanger niet constant is (in bochten).

Het omzetten van de ruwe veldgegevens (die bestaat uit spanning tegen tijd) naar een 1D model van de soortelijke elektrische weerstand van de ondergrond wordt inversie genoemd. Dit 1D model bestaat bijvoorbeeld uit 21 lagen met bepaalde laagdiktes en 21 elektrische weerstandswaarden.

De inversie geschiedt door een ondergrondmodel te veronderstellen, hiervoor theoretische (ook wel synthetische data genoemd) te berekenen en deze te vergelijken met de gemeten data. Door de modelparameters zodanig te veranderen dat de verschillen tussen de synthetische en veldgegevens zo klein mogelijk zijn, wordt het optimale model gevonden. Het resterende verschil tussen de synthetische data en de data gemeten in het veld wordt de mismatch genoemd. Deze mismatch geeft een indicatie over de kwaliteit van de data; bij een hoge mismatch, is de kwaliteit laag.

Bij de inversies uitgevoerd binnen dit project zijn de model laagdiktes constant over het gehele veldwerkgebied en wordt alleen de weerstand aangepast. Dit houdt in dat één geologische laag verdeeld kan zijn over twee modellen.

2 Resultaten en bevindingen

In dit hoofdstuk worden de resultaten en interpretaties van de metingen op de locaties besproken, in volgorde van zuidoost naar noordwest.

Locatie 1. Tegelen

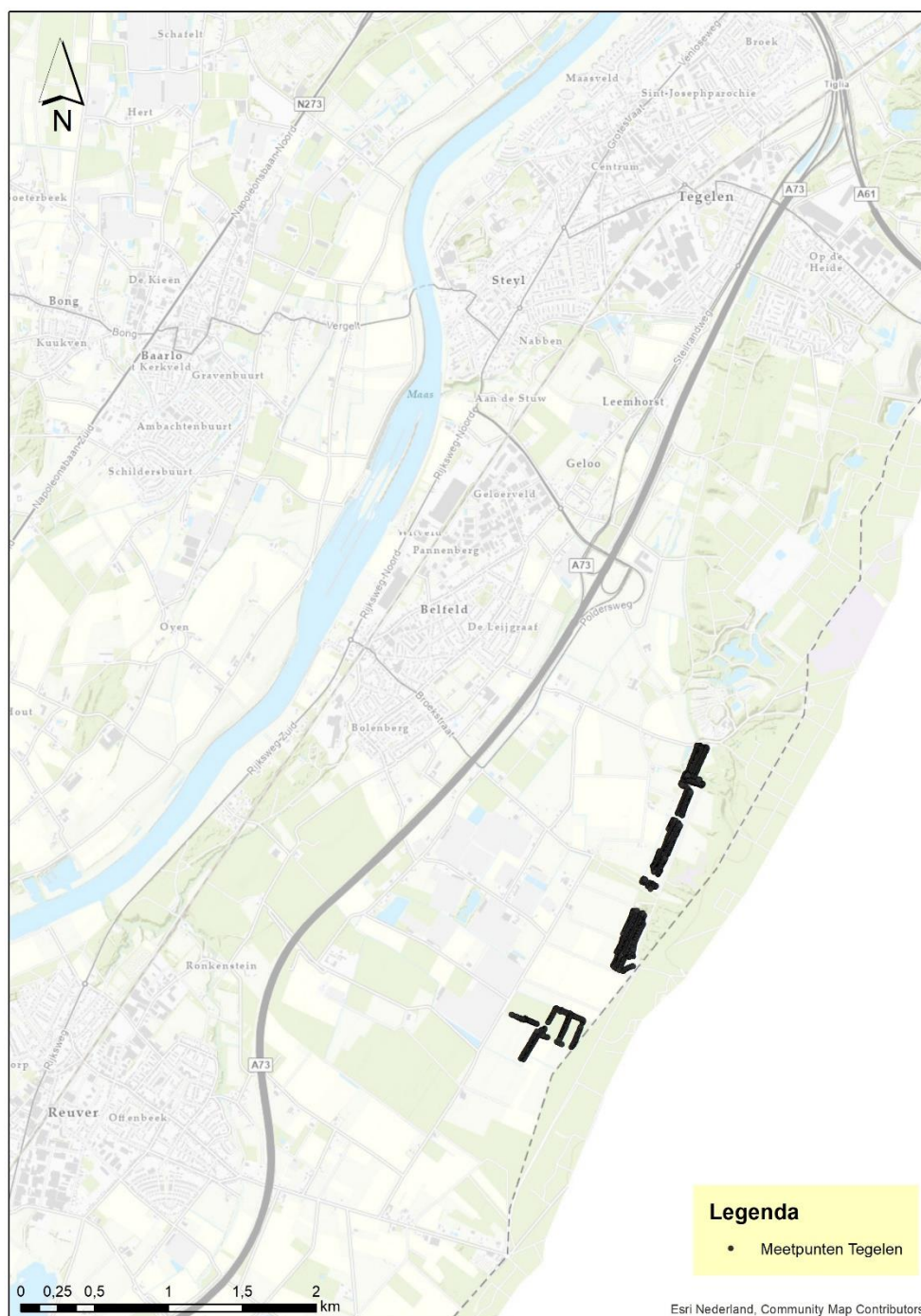
Locatie Tegelen bevindt zich vlak naast en parallel aan de Duitse grens ten zuiden van Tegelen (Figuur 2A). Ter plaatse loopt de Tegelenbreuk, welke in Duitsland bekend is als de Rheindahlener Sprung. Ten zuidwesten van de Tegelenbreuk komt op Duits grondgebied een parallel breuksysteem voor, welke aldaar bekend staat als de Belfeld Sprung. Seismische data op Nederlands grondgebied is dermate schaars dat niet duidelijk is of - en hoe - de Belfeld Sprung zich in noordwestelijke richting voortzet. Hoge-resolutie seismiek geschoten op de Maas biedt geen uitsluitsel, omdat deze - ter plaatse van de mogelijke ligging van de breuk - niet is opgenomen in verband met de aanwezigheid van het Belfeld sluizencomplex. Oude kaartjes tonen op Nederlands grondgebied de aanwezigheid van de Sevenum Breuk, welke mogelijk de Belfeld Sprung vertegenwoordigd.

Om de continuïteit van de Belfeld Sprung te onderzoeken zijn de tTEM metingen uitgevoerd. De datakwaliteit van de metingen is over het algemeen redelijk tot goed. Figuur 2B geeft de elektrische weerstand van de ondergrond op kaart weer. Op twee plaatsen komen abrupte overgangen in de meetwaarden voor, op de weergegeven diepte van 13 m beneden maaiveld is dat goed zichtbaar. Figuur 2C toont een verticale doorsnede door de data van zuidwest naar noordoost. Zichtbaar is de Formatie van Beegden (NUBE)² bestaande uit sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge elektrische weerstand (grof zand en grind). De dikte en verticale ligging van deze eenheid verandert abrupt ter hoogte van 950 en 2100 m als gevolg van verticale breukwerking.

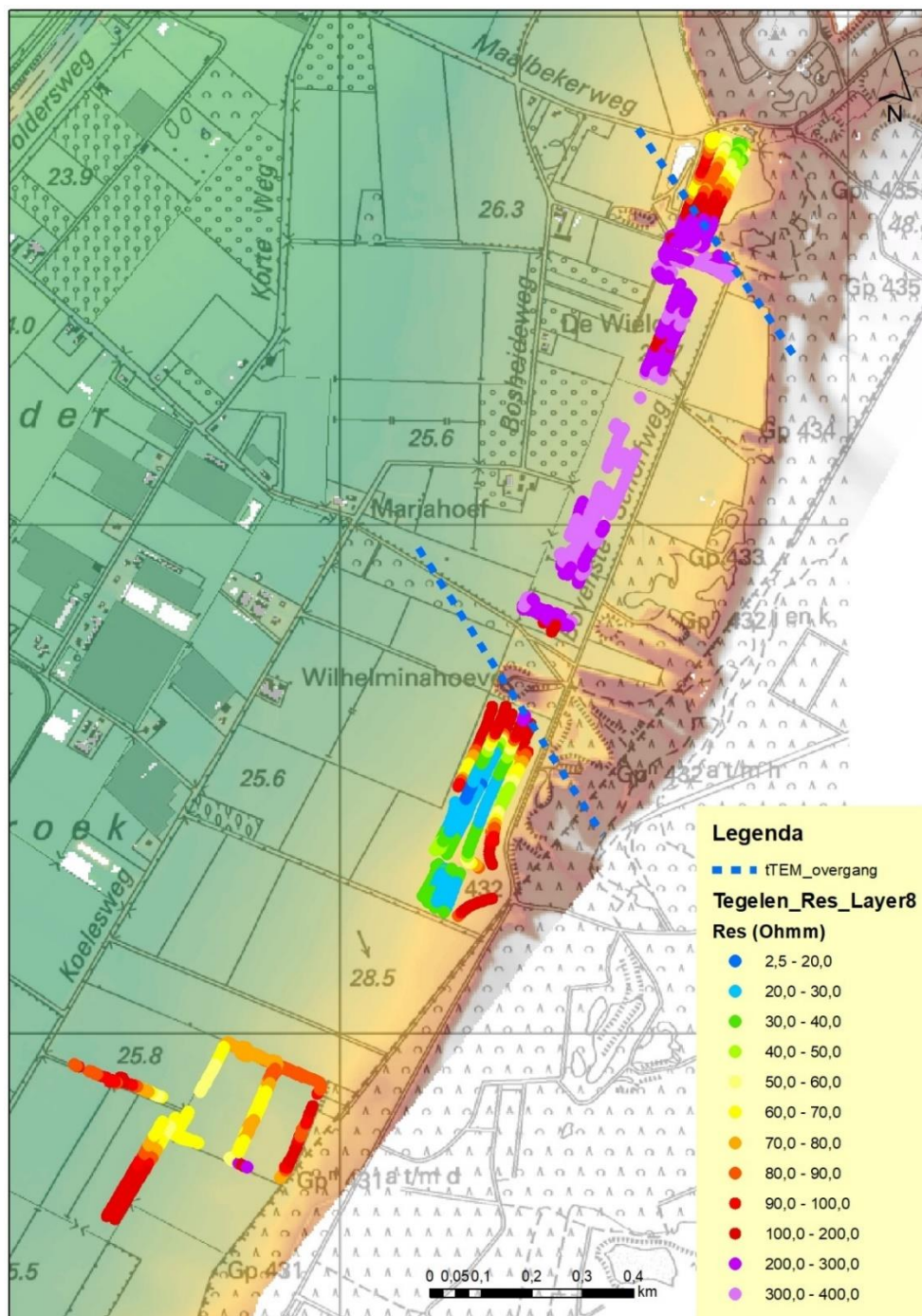
De Kiezeloöliet Formatie (NUKI) komt alleen voor ten noorden van de Belfeld Sprung (zie Figuur 2C en 2D). De top van de dieper gelegen formaties van Diessen en Groote Heide (voorheen de Formatie van Breda), welke bestaan uit fijnkorrelig materiaal, verandert eveneens op de locatie van deze breuken. De breukvlakken hellen beiden naar het noordoosten.

Geconcludeerd kan worden dat de Belfeld Sprung ook op Nederlands grondgebied in noordwestelijke richting doorloopt. Figuur 2E toont een schematische weergave welke de relatie van de Tegelenbreuk en de Belfeld Sprung weergeeft.

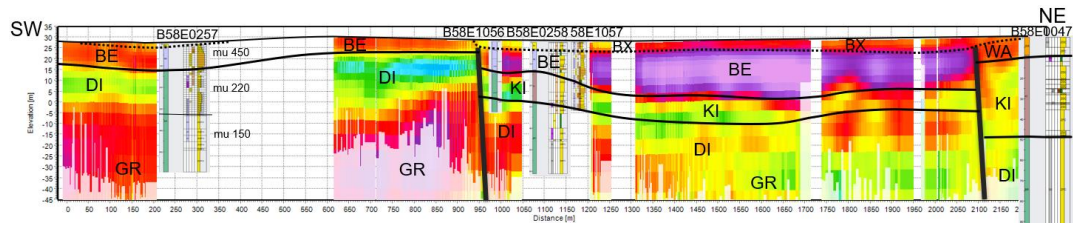
² De prefix NU wordt gebruikt om aan te geven dat de Formatie deel uit maakt van de Boven-Noordzee Groep. In de figuren is dit t.b.v. de leesbaarheid weggelaten



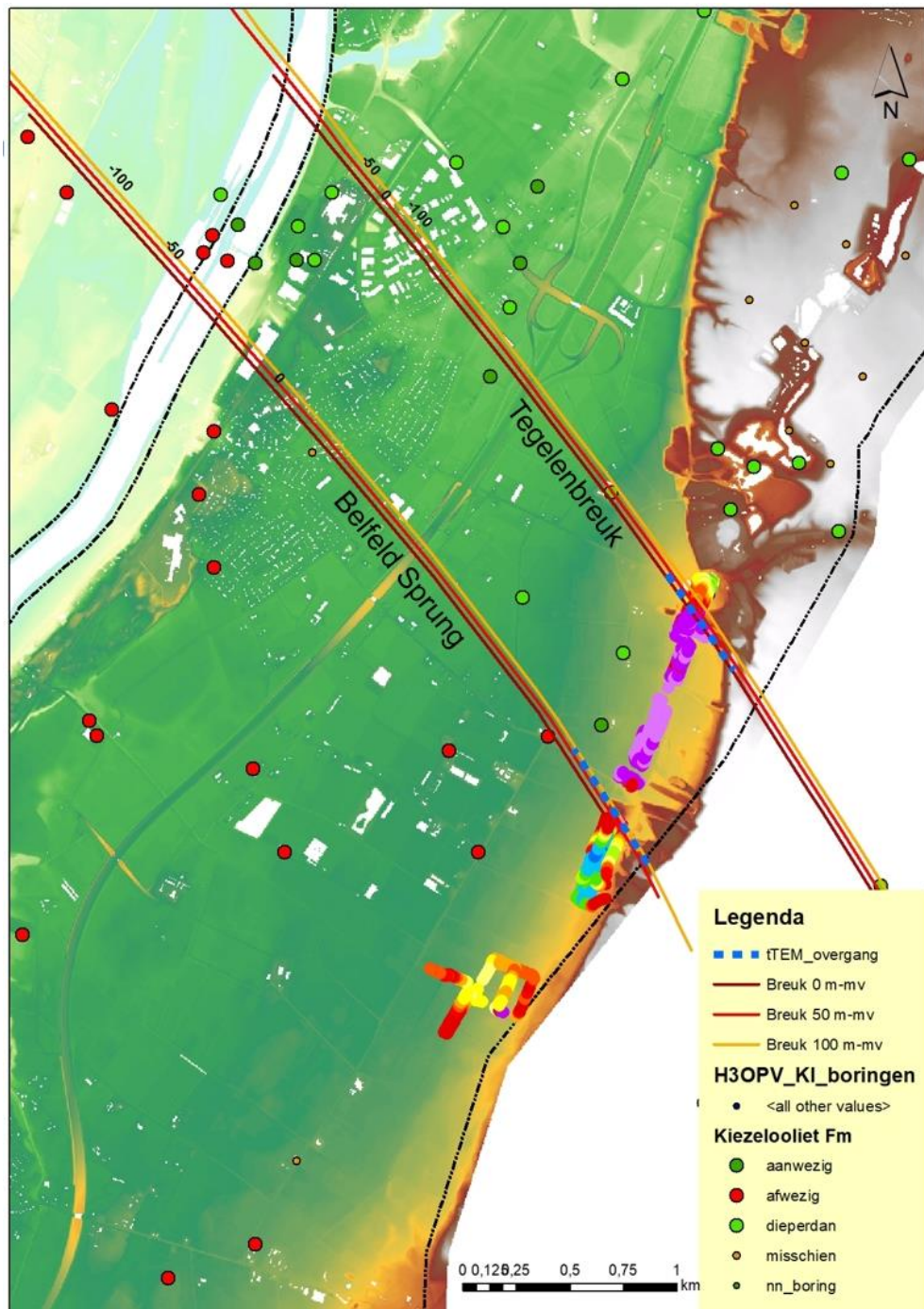
Figuur 2A. Locatie van de tTEM metingen ten zuiden van Tegelen.



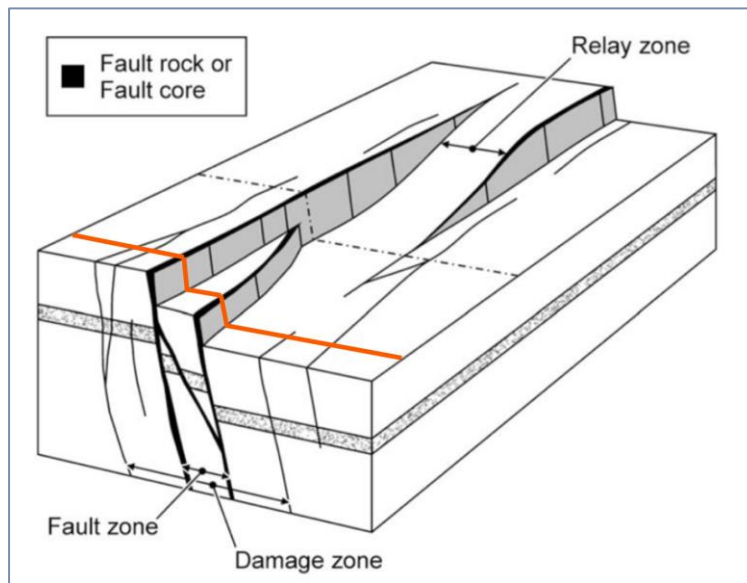
Figuur 2B. tTEM elektrische weerstand langs de meetlijnen bij Tegelen op circa 13 m beneden maaiveld. De stippellijnen geven aan waar abrupte overgangen voorkomen in de weerstand van de ondergrond. Dit betreft breuklijnen zoals ingetekend in Figuur 2C en 2D.



Figuur 2C. tTEM profiel bij Tegelen en een aantal nabij gelegen boringen. De lengte van het profiel is 2200 m. De dikte en verticale ligging van de Formatie van Beegden (BE) - bestaande uit sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge weerstand (grof zand en grind) - en de daaronder gelegen Kiezeloöliet Formatie (KI) en de formaties van Diessen en Groote Heide (DI en GR, voorheen Breda), bestaande uit fijnkorrelig materiaal, veranderd langs naar het noordoosten hellende breukvlakken op 950 en 2100 m. Dit betreft de Belfeld Sprung resp. Rheindahlener Sprung (Tegelenbreuk). Zie Bijlage A voor een grotere versie van dit figuur.



Figuur 2D. Ligging van de tTEM data, boringen met (groen) en zonder (rood) de Kiezeloöliet Formatie en breuklijnen volgens samenvoegde data interpretaties. De zuidwestelijke breuk betreft de Belfeld Sprung en valt samen met de verbreiding van de Kiezeloöliet Formatie. De noordoostelijke breuk betreft de Tegelenbreuk (in Duitsland de Rheindahlener Sprung) en valt samen met een sprong in de top van de formaties van Diessen en Groote Heide (Figuur 2B).



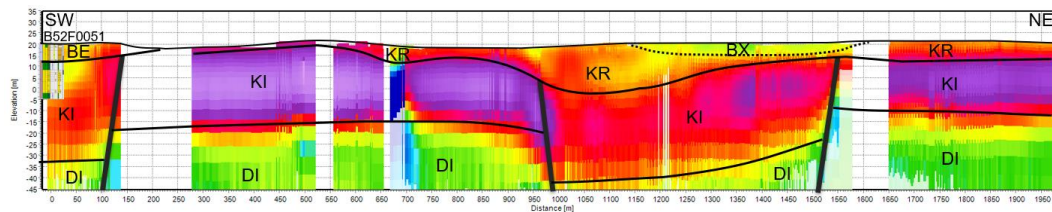
Figuur 2E. Schematische weergave van verspringende breuken en meerdere breukvlakken, welke model staat voor de situatie bij de Tegelenbreuk en de Belfeld Sprung in het grensgebied bij Tegelen.

Locatie 2. Klein Vink

De tTEM metingen op locatie Klein Vink, gelegen noord van Arcen (Figuur 3A) en bij een aftakking van de Viersenbreuk, zijn over het algemeen van lagere kwaliteit door elektromagnetische verstoringen uit de omgeving (met name hekwerken en afrasteringen). Desalniettemin leidde de inversie tot een redelijk duidelijk profiel, zie Figuur 3B.



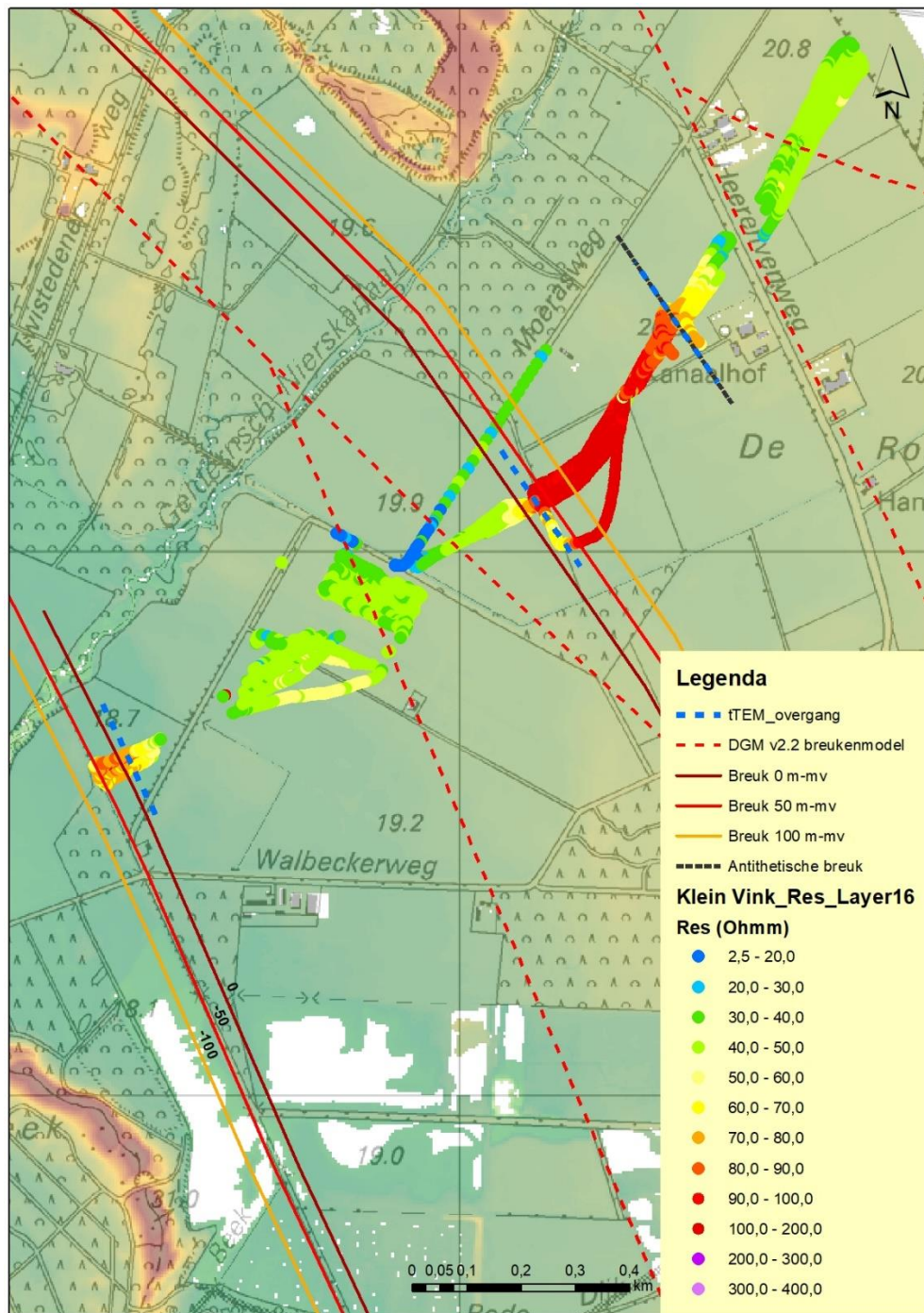
Figuur 3A. Locatie van de tTEM metingen Klein Vink ten noorden van Arcen.



Figuur 3B. tTEM profiel bij Klein Vink. De lengte van het profiel is 2000 m. De dikte en verticale ligging van de Kiezeloöliet Formatie (KI) - bestaande uit sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge weerstand (grof zand en grind) - en de daaronder gelegen Formatie van Diessen (voorheen Breda), welke bestaat uit fijnkorrelig materiaal, veranderd langs breukvlakken op 100, 950 en 1550 m. Het breukvlak op 1550 m wordt gezien als een lokale, secundaire breuk welke op grotere diepte aftakt van de hoofdbreuk op 950 m. Zie ook Bijlage B.

Nabij maaiveld komt de Formatie van Kreftenheye voor. Deze bestaat volgens boringen uit grindhoudend zand en heeft een middelhoge elektrische weerstand. Geheel in het zuidwesten is de Kreftenheye afwezig. De dikte en verticale ligging van de hieronder gelegen Kiezeloöliet Formatie (NUKI) - bestaande uit fijn- tot grofzandige sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge weerstand - en de daaronder gelegen Formatie van Diessen, welke bestaat uit fijnkorrelig materiaal, veranderd langs breukvlakken op 100, 950 en 1550 m. Het breukvlak op 950 m wordt gezien als een naar het noordoosten hellende hoofdbreuk, waarvan op zekere diepte een lokale, secundaire breuk aftakt (een zogenaamde antithetische breuk, naar het zuidwesten hellend). Deze komt op 1550 m nabij het maaiveld (zie tevens Figuur 3C).

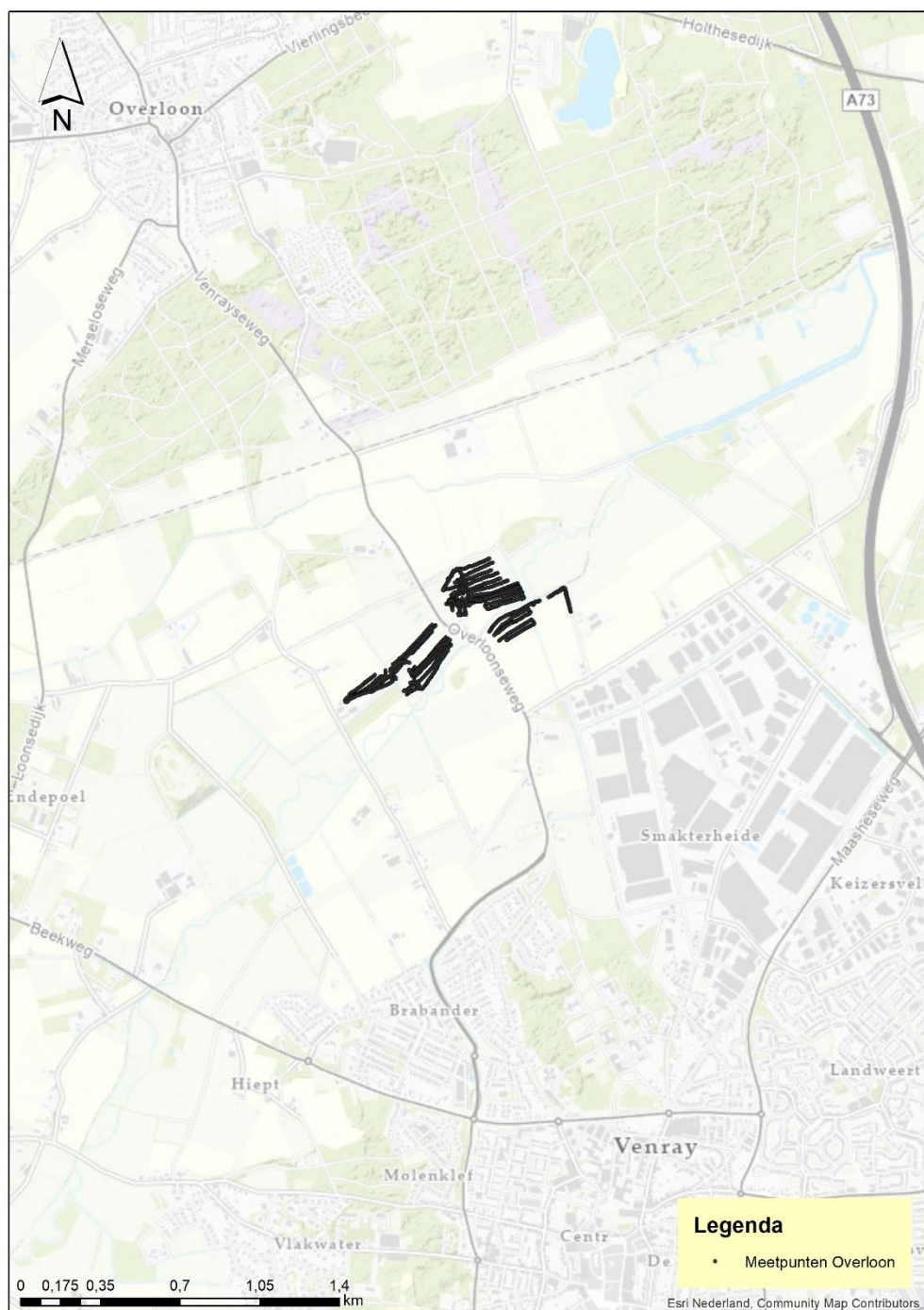
Geheel aan de zuidwestkant van het profiel bestaat de Kiezeloöliet Formatie uit fijn tot matig grof zand met kleilagen. De top van de Formatie van Diessen ligt hier dieper. Naar aanleiding van deze waarneming - en van verder weg gelegen seismische gegevens - is ter plaatste een naar het zuidwesten hellend breuksysteem ingetekend (Figuur 3C).



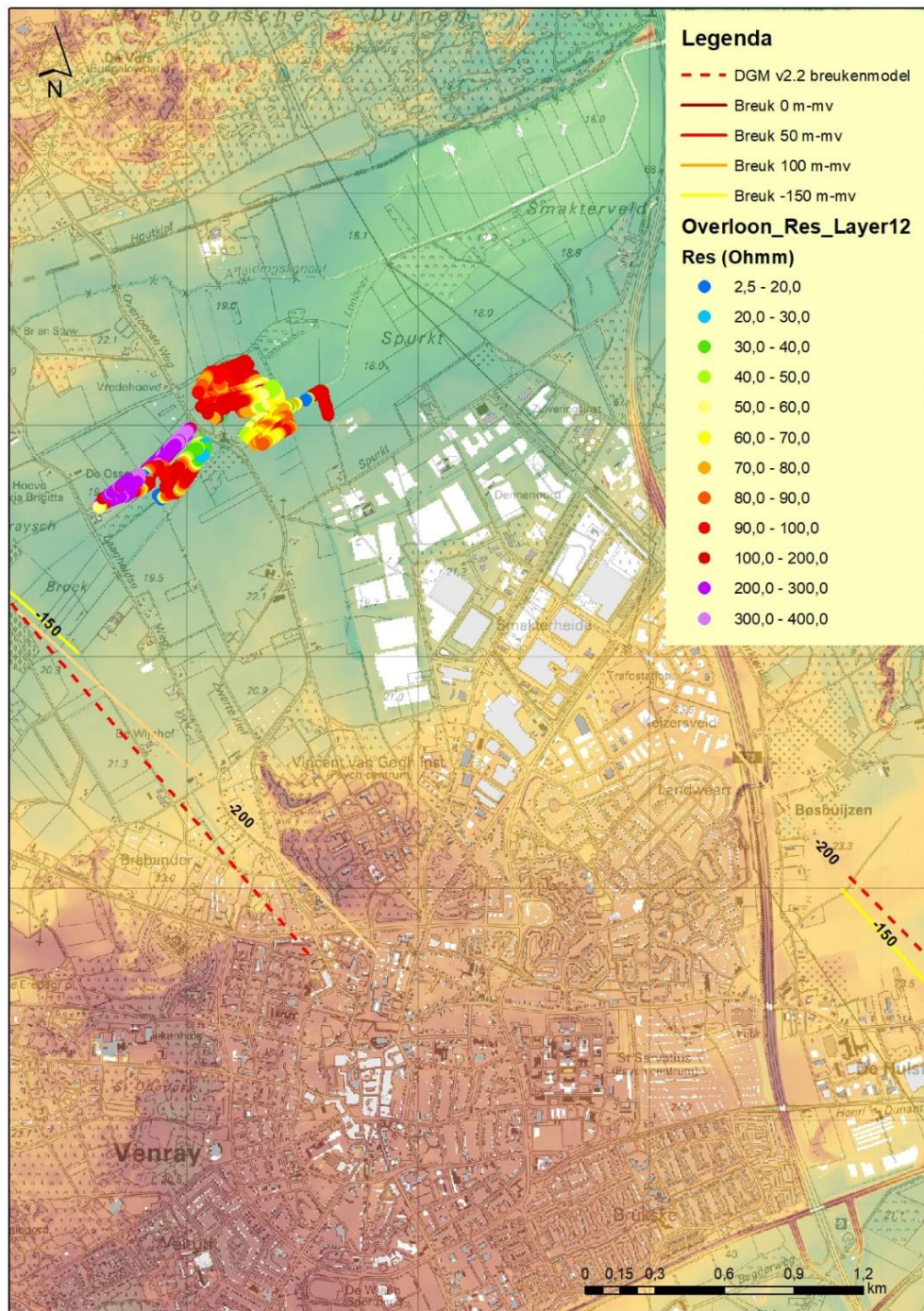
Figuur 3C. tTEM weerstand langs de meetlijnen nabij Klein Vink op circa 50 m beneden maaiveld. De blauwe stippellijnen geven aan waar abrupte overgangen voorkomen. Deze zijn geïnterpreteerd als scheefstaande breuklijnen, zoals ingetekend in Figuur 3B. De rode stippellijnen geven de oude versie van het breukenbestand weer (model DGM v2.2). De zwarte stippellijn betreft een lokale, secundaire breuk welke op zekere diepte aftakt van de hoofdbreuk (antithetische breuk).

Locatie 3. Overloon

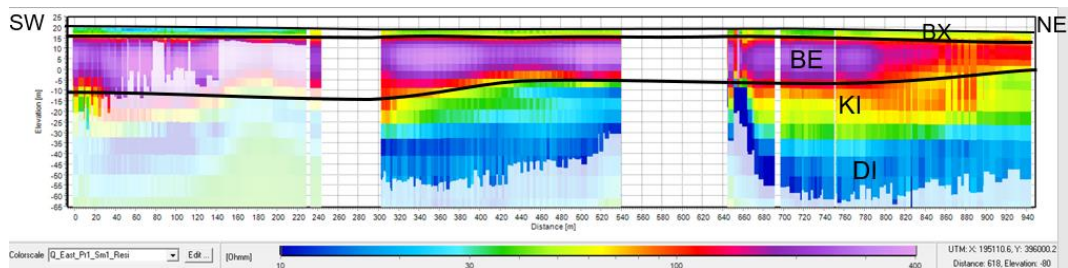
De tTEM metingen op locatie Overloon (Figuur 4A) zijn over het algemeen van middelmatige kwaliteit. Figuur 4B laat zien dat er geen consistente, abrupte overgangen in de weerstand voorkomen. Figuur 4C toont dat de dikte en verticale ligging van de Formatie van Beegden (NUBE) - bestaande uit sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge weerstand (grof zand en grind) – en de daaronder gelegen Kiezeloöliet Formatie en Formatie van Diessen, welke hier beiden bestaan uit fijnkorrelig materiaal, overal op vergelijkbare diepte liggen. Er kan dan ook worden geconcludeerd dat er tot een diepte van circa 50 m -NAP geen laterale overgangen in de sedimentpakketten zichtbaar zijn die zouden kunnen worden gerelateerd aan breukwerking.



Figuur 4A. Locatie van de tTEM metingen bij Overloon.



Figuur 4B. tTEM weerstand langs de meetlijnen nabij Overloon op circa 27 m beneden maaiveld. Er komen geen consistente, abrupte overgangen in de weerstand voor.

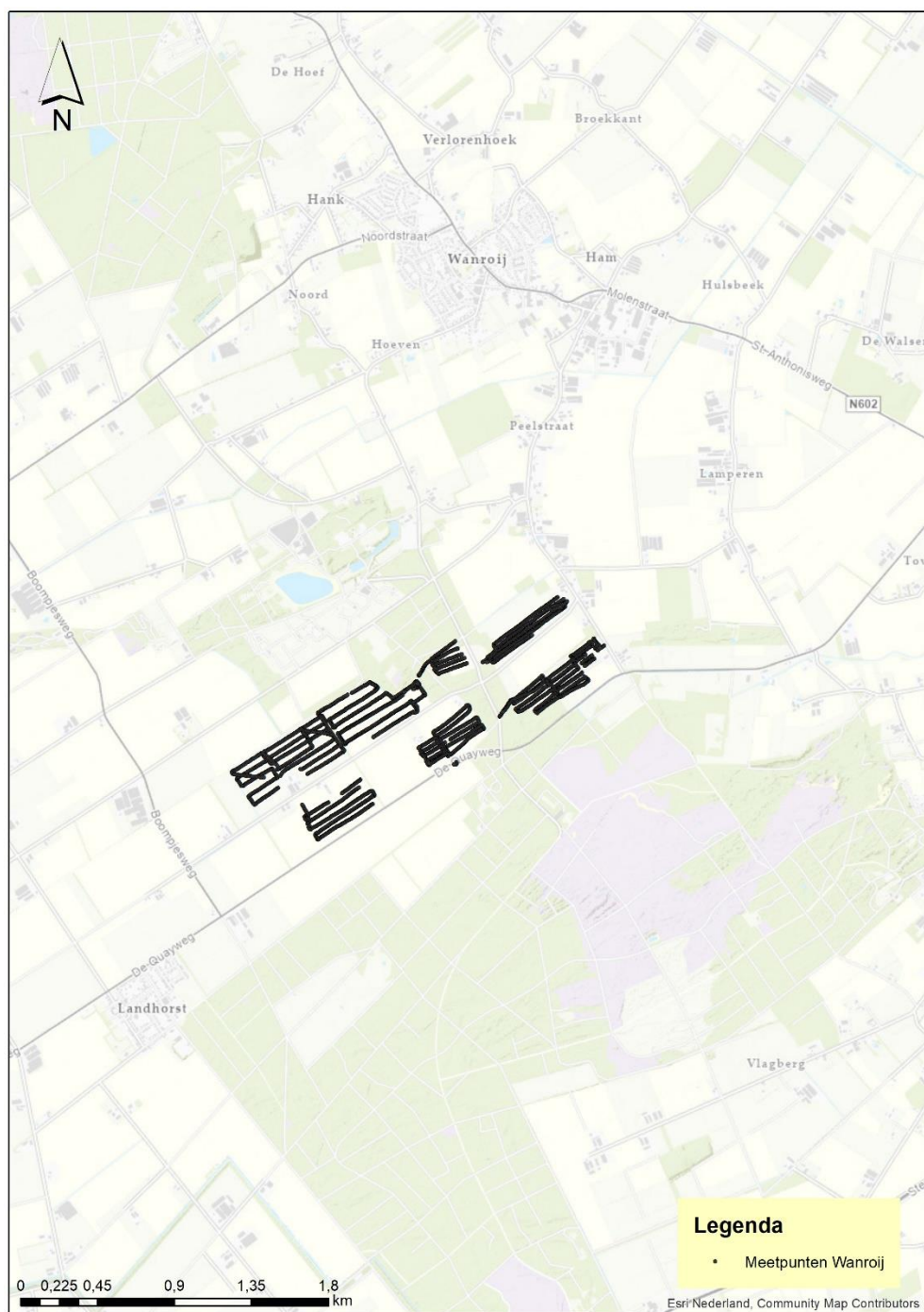


Figuur 4C. tTEM profiel bij Overloon. De lengte van het profiel is 950 m. De dikte en verticale ligging van de Formatie van Beegden (BE) - bestaande uit sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge weerstand (grof zand en grind) – en de daaronder gelegen Kiezeloöliet Formatie en Formatie van Diessen, welke hier beiden bestaan uit fijnkorrelig materiaal, ligt overal op vergelijkbare diepte. Langs dit profiel kunnen – tot een diepte van circa 50 m -NAP - dan ook geen breuksystemen met verticaal verzet worden onderscheiden. Zie ook Bijlage C.

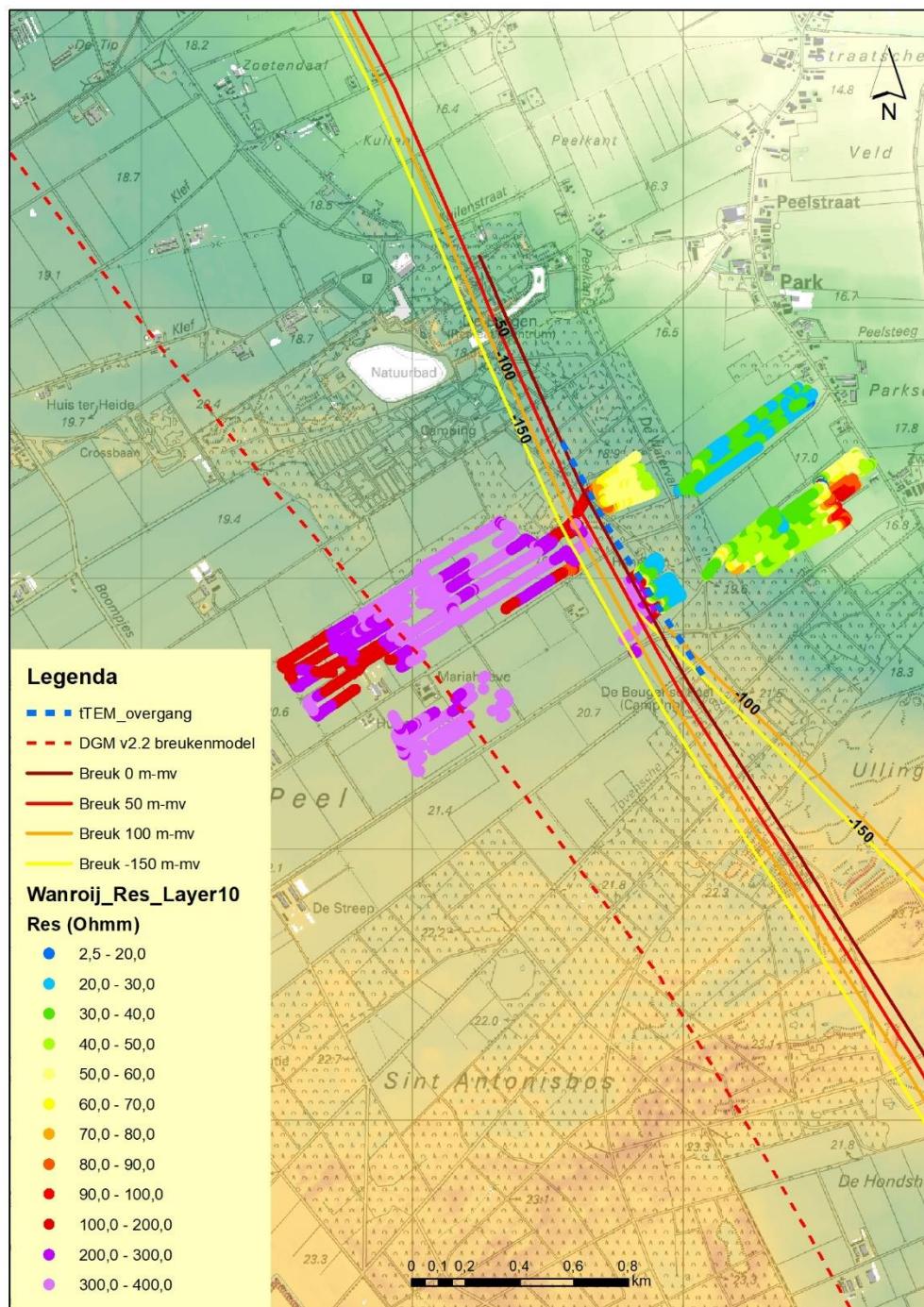
Locatie 4. Wanroij

De tTEM metingen op locatie bij Wanroij (Figuur 5A) zijn over het algemeen van vrij goede kwaliteit. Figuur 5B geeft de weerstand op circa 19 m beneden maaiveld weer. In het zuidwestelijk deel van het ingemeten gebied komen hoge elektrische weerstanden voor. Naar het noordoosten toe komt een abrupte overgang voor naar lagere weerstanden. Figuur 5C geeft een verticale doorsnede van de weerstand in de ondergrond tot een diepte van circa 65 m beneden maaiveld. Hier is de genoemde abrupte overgang te zien op een afstand van circa 1225 m langs de lijn. De dikte en top van de formaties van Beegden en Groote Heide verandert ter plaatse van deze overgang.

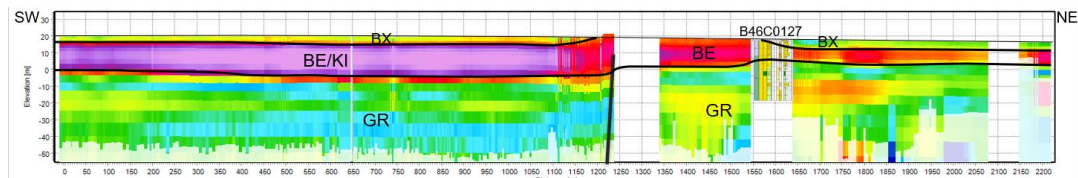
Op basis van deze bevindingen is de ligging van het plaatselijke breuksysteem in de dataset van het model DGM v2.2 daarom in noordoostelijke richting opgeschoven (Figuur 5B).



Figuur 5A. Locatie van de tTEM metingen bij Wanroij.



Figuur 5B. tTEM weerstand langs de meetlijnen nabij Wanroij op circa 19 m beneden maaiveld. De blauwe stippellijn geeft aan waar een abrupte overgang in de elektrische weerstand voorkomt. Dit betreft een breuklijn zoals ingetekend in Figuur 5B. De rode stippellijn geeft de versie van het DGM v2.2 (2013) breukenmodel weer.

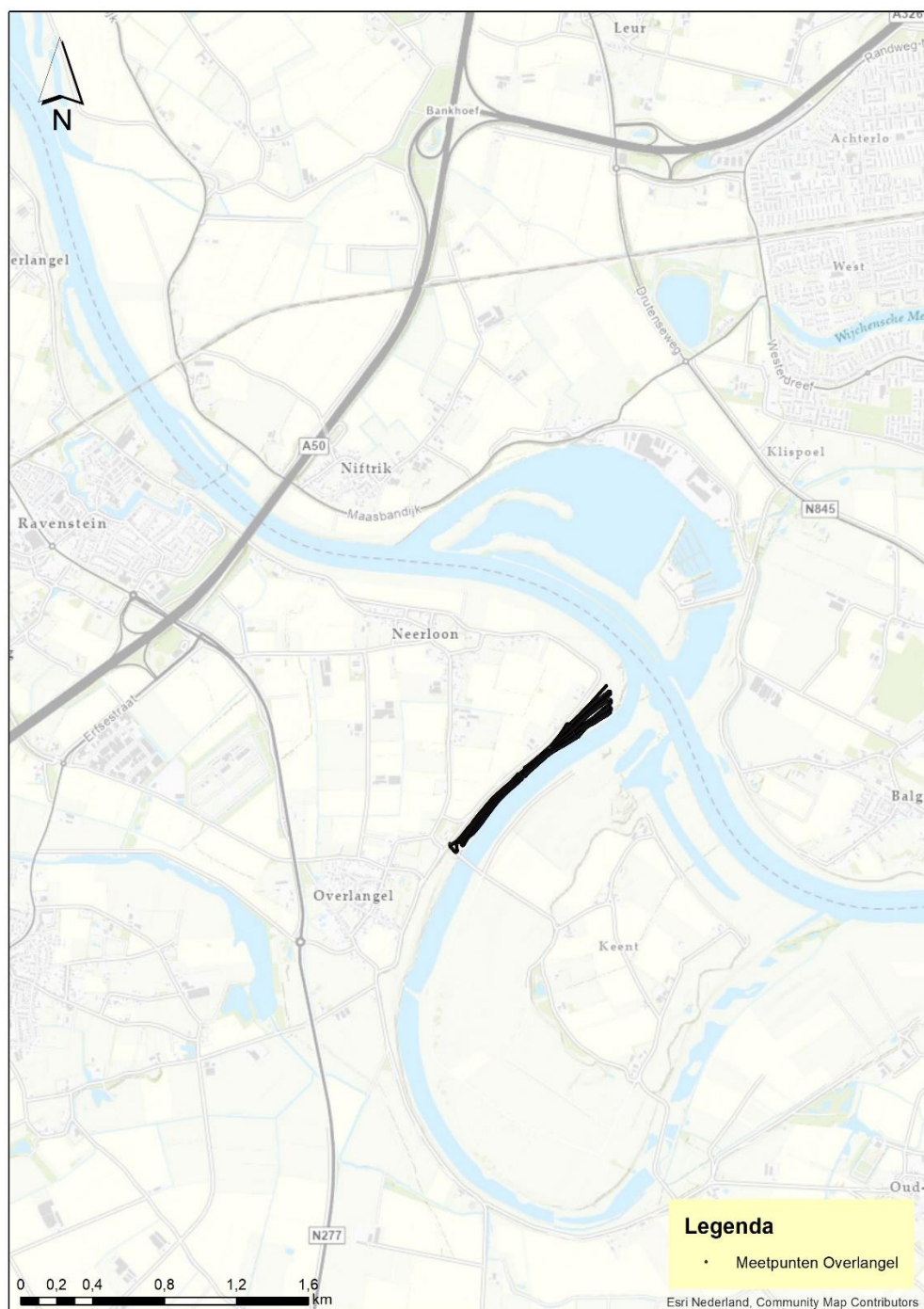


Figuur 5C. tTEM profiel bij Wanroij. De lengte van dit profiel is 2250 m. De dikte en verticale ligging van de Formatie van Beegden (BE) - bestaande uit sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge weerstand (grof zand en grind) – en de daaronder gelegen Formatie van Groote Heide (GR, voorheen Breda), welke bestaat uit fijnkorrelig materiaal, veranderd langs een breukvlak op circa 1225 m. Zie ook Bijlage D.

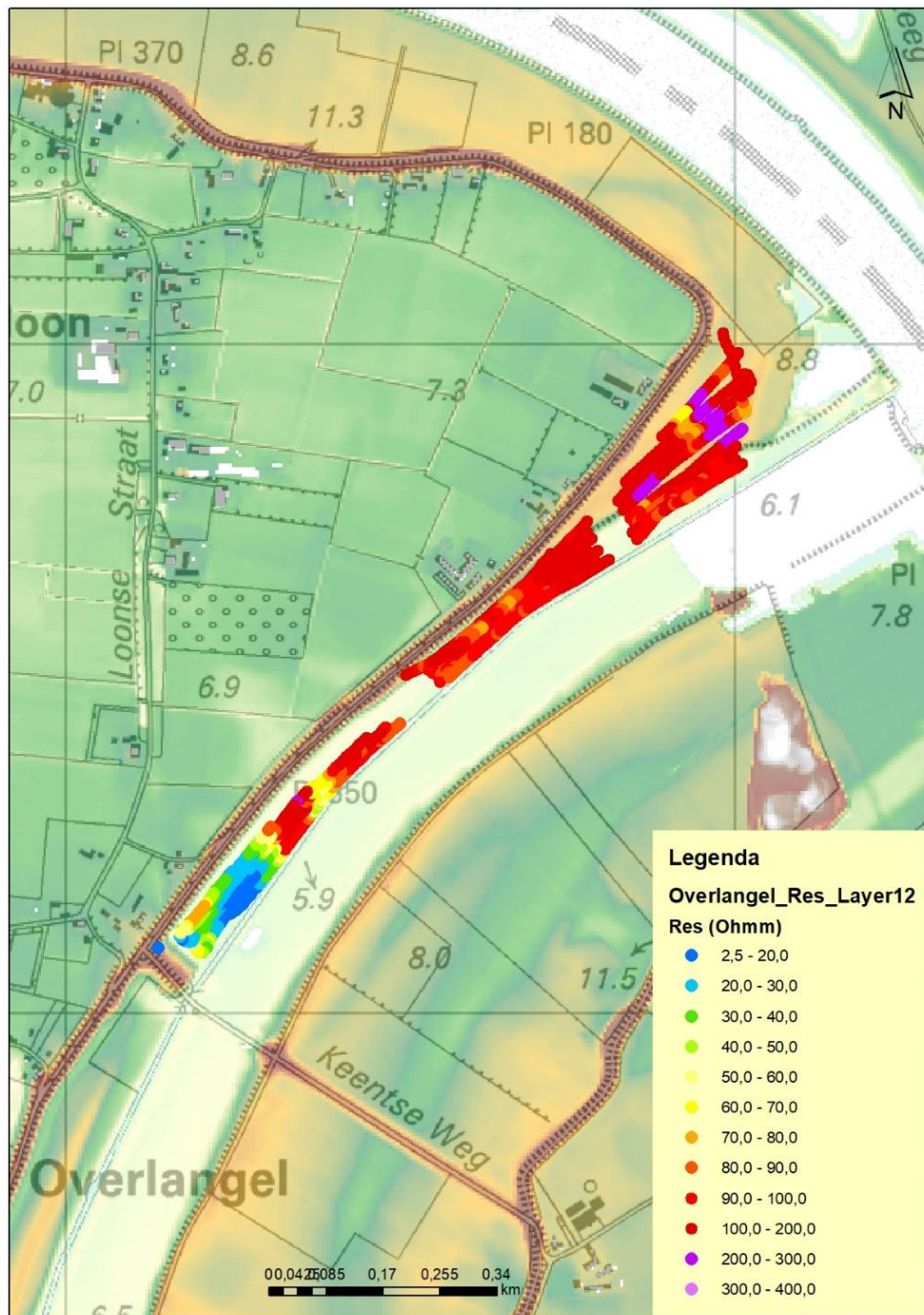
Locatie 5. Overlangel

De metingen bij Overlangel zijn uitgevoerd op de uiterwaard van een afgesloten meander van de Maas. Historische topografische kaarten laten zien dat tot eind jaren 1940 kribben (dammen loodrecht op de stroming) aanwezig waren. Het is niet bekend of deze nog in de ondergrond aanwezig zijn, ze zijn in ieder geval niet op de tTEM data herkend.

Op Figuur 6A is te zien waar de tTEM metingen hebben plaatsgevonden, parallel aan de genoemde aftakking van de Maas. Figuur 6B toont de weerstand op een diepte van circa 27 m -NAP. In het zuidelijk deel bevindt zich een abrupte overgang in de weerstand, deze is echter niet gerelateerd aan breukwerking. Dit is te zien in de verticale doorsnede door de tTEM data weergegeven in Figuur 6C.



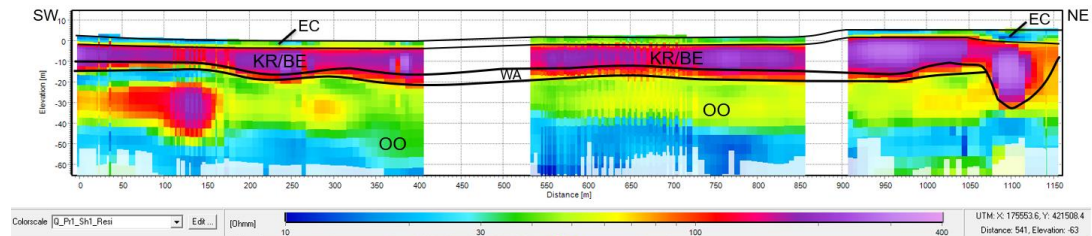
Figuur 6A. Locatie van de tTEM metingen bij Overlangel.



Figuur 6B. tTEM metingen bij Overlangel op de uiterwaarden langs een aftakking van de Maas (oude meanderbocht). Weergegeven is de weerstand op circa 27 m -mv.

De figuur toont dat aan maaiveld een dun pakket met lage weerstanden voorkomt. Dit betreft leem welke tijdens hoogwater op de uiterwaard van de Maas is afgezet (Formatie van Echteld). Hieronder ligt een pakket met hogere weerstand, welke grofzandige afzettingen van de Maas en Rijn betreffen (formaties van Beegden, resp. Kreftenheye en daaronder een dun pakket van de Formatie van Waalre). Daaronder komen fijnkorrelige afzettingen voor met een lage elektrische weerstand, deze worden tot de Formatie van

Oosterhout gerekend. Er is geen duidelijk verticaal verzet in de top van de Formatie van Oosterhout zichtbaar, derhalve kunnen hier geen breuken worden geïnterpreteerd welke binnen 60 m beneden maaiveld voorkomen.



Figuur 6C. tTEM profiel bij Overlangel. Aan maaiveld komt een dun pakket met lage weerstanden voor (klei van de Formatie van Echteld). Hieronder komt een pakket met hoge weerstand voor, welke grofzandige afzettingen van de Maas en Rijn betreffen (formaties van Beegden, resp. Kreftenheye en daaronder de Formatie van Waalre). Daaronder liggen fijnkorrelige afzettingen met een lagere elektrische weerstand (Formatie van Oosterhout). Er is geen duidelijk verticaal verzet in de top van de Formatie van Oosterhout, derhalve kunnen hier geen breuken worden geïnterpreteerd welke binnen 60 m -mv aanwezig zijn. Zie ook Bijlage E.

3 Conclusies

De tTEM metingen hebben op de locaties Tegelen, Klein Vink en Wanroij geleid tot verbeterd inzicht in de tektonische structuur van de ondergrond en het verplaatsen van een aantal breuklijnen in het ondergrondmodel H3O-Peelhorst & Venloslenk.

Bij Overloon en Overlangel zijn tot een diepte van circa 50 m -NAP geen laterale overgangen in de geometrie van de sedimentpakketten zichtbaar die zouden kunnen worden gerelateerd aan breukwerking.

4 Ondertekening

Naam en ondertekening 2e lezer

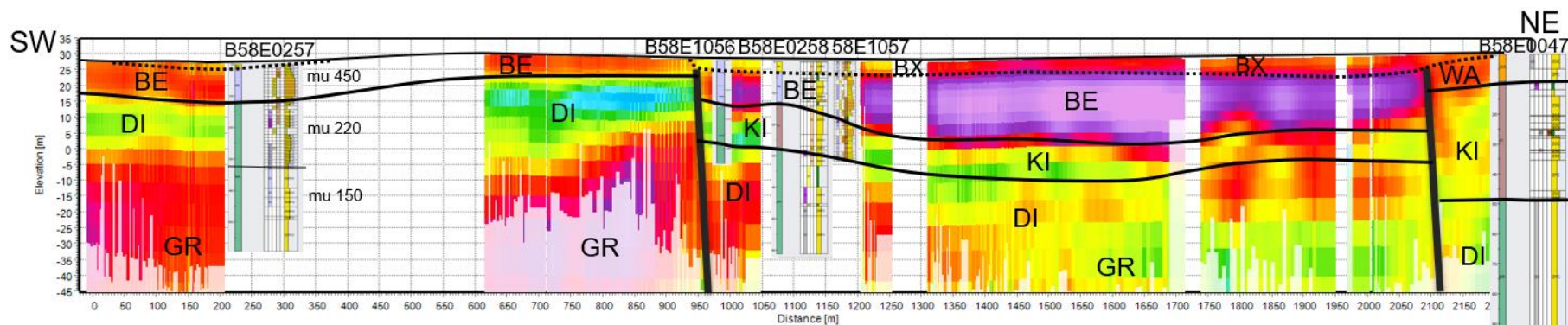
J.H. Hummelman

Ondertekening

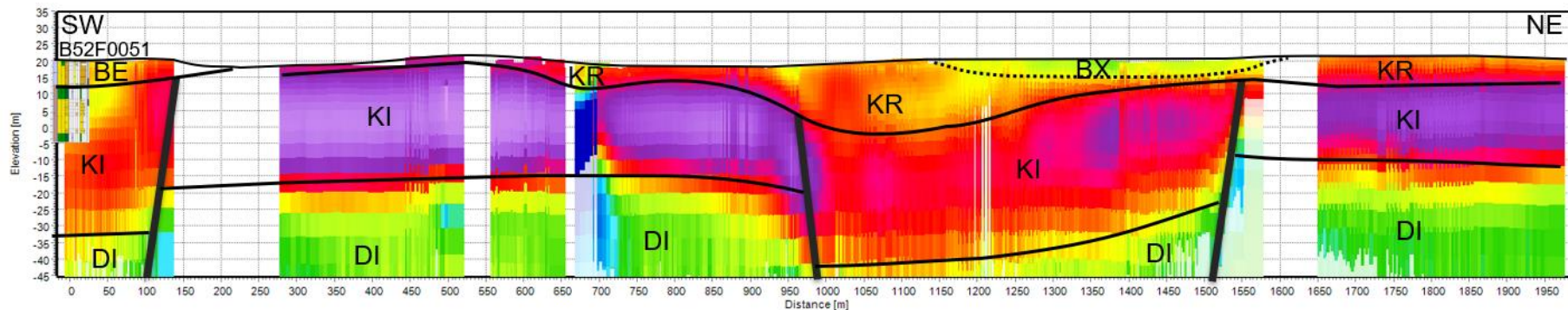
Autorisatie vrijgave

Dr. M.A.J. Bakker
Auteur

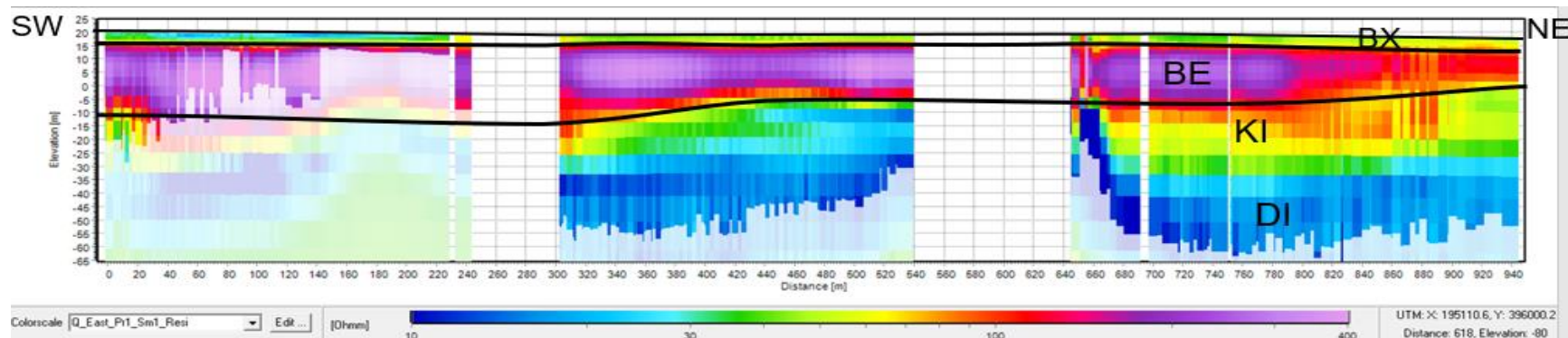
Drs. D. Maljers
Research manager



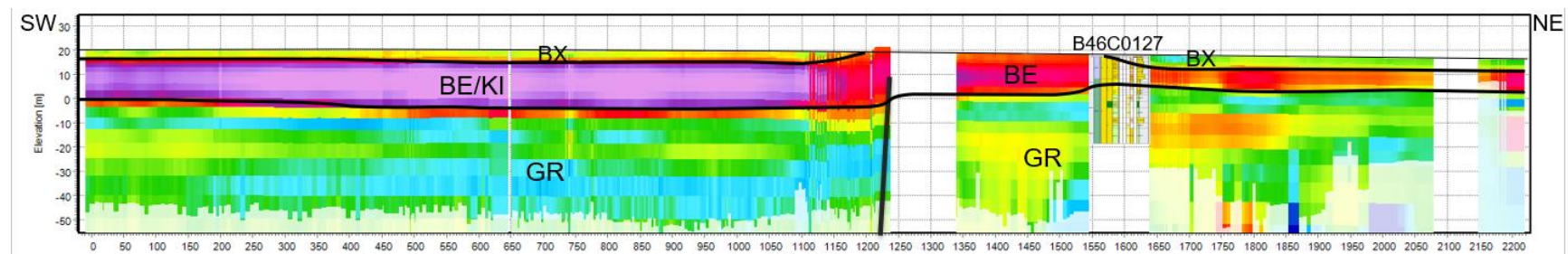
Bijlage A. tTEM profiel bij Tegelen en een aantal nabij gelegen boringen. De lengte van het profiel is 2200 m. De dikte en verticale ligging van de Formatie van Beegden (BE) - bestaande uit sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge weerstand (grof zand en grind) - en de daaronder gelegen Kiezeloöliet Formatie (KI) en de formaties van Diessen en Groote Heide (DI en GR, voorheen Breda), bestaande uit fijnkorrelig materiaal, veranderd langs naar het noordoosten hellende breukvlakken op 950 en 2100 m. Dit betreft de Belfeld Sprung resp. Rheindahlener Sprung (Tegelenbreuk).



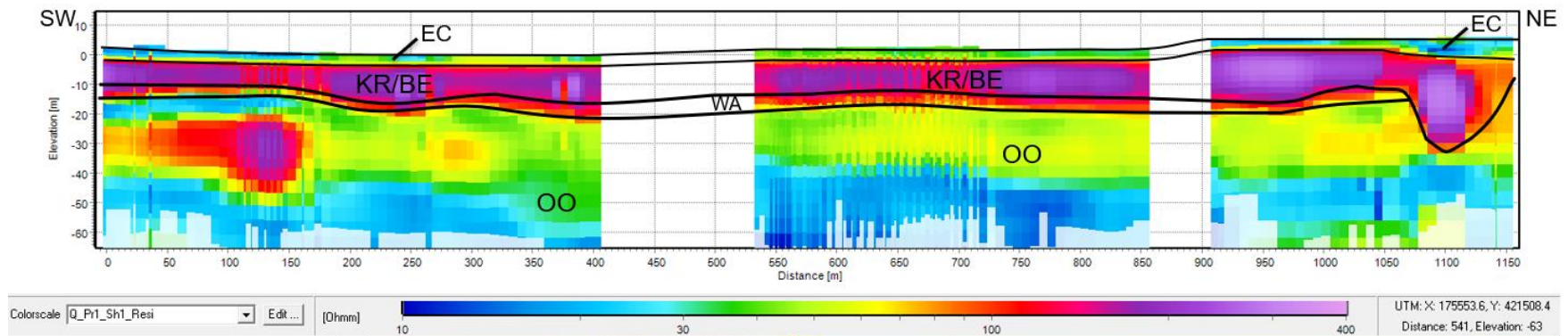
Bijlage B. tTEM profiel bij Klein Vink. De lengte van het profiel is 2000 m. De dikte en verticale ligging van de Kiezeloöliet Formatie (KI) - bestaande uit sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge weerstand (grof zand en grind) - en de daaronder gelegen Formatie van Diessen (voorheen Breda), welke bestaat uit fijnkorrelig materiaal, veranderd langs breukvlakken op 100, 950 en 1550 m. Het breukvlak op 1550 m wordt gezien als een lokale, secundaire breuk welke op grotere diepte aftakt van de hoofdbreuk op 950 m.



Bijlage C. tTEM profiel bij Overloon. De lengte van het profiel is 950 m. De dikte en verticale ligging van de Formatie van Beegden (BE) - bestaande uit sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge weerstand (grof zand en grind) – en de daaronder gelegen Kiezeloöliet Formatie en Formatie van Diessen, welke hier beiden bestaan uit fijnkorrelig materiaal, ligt overal op vergelijkbare diepte. Langs dit profiel kunnen – tot een diepte van circa 50 m -NAP - dan ook geen breuksystemen met verticaal verzet worden onderscheiden.



Bijlage D. tTEM profiel bij Wanroij. De lengte van dit profiel is 2250 m. De dikte en verticale ligging van de Formatie van Beegden (BE) - bestaande uit sedimentpakketten met hoge tot zeer hoge weerstand (grof zand en grind) – en de daaronder gelegen Formatie van Groote Heide (GR, voorheen Breda), welke bestaat uit fijnkorrelig materiaal, verandert langs een breukvlak op circa 1225 m.



Bijlage E. tTEM profiel bij Overlangel. Aan maaiveld komt een dun pakket met lage weerstanden voor (klei van de Formatie van Echteld). Hieronder komt een pakket met hoge weerstand voor, welke grofzandige afzettingen van de Maas en Rijn betreffen (formaties van Beegden, resp. Kreftenheye en daaronder de Formatie van Waalre). Daaronder liggen fijnkorrelige afzettingen met een lagere elektrische weerstand (Formatie van Oosterhout). Er is geen duidelijk verticaal verzet in de top van de Formatie van Oosterhout, derhalve kunnen hier geen breuken worden geïnterpreteerd welke binnen 60 m -mv aanwezig zijn.