

Geo-elektrisch onderzoek in Malburgen/Bakenhof, Arnhem

Op zoek naar puin- en funderingsresten in en onder de Malburgse dijk

J.C.A.M. Bervaes, J. R. Mulder en A.H. Heidema

Alterra-rapport 557

Opdrachtgever

Naam: Rijkswaterstaat/dijkverlegging Bakenhof
Contactpersoon: Ing. H. Eerden
Adres: Postbus 60
Postcode/plaats: 6850 AB Huissen
Telefoon: 026 3219827
Fax: 026 3215679
E-Mail: h.a.p.eerden@don.rws.minvenw.nl

Opdrachtnemer Alterra

Auteur: J.C.A.M. Bervaes, J. R. Mulder en A.H. Heidema
Afdeling: Landschap en Ruimtegebruik
Telefoon: 0317- 474245
E-Mail: j.r.mulder@alterra.wag-ur.nl
Vormgeving: J. Tahitu

Datum: 5 september 2002

Omslag

Op de omslag van dit rapport is Hansje Brinker afgebeeld, het jongetje dat met zijn vinger in de dijk een doorbraak wil voorkomen. Het is een pentekening van Louis Rhead in het boek van Mary Mapes Dodge uit 1865, getiteld: Hans Brinker or the Silver Skates. De Nederlandse vertaling door Anita van der Veen 'Hans Brinker of de Zilveren Schaatsen' verscheen in 1999.

De auteurs danken 'Uitgeversmij The Reader's Digest N.V.' te Amsterdam voor hun toestemming om Hansje op de omslag van ons rapport af te beelden.

REFERAAT

Bervaes J.C.A.M., J.R. Mulder en A.H. Heidema, 2002. *Geo-elektrisch onderzoek in Malburgen/Bakenhote Arnhem; Op zoek naar puin- en funderingsresten in en onder de Malburgse dijk..* Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 557. 50 blz. 38 fig.; 4 foto's; 3 ref.

In het kader van "Ruimte voor de rivier" is in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Oost langs en in verzwaarde bandijk te Malburgen ter hoogte van de voormalige boerderij 'de Oude Tol', geo-elektrisch en bodemkundig onderzoek verricht. Bij hoog water van de Rijn blijkt hier namelijk onder de dijk door kwel op te treden. Bij het graven van een sleuf kwamen puinresten te voorschijn die mogelijk kunnen worden toegeschreven aan de voormalige kerk en/of oude Tolhuis van Malburgen. Met behulp van het instrument GEOHM2 is de weerstand in de bodem langs, in en onder de dijk gemeten tot meer dan 6 meter diepte om op een snelle manier puin of funderingen op te sporen. Ter toetsing zijn boringen verricht. Alleen ter hoogte van de voormalige boerderij 'De Oude Tol' komt onder de dijk puin voor.

Trefwoorden: geo-elektrisch onderzoek, Malburgen, bandijk, weerstandsmetingen

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €16,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 557. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

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

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Werkwijze vooronderzoek	7
	2.1 Algemeen	7
	2.2 De situatie in Malburgen aan de 'Oude Tol'	9
3	Resultaten vooronderzoek	11
4	Voorlopige conclusies	15
5	De aanpak van het vervolgonderzoek	17
6	Resultaten van het vervolgonderzoek	21
	6.1 Beschrijving van de gemeten raaien	21
	6.2 Beschrijving van de kaartbeelden	32
7	Het booronderzoek	41
8	Conclusies	45
	Literatuur	47

1 Inleiding

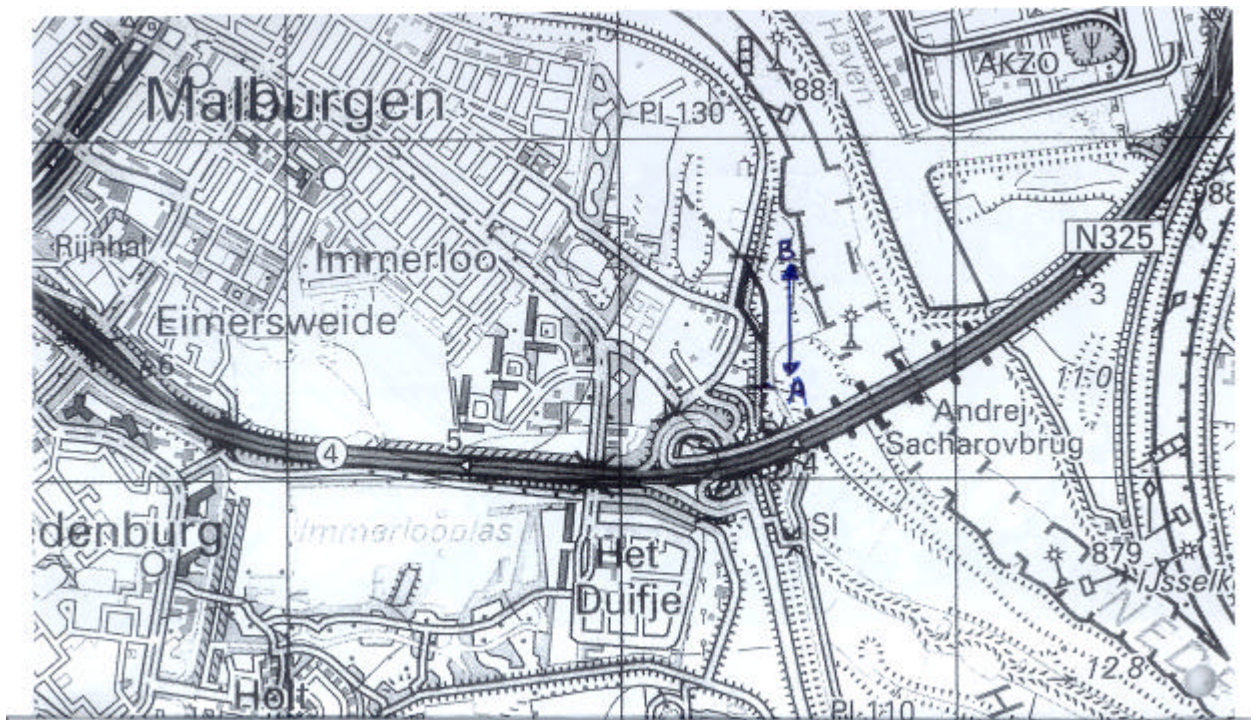
In het kader 'Ruimte voor de rivier' heeft de directie Oost van Rijkswaterstaat de banddijk te Malburgen, Arnhem aan de oostzijde verzwaaard en aan de westzijde teruggediept. Langs het verzwaaarde deel van de dijk op het terrein van de voormalige boerderij de Oude Tol bleek in de winter van 2002 bij hoog water van de Rijn kwel op te treden. Om de oorzaak van de kwel op te sporen hebben we een aantal boringen verricht, waarbij we op puin stuitten. In juni 2002 is besloten om parallel aan de dijk een sleuf te graven. Hierbij kwamen onder andere funderings- en puinresten te voorschijn. Ze kunnen mogelijk worden toegeschreven aan de voormalige kerk, kasteel Malburgen of het oude tolhuis.

Om op een snelle manier de verbreiding van de puinlagen direct langs en onder de verzwaaarde Malburgse dijk te lokaliseren, heeft Alterra op 26 juni 2002 een geoelektrisch vooronderzoek verricht. De resultaten van het vooronderzoek waren van belang voor de besluitvorming over eventuele te treffen maatregelen ten aanzien van het dijklichaam. Bij het vooronderzoek hadden we de beschikking over apparatuur (GEOHM2) met een meetbereik tot circa 2m – mv. Dit gaf wel resultaat op het terrein van de 'Oude Tol', maar niet of nauwelijks onder het dijklichaam. Daarom kreeg Alterra opdracht om een aanvullend geoelektrisch en bodemkundig onderzoek langs en vooral in de Malburgse Dijk te verrichten. Het doel was om op een snelle manier inzicht te krijgen in de verbreiding van de puinlagen direct naast en onder het dijklichaam tot een diepte van circa 6 tot 8m – mv.

Het vooronderzoek en aanvullende onderzoek omvatten de volgende onderdelen:

1. Het verrichten van weerstandsmetingen tot 6 à 8m diep
2. Het verrichten van boringen direct naast en in de dijk om het eventueel voorkomen van puinresten te toetsen;
3. Het opstellen van een briefadvies, waarin de resultaten van het onderzoek in de vorm van grafieken worden opgenomen.

Het veldwerk voor het aanvullende onderzoek vond plaats op 8 en 9 juli 2002 en werd uitgevoerd door Ir. J.C.A.M. Bervaes, ing. A.H. Heidema en J.R. Mulder (projectleider).



Figuur 1 Ligging van het onderzoeksgebied



Zicht op de nieuwe en oude Malburgse dijk en proefsteuf



Detailopname van de proefsteuf met veel puinresten en een skelet in stenen sarrofaag



Theo Gerritsen (Historische Kring Huissen) meet en beschrijft de puinlagen in de proefsteuf



Aan het werk met de GEOHM2 langs de Malburgse dijk

2 Werkwijze vooronderzoek

2.1 Algemeen

Er zijn verschillende geofysische methoden om snel inzicht te verkrijgen in de geologische opbouw van een gebied en verstoringen daarin. De bekendste en eenvoudigste is het geo-elektrisch onderzoek, waarbij stroom tussen twee elektroden door de grond wordt gestuurd en de weerstand van de bodem wordt gemeten. Een andere techniek is de elektromagnetische weerstand, waarbij het verval van de frequentie en de intensiteit van een uitgezonden elektromagnetisch signaal wordt opgevangen. Deze techniek is sneller, maar de apparatuur is kostbaar. Daarnaast is er nog de grondradar, waarbij uitgezonden radargolven worden opgevangen. Er zijn slechts enkele apparaten in Nederland operationeel bij gespecialiseerde bedrijven. Met de geo-elektrische weerstandsmeting is de meeste ervaring opgedaan. (Overmeeren, van; 1988), (Dijk, van & Bervaes; 2002). Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van geo-elektrische weerstandsmetingen.

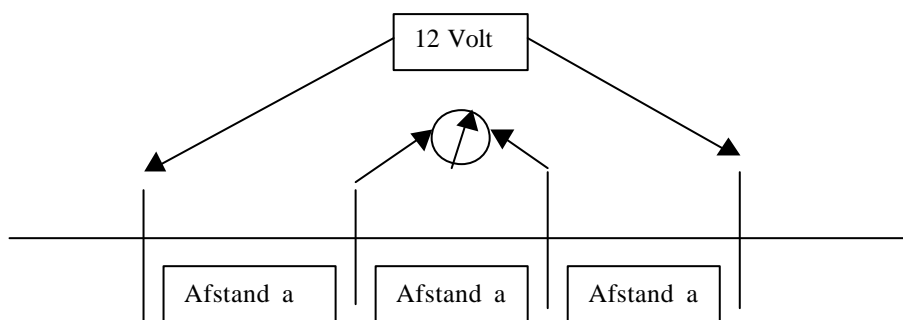
De elektrische weerstand van de bodem is afhankelijk van de bodemsamenstelling. Klei geleidt goed stroom door de negatieve lading aan het oppervlak van de kleipartikels en de plus-ionen (kationen) die zich daaraan gehecht hebben. Bij het bakken van klei verliezen de kleipartikels echter hun oppervlaktelading, waardoor bijvoorbeeld baksteen zeer slecht geleidt. Ook zand en glas geleidt zeer slecht en hebben een verhoogde weerstand.

De weerstand tussen twee elektroden geeft de gemiddelde weerstand weer tussen die twee elektroden. Het begrip gemiddelde weerstand verdient enige verklaring. De stroom volgt als het ware een halve cirkel in de bodem, niet alleen verticaal, maar ook horizontaal. Men meet als het ware de weerstand (of geleidbaarheid) van een halve bol grond tussen de twee elektroden. Hoe verder de elektroden uit elkaar worden geplaatst des te meer diepere grondlagen in de uitslag gaan meedingen.

Een nadeel van de grotere afstand tussen de twee elektroden is dat de uitslag een gemiddelde wordt van meer bodemlagen en laagjes boven elkaar. Bovendien wordt een groter oppervlak bestreken, waardoor kleine lokale verschillen in bodemopbouw worden afgevlakt.

Praktisch bestaat de weerstandsmeting uit het aanbrengen van een wisselspanning van 12 volt op de twee buitenste elektroden. Een elektrode is een eenvoudige stalen pin die niet diep in de grond hoeft te worden gedrukt. Contact met de aarde is voldoende. Tussen de twee buitenste elektroden plaatsen we twee andere elektroden. Over de twee binnenste elektroden wordt de restspanning gebruikt om het potentiaalverval af te leiden. Dit staat bekend als de Wenner-opstelling. Dit gebeurt met het instrument GEOHM2. Door de inwendige weerstand in dit apparaat te wijzigen wordt de weerstand bepaald volgens het principe van de Brug van Wheatstone. Een zogenaamde compensatiemeting, waarbij op het moment dat de

wijzer van de ampèremeter in de brug van Wheatstone op nul staat, geen stroom meer door de bodem loopt.



Figuur 2 Schematische weergave van de Wenneropstelling met GEOHM2

Over het algemeen wordt aangenomen dat de diepte waarover de weerstand gemeten wordt overeenkomt met de afstand a tussen de elektroden. Er zijn evenwel aanwijzingen dat de weerstand ook door diepere lagen beïnvloed wordt omdat de halve bol tussen de buitenste elektroden tot 1,5 maal de afstand a reikt. Het onderste deel van die bol neemt maar een beperkt volume in, maar als daar een hoge weerstand zit in de vorm van bijvoorbeeld een fundament of veel puin zal dit toch enigszins doorwerken in de totale weerstand.

Geo-elektrisch onderzoek is in kleigebieden een veel gebruikt middel om fundamente van (voormalige) gebouwen in kaart te brengen. De klei geleidt goed en geeft dus een lage weerstand. Een muur of puin heeft een hoge weerstand en valt dus direct op in een homogene klei-omgeving. Zandgronden hebben meestal een hoge weerstand. Daar valt een muur of puin veel minder op.

De geijkte methode om gebouwen in de bodem in kaart te brengen is de weerstand om de meter of paar meter te meten langs raaien die op hun beurt weer enkele meters uit elkaar liggen. De waarde van de gemeten weerstand wordt toegekend aan het middelpunt tussen de twee elektroden. Bij elektrodenafstand $a = 2$ meter ligt het middelpunt (eerste meetpunt) bij 3 m t.o.v. de eerste elektrode. Daarom begint een raai bij (0,0) en beginnen de waarnemingen niet bij 0 meter, maar bij drie meter vanaf het begin van de raai en eindigt de waarneming drie meter van het einde van de raai. Bij elektrodenafstand $a = 4$ m beginnen de waarnemingen bij 6 meter t.o.v. de eerste elektrode. Bij de beschrijving van de ligging van een raai maken wij gebruik van de coördinaten van de positie van eerste en de positie van de laatste elektrode. Bij grotere elektrodenafstanden moet wel de afstand tussen de opeenvolgende meetpunten (middelpunten tussen de twee buitenste elektroden) klein(er) blijven om te voorkomen dat objecten in de bodem gemist worden door te grote tussenstappen.

Om snel een globaal beeld te krijgen van de situatie in het gebied is het verstandig om eerst enkele raaien ver van elkaar te verkennen en enkele loodrecht daarop. Op die manier krijgen we een indruk in welke de(e)l(en) van het terrein de grootste verschillen in weerstanden optreden. In die delen met de hoogste weerstandswaarden worden dan in tweede instantie de tussenliggende raaien gemeten, zodat verdichting van het meetnet ontstaat.

Van alle waarnemingen langs de raaien kunnen terreindekkende kaartjes gemaakt worden door wiskundige interpolatie van de waarden van de weerstand voor iedere vierkante meter. Er zijn verschillende manieren van interpolatie; Kriging is de meest gangbare. Er kunnen zowel contourkaartjes van de weerstand worden gemaakt als driedimensionale beelden, waarbij de z-as de hoogte van de weerstand weergeeft. Het GIS-computerprogramma SURFER6 maakt dat mogelijk.

2.2 De situatie in Malburgen aan de 'Oude Tol'

De situatie in Malburgen bestaat uit een verzwaarde, oude dijk met in het verlengde een nieuwe dijk, die een kronkel in een oude, niet verzwaarde dijk heeft afgesneden. Ter hoogte van de splitsing oude dijk / nieuwe dijk is een nulpunt aangebracht door Rijkswaterstaat, dat is gebruikt als $x,y = 0,0$ bij het uitzetten van raaien om de aardweerstand te meten. De prikkeldraad aan de onderkant van de binnenkant van de dijk is als $y = 0$ lijn gehanteerd. De afstand x loopt op van 0 tot 90 meter in de richting van de Andrej Sacharovbrug (Pleijbrug), de afstand y loopt op tot ongeveer 40 meter in de richting van de uiterwaard. Ter hoogte van het nulpunt $x,y = 0,0$ tot $x,y = 25,0$ bevindt zich de sleuf met op 2,5 tot 3m – mv. puin en funderingsresten.

3 Resultaten vooronderzoek

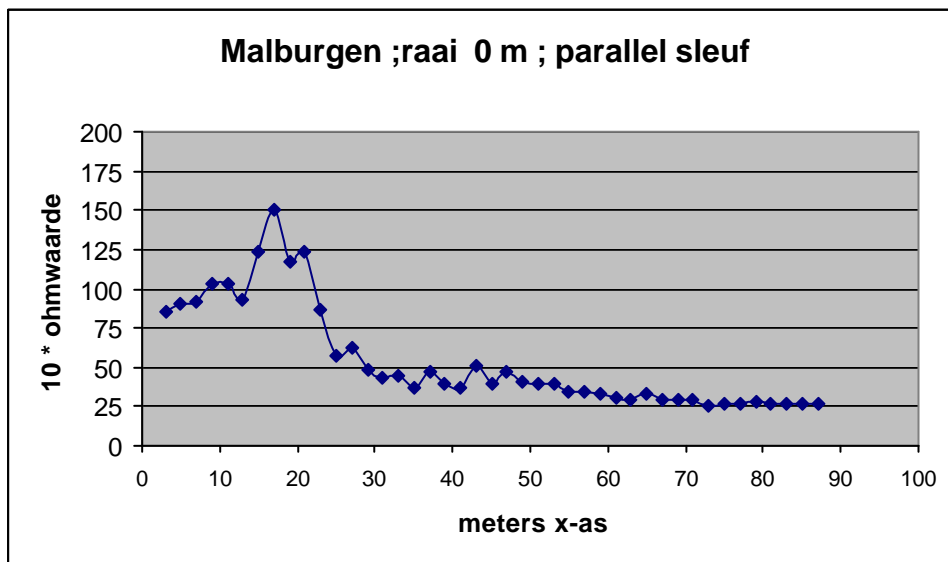
De grafieken en teksten bij de grafieken verdienen enige toelichting.

*De gemeten weerstanden zijn in de navolgende beschrijvingen in de grafieken over de raaien met twee meter elektrodenafstand vermenigvuldigd met 10 ($10 * \text{ohm-waarde}$). In de toelichtende teksten zijn de echte ohmwaarden vermeld. (waarde y-as delen door 10)*

In de grafieken over de raaien met vier meter elektrodenafstand is de schaal bij de instelling van het apparaat Geohm2 bij de stand $ 0,1 \text{ ohm}$ weergegeven. (Hogere gevoeligheid). In de toelichtende teksten is de echte weerstand in ohm vermeld. (waarde y-as delen door 10).*

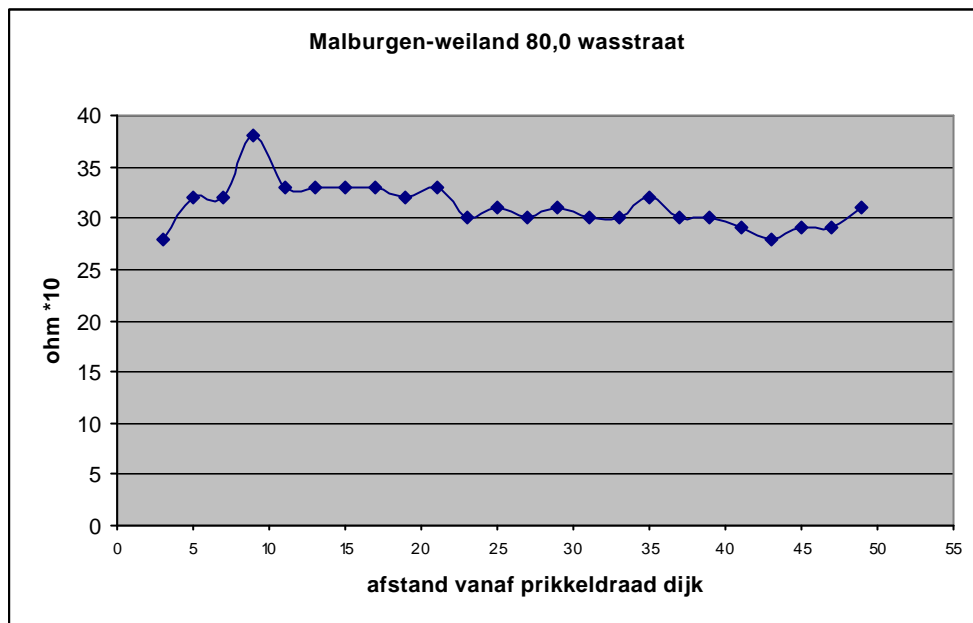
Op 26 juni hebben we in eerste instantie een aantal raaien gemeten met een elektrodenafstand van twee meter en stappen van twee meter.

De **eerste proefraai** bevond zich langs het prikkeldraad, langs de binnenteen van de verzwaarde dijk, van $x,y = 0,0$ naar $x,y = 90,0$ (dus over een lengte van 90 meter, in de richting van de Andrej Sacharovbrug (Pleijbrug)). Langs deze raai hebben we de hoogste weerstanden (15,0 ohm) waargenomen bij 15, 17, 19 en 21 meter in zuidelijk richting vanaf het 0,0 punt. De waarde vanaf het punt $x,y = 0,0$ tot 13m is matig hoog (8,5 tot 10,3). Na 21 meter duikt de weerstand scherp naar beneden. Dit zou erop kunnen duiden dat de muur in de sleuf de noordelijke gevel of het einde van het object in de bodem is. Het stuk van 0 tot 13 meter ligt binnen het object. Vanaf 25 meter bereikt de weerstand een laag niveau en van daar tot 50 meter wisselt de weerstand enigszins. Vanaf 25 meter tot 90 meter daalt de weerstand heel gestaag tot een waarde van 2,7 ohm.



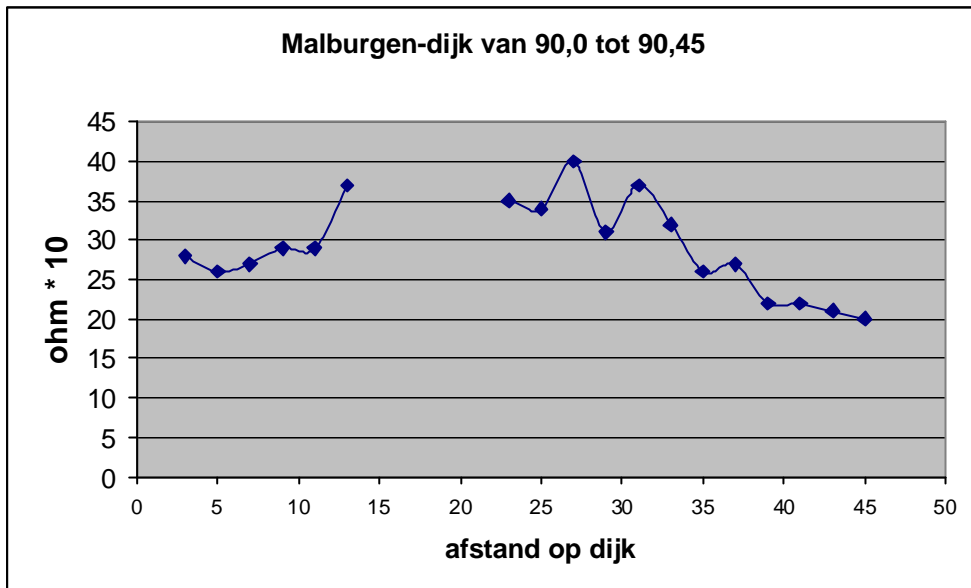
Figuur 3 Weerstand langs raai van $x,y = 0,0$ tot $x,y = 90,0$

De **tweede proefraai** hebben we loodrecht op de eerste proefraai gemeten in het weiland tussen de oude dijk en de 'wasstraat' vanaf punt $x,y = 80,0$ tot $x,y = 80,52$. De raai vertoont een zeer constante weerstand van circa 3,0 ohm. Alleen bij 9 meter werd 3,8 ohm gemeten.



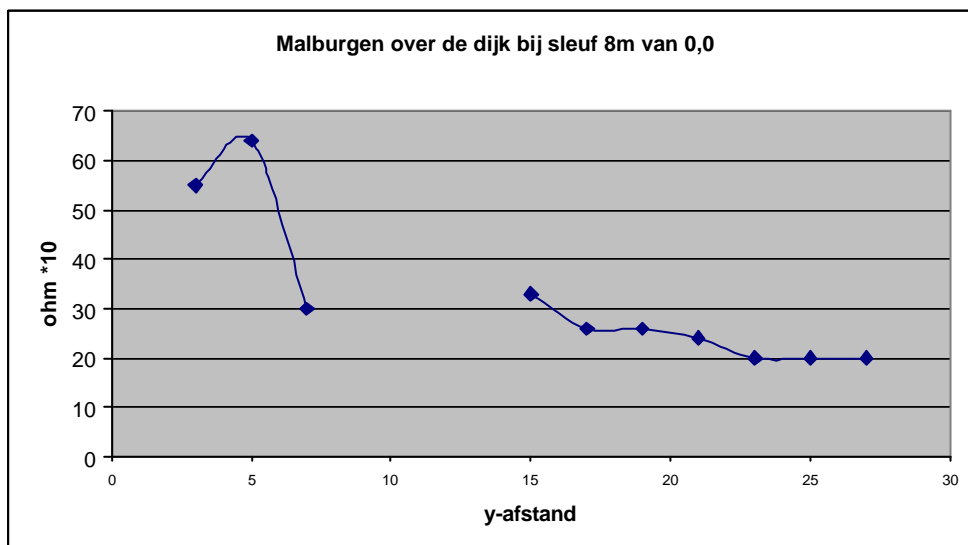
Figuur 4 Weerstand langs raai van $x,y = 80,0$ tot $x,y = 80,52$

Een **derde proefraai** hebben we dwars op de eerste proefraai, over de dijk gelegd van punt $x,y = 90,0$ tot $x,y = 90,45$. De weerstanden zijn tot 11 meter gelijk aan die van de raai hierboven. Dijk opwaarts neemt de weerstand enigszins toe en achter de dijk aan de zijde van de uiterwaard schommelt de weerstand tussen 4 en 3 ohm en neemt onder aan de dijk weer af tot weerstanden rond de 2 ohm.



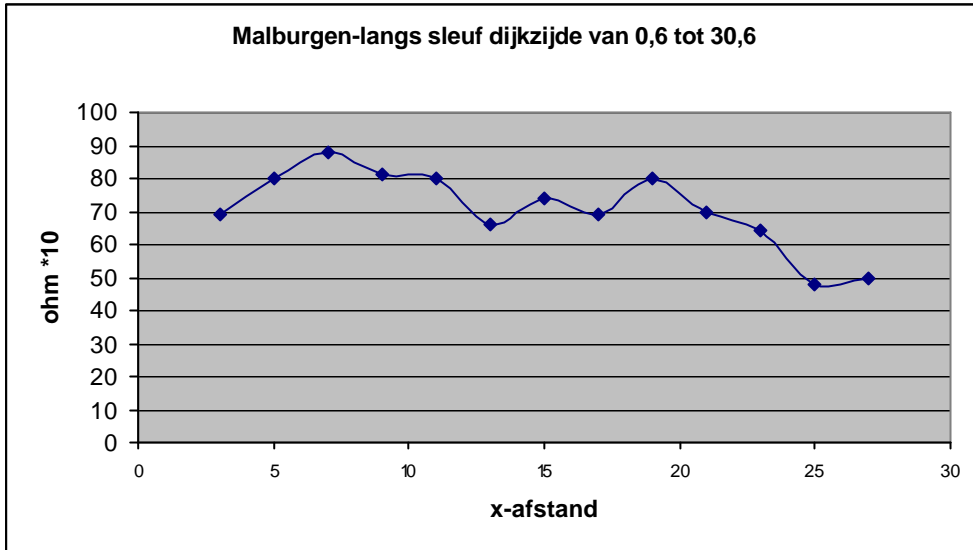
Figuur 5 Weerstand langs raai van $x,y = 90,0$ tot $x,y = 90,45$

Een **vierde proefraai** over de dijk bij $x = 8m$ ter hoogte van de sleuf laat bij 5 meter nog een vrij hoge weerstandswaarde van 6,4 ohm zien. Bij 7 meter in de richting van de dijk (1 meter helling op) neemt de weerstand af tot 3,0 ohm. Achter de dijk komen weerstanden voor van 3,0 tot 2,0 ohm.



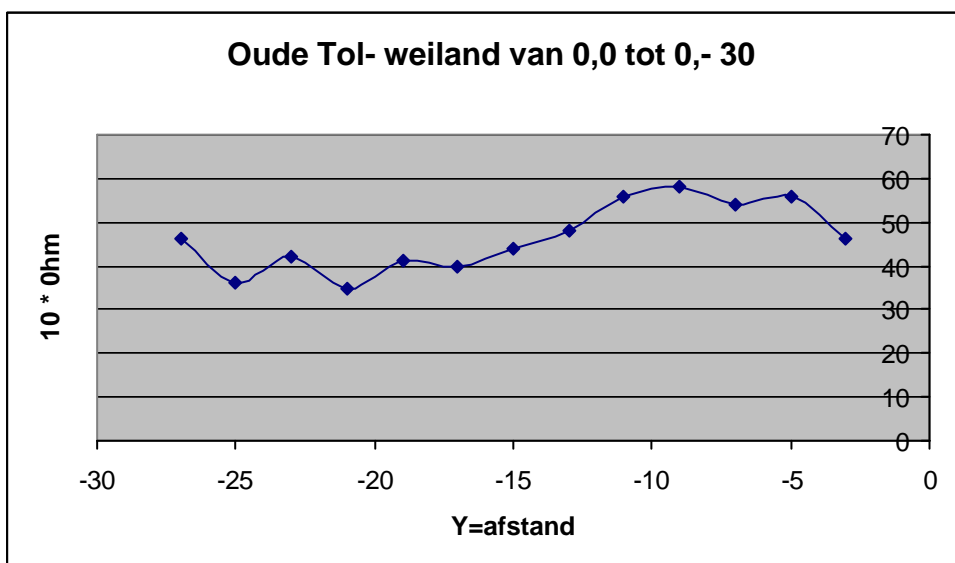
Figuur 6 Weerstand langs raai van $x,y = 8,0$ tot $x,y = 8,30$

Aan de teen van de dijk op 6 meter afstand van 0,0 hebben we een **vijfde proefraai** gemeten langs de dijkzijde van de sleuf over een lengte van 30 meter. Over een lengte van 3 tot 23 meter schommelt de weerstand tussen de 6 en 8 ohm. Daarna daalt de weerstand tot ongeveer 4,5 ohm. Het beeld van de raai is meer gedempt dan de eerste raai van 0,0 tot 90 meter.



Figuur 7 Weerstand langs raai van $x,y = 0,6$ tot $x,y = 30,6$

Een **zesde proefraai** in het weiland tussen de gegraven sleuf en de weg leverde lage weerstanden van ongeveer 4 ohm op bij de weg. Vanaf 15 meter vanaf 0,0 neemt de weerstand toe tot ongeveer 5,5 ohm.



Figuur 8 Weerstand langs raai van $x,y = 0,0$ tot $x,y = 0, -30$

4 Voorlopige conclusies

Het vooronderzoek laat zien dat ten zuiden van de sleuf in de richting van de Andrej Sacharovbrug (Pleijbrug) weinig puin e.d. te verwachten is. Dit geldt ook voor het weiland van J. Zinus tussen de dijk en de wasstraat.

Ten noorden van de sleuf is wel steen of puin te verwachten. Dijk op neemt de weerstand sterk af. De elektrodenafstand van 2 meter is kennelijk ontoereikend om materiaal dat zich eventueel hieronder bevindt, te kunnen detecteren. Het verdient daarom aanbeveling om de waarnemingen in de dijk en aan de achterkant van de dijk niet te beperken tot 2 meter afstanden van de elektroden, maar ook afstanden van 4 meter tussen de elektroden in het onderzoek op te nemen.

De twee meter raai wordt gehandhaafd omdat het de ervaring is dat na afbraak van een gebouw in de resterende lagen erboven nog braaksporen aanwezig blijven. Die geven een verhoogde weerstand. De tweemeter - raaien geven scherpere wisselingen weer.

5 De aanpak van het vervolgonderzoek

Het vervolgonderzoek hebben we uitgevoerd op 8 en 9 juli 2002. In aanvulling op de raaien met twee meter afstand tussen de elektroden van het vooronderzoek hebben we de volgende raaien (aangegeven met x,y coördinaten van eerste waarneming tot x,y coördinaten laatste waarneming in de raai) eveneens met twee meter elektrodenafstand gemeten:

Van	x, y	tot	x, y	
Van	3, -5	tot	25, -5	Raai in weiland tussen dijk en weg
Van	15, -2.5	tot	27, -2.5	Raai over kleine put in weiland tussen dijk en weg
Van	3, 2.5	tot	25, 2.5	Raai vlak langs de sleuf aan de dijkzijde
Van	3, 8.5	tot	27, 8.5	Raai half in de dijk aan de binnenzijde
Van	3, 25	tot	47, 25	Raai half in de dijk aan de buitenzijde
Van	3, 30	tot	57, 30	Raai aan de teen (berm) van de dijk aan de buitenzijde
Van	-3, 30	tot	-137, 30	Raai aan de teen (berm) van de nieuwe dijk
Van	-5, 2	tot	-26, -19	Schuine raai van sleuf -7,0 tot aan hek langs de oude dijk

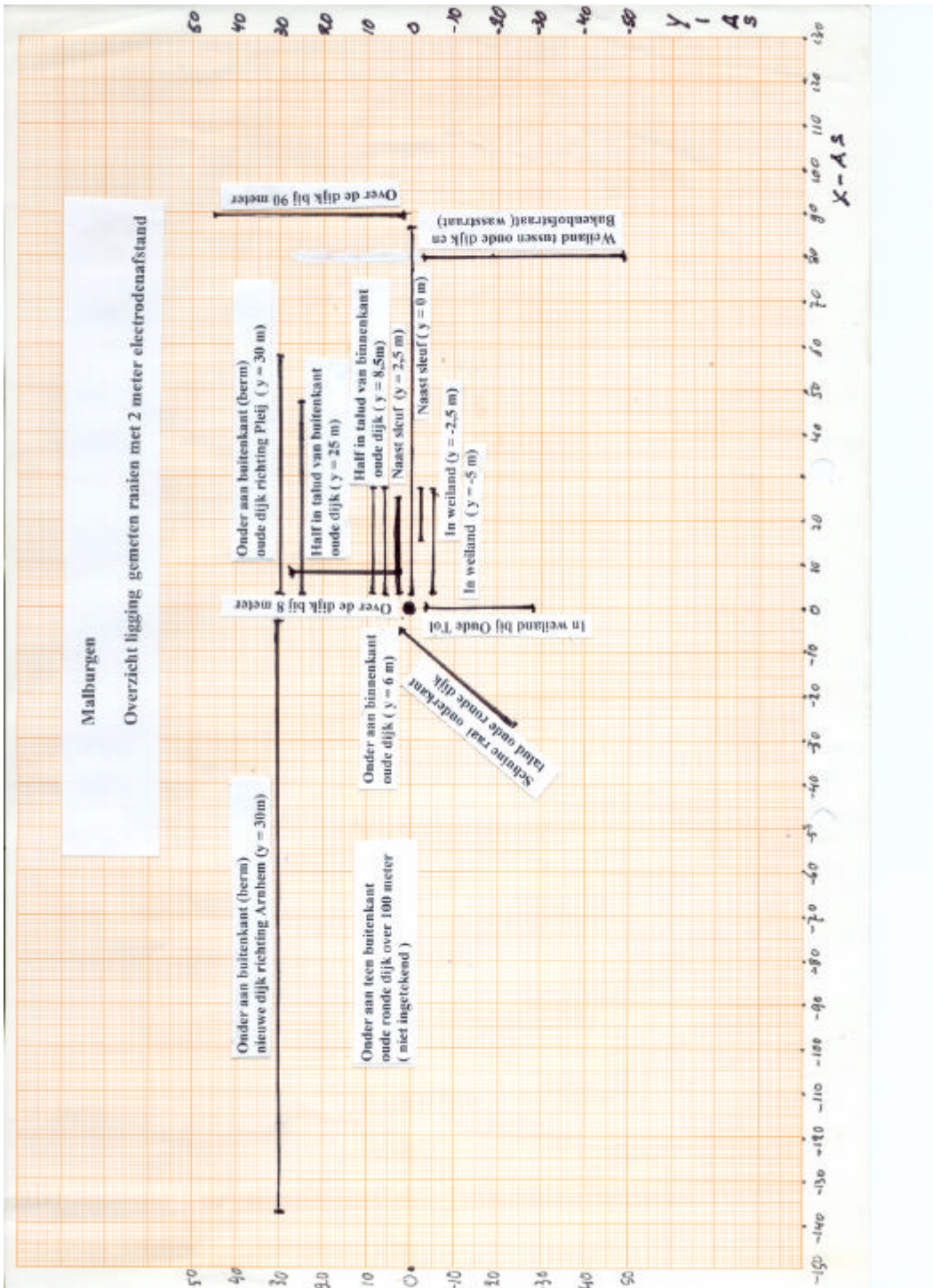
Met vier meter elektrodenafstand hebben we de volgende raaien (aangegeven met x,y coördinaten van eerste waarneming tot x,y coördinaten laatste waarneming in de raai) gemeten:

Van	x, y	tot	x, y	
Van	16, -2.5	tot	25, -2.5	Raai over kleine put in weiland tussen dijk en weg
Van	6, 0	tot	24, 0	Raai aan de teen van de dijk aan de binnenzijde
Van	6, 8.5	tot	84, 8.5	Raai half in de dijk aan de binnenzijde
Van	6, 25	tot	44, 25	Raai half in de dijk aan de buitenzijde
Van	6, 30	tot	114, 30	Raai aan de teen (berm) van de dijk aan de buitenzijde
Van	-11, -4	tot	-24, -17	Schuine raai van sleuf -7,0 tot aan hek langs de oude dijk

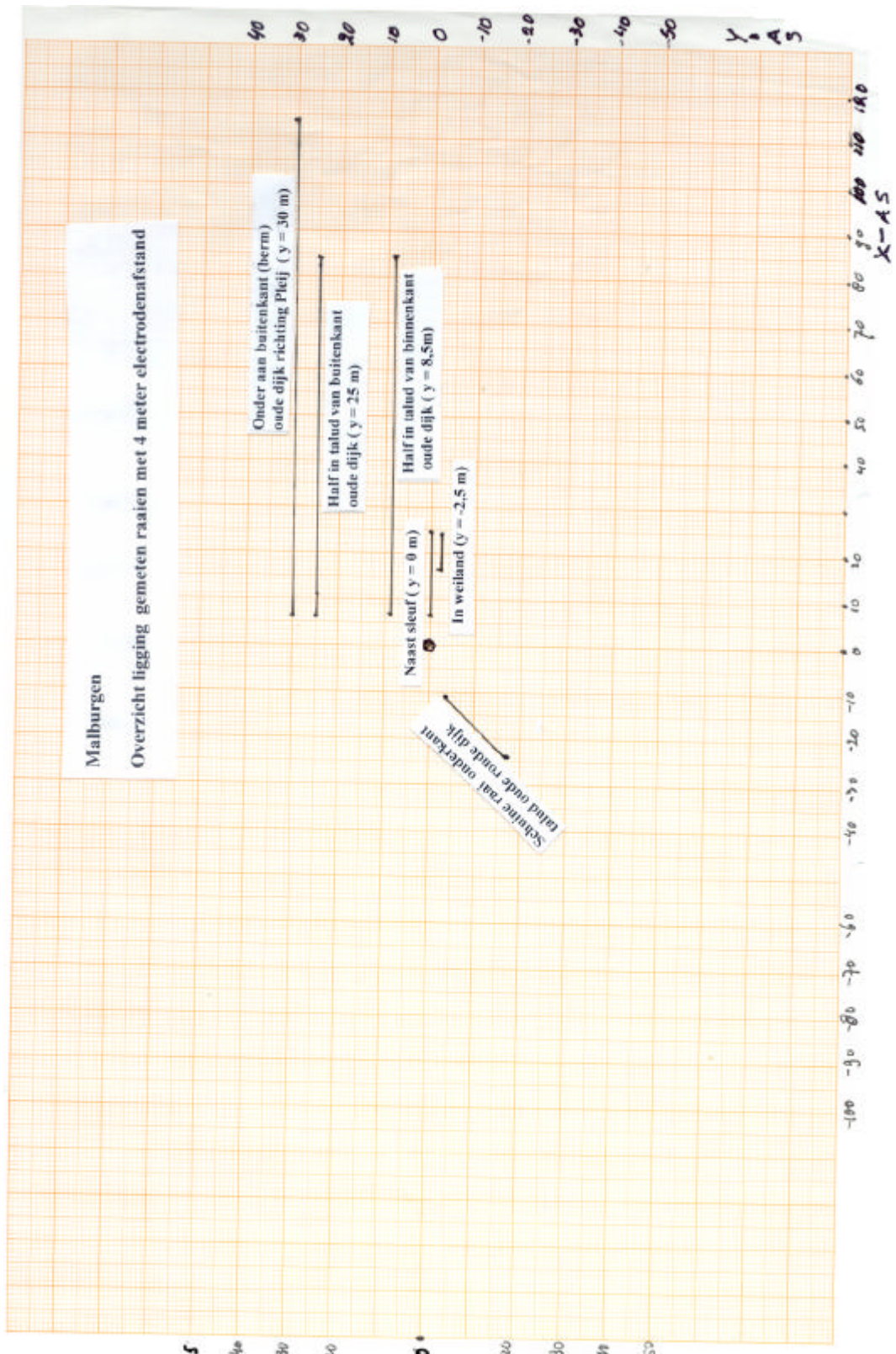
De raaien met vier meter elektrodenafstand zijn dus ook als raaien met twee meter elektrodenafstand uitgevoerd.

De ligging van de twee- en vier-meter raaien zijn op een kaart ingetekend en schematisch weergegeven op grafiekpapier.

Daarnaast hebben we een raai opgemeten langs de buitenzijde van de ingepolderde oude dijk met 4 meter elektrodenafstand. Als nieuw nulpunt fungeerde een paal met steunberen onder aan de nieuwe dijk. Deze lijn is niet in x,y-coördinaten uit te drukken omdat het tracé rond loopt. Om de twee meter is een weerstandsbepaling uitgevoerd over een lengte van 100 meter.



Figuur 9 Schema van de ligging van de raaien met twee meter elektroden afstand

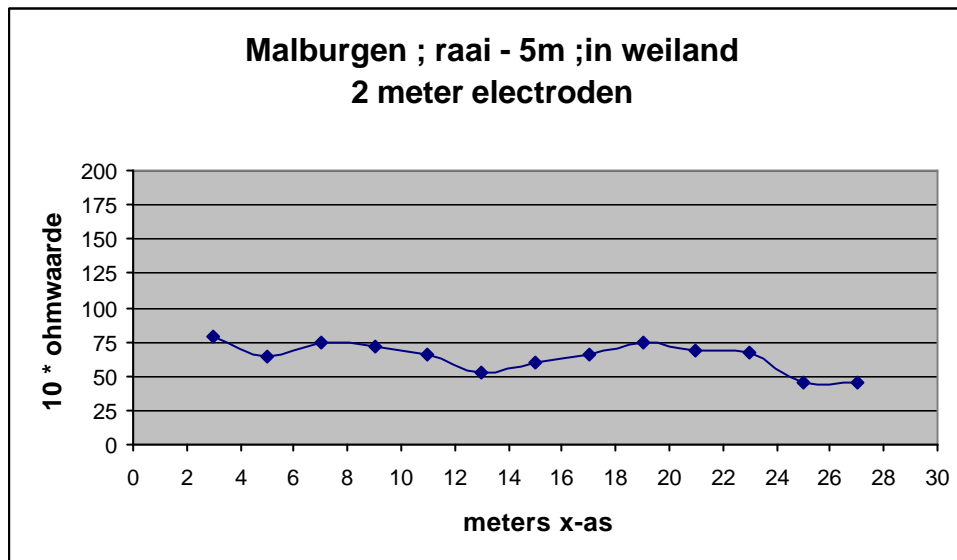


Figuur 10 Schema van de ligging van de raaien met vier meter elektroden afstand

6 Resultaten van het vervolgonderzoek

6.1 Beschrijving van de gemeten raaien

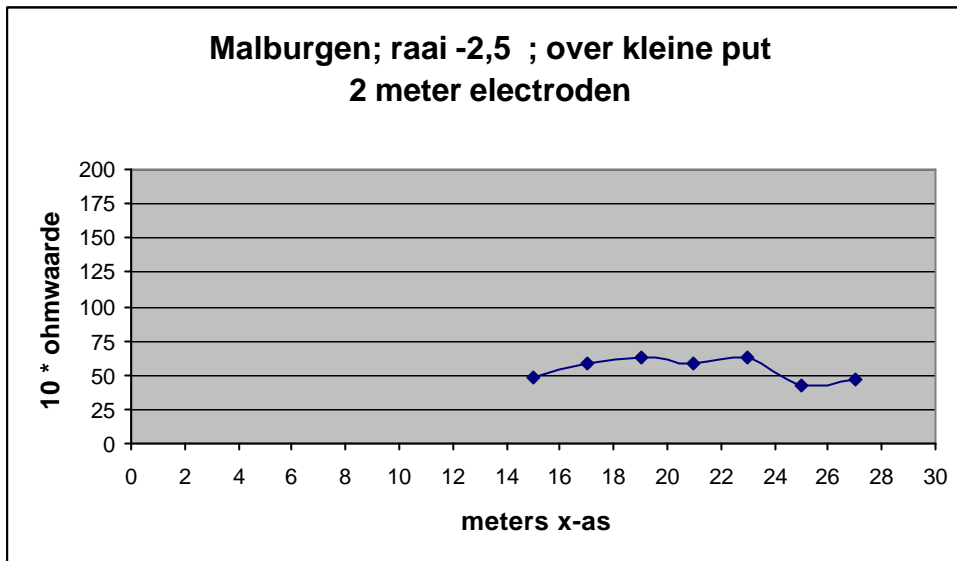
De raai in het weiland op $y = -5$ meter is alleen als twee meter raai uitgevoerd.



Figuur 11 Weerstand langs raai van $x,y = 0,-5$ tot $x,y = 30,-5$ bij twee meter elektroden afstand

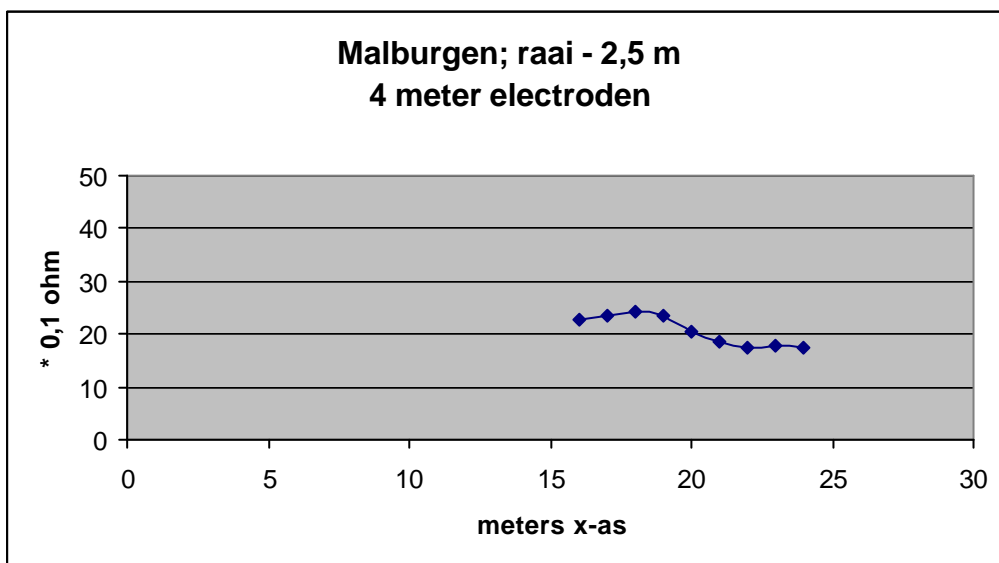
De weerstanden in het weiland variëren tussen 7,5 en 5,0 ohm. Er zijn geen aanwijzingen dat hier fundamente van gebouwen aanwezig zijn. Evenmin is er puin bij de boringen aangetroffen. De waarden zijn vergelijkbaar met de weerstanden in de dwarse proefraai van 0,0 tot 0,-30 meter en wel voor het deel van 0, -3 tot 0, -11 meter (Zie werkwijze).

De raai over de kleine put in het weiland tussen de dijk en de weg ligt parallel aan de gegraven sleuf en loopt over de kleine, gegraven put bij het prikkeldraad. De raai is zowel als met twee meter elektrodenafstand uitgevoerd als met een elektrodenafstand van vier meter.



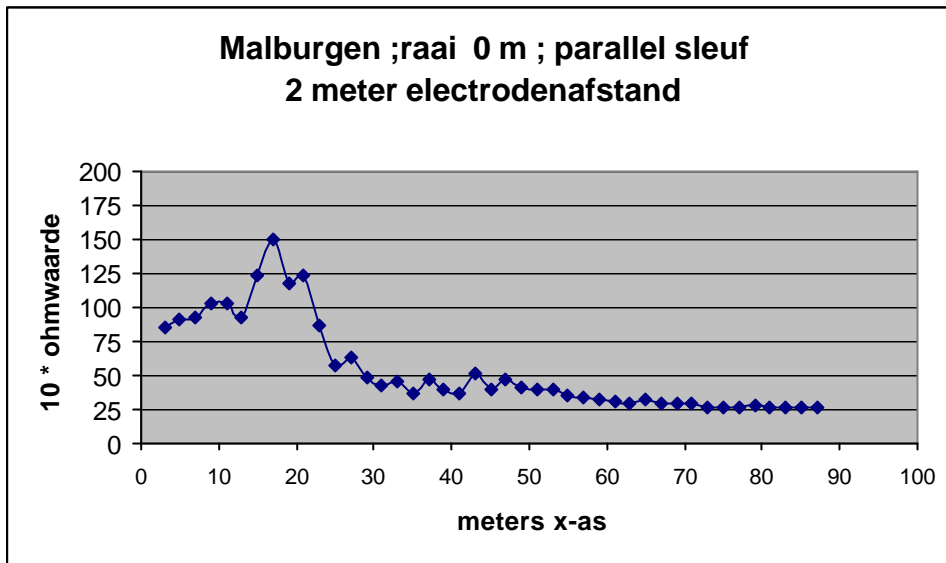
Figuur 12 Weerstand bij twee meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 12,-2,5$ tot $x,y = 30,-2,5$

De twee meter raai vertoont weerstanden tussen 5 en 7.5 ohm en neemt na 23 meter af. De weerstanden zijn vergelijkbaar met de vorige raai in hetzelfde weiland.



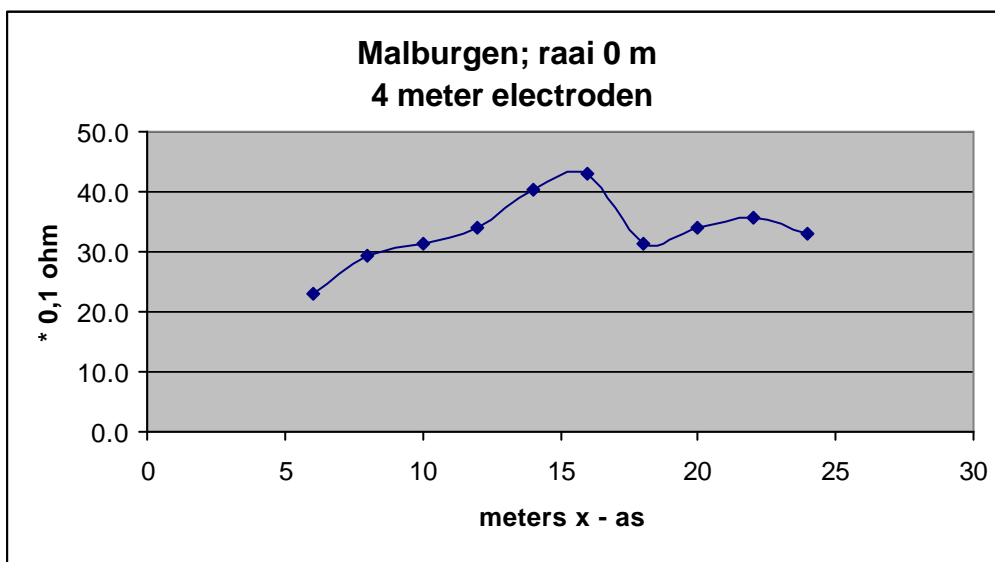
Figuur 13 Weerstand bij vier meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 10,-2,5$ tot $30,-2,5$

De vier meter raai vertoont ongeveer hetzelfde beeld als de raai met twee meter elektrodenafstand. Hier is iedere meter opgemeten. Bij de 4 meter raai begint het verval naar lagere waarden bij 19 meter vanaf het nulpunt.



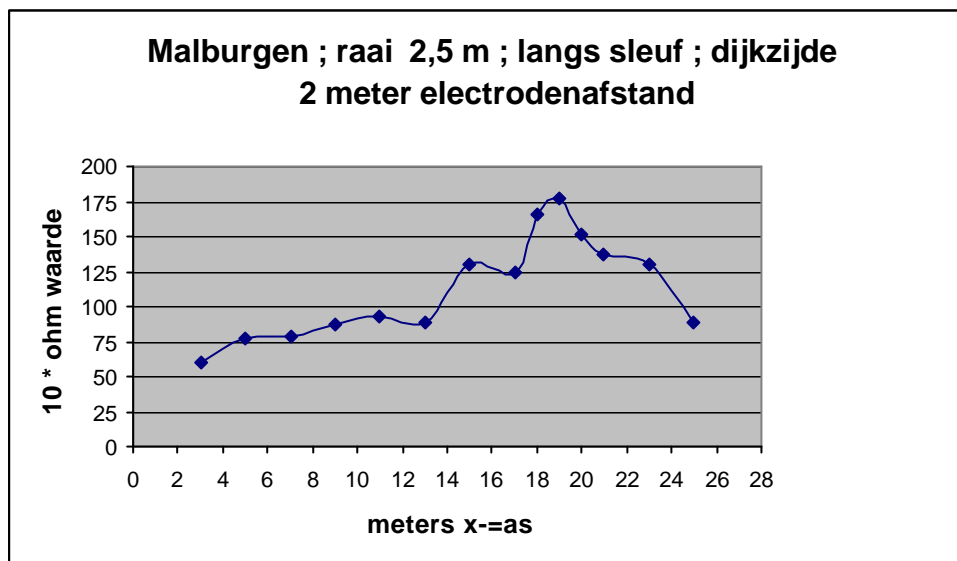
Figuur 14 Weerstand bij twee meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 0,0$ tot $x,y = 90,0$ (gelijk aan figuur 2).

Van 3 meter tot 13 meter komen weerstanden tussen 8 en 10 ohm voor en van 15 tot 21 meter hoge weerstanden tussen 12.5 ohm en 15 ohm. Dit duidt op de aanwezigheid van veel puin en fundamenteen, hetgeen boringen hebben bevestigd. Van 25 tot 48 meter treffen we lage wisselende weerstanden aan. De schommelingen kunnen veroorzaakt worden door puinresten. Voorbij de 50 meter komen slechts lage weerstanden voor die vergelijkbaar zijn met die in het weiland tussen de dijk en de wasstraat in het vooronderzoek. De bodem bestaat hier voornamelijk uit klei.



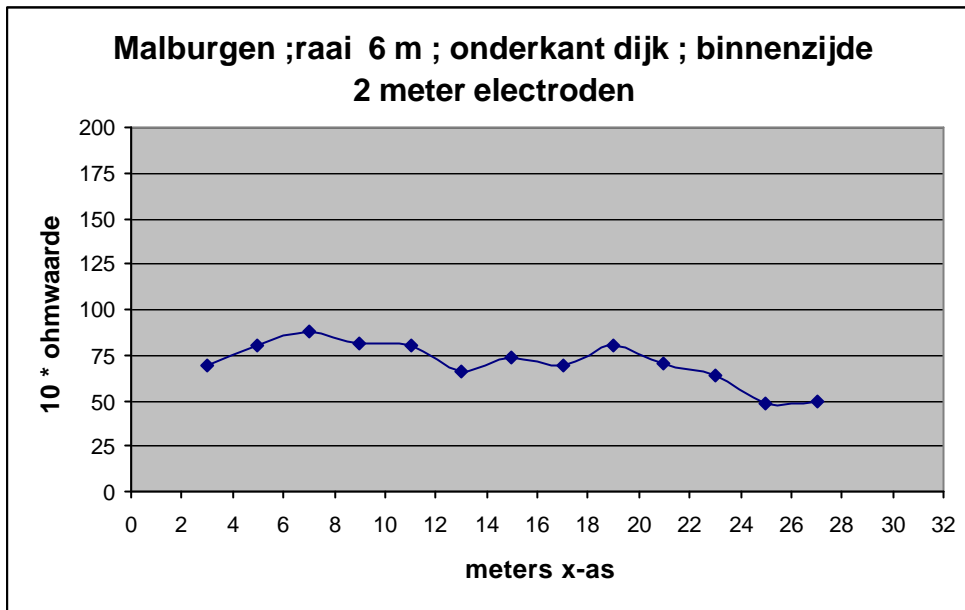
Figuur 15 Weerstand bij vier meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 0,0$ tot $x,y = 30,0$.

De vier meter raai heeft zijn hoogste weerstand bij 16 meter met iets meer dan 4 ohm. Vlak daarna valt de weerstand terug tot 3 ohm bij 18 meter, maar neemt licht toe bij 20 en 22 meter en begint daarna af te nemen.



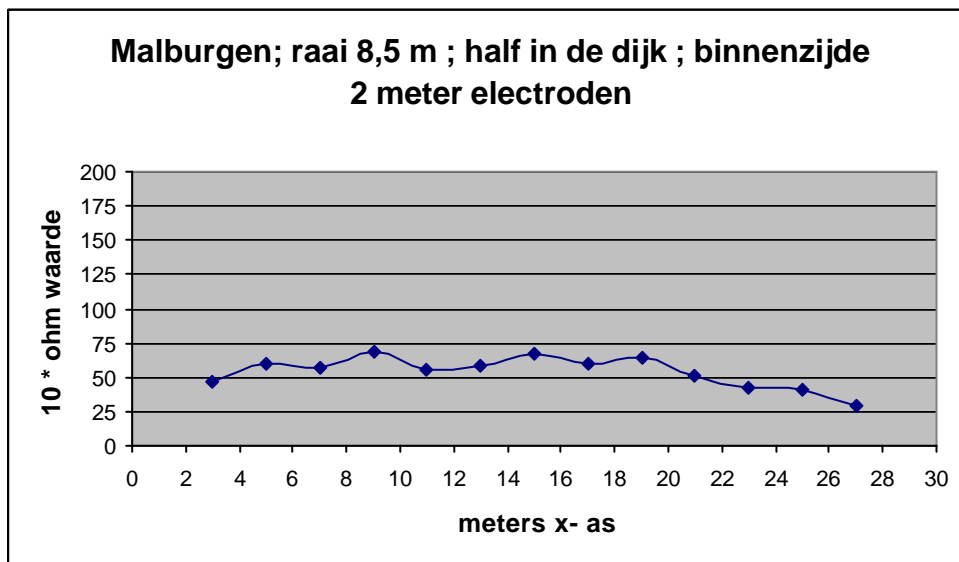
Figuur 16 Weerstand bij 2 meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 0, 2.5$ tot $x,y = 30,2.5$.

De raai pal langs de sleuf aan de binnenzijde van de dijk is alleen als twee meter raai opgemeten. De raai ligt aan de dijkzijde van de gegraven sleuf en vertoont van 3 tot 14 meter weerstanden variërend van 6 tot 8 ohm. Hoge weerstanden tussen 12.5 en 18 ohm komen voor tussen 15 en 23 meter met een maximum op 19 meter. Uit boringen blijkt, dat de hoge waarden worden veroorzaakt door puin en fundamente. Na 23 meter neemt de weerstand snel af.



Figuur 17 Weerstand bij twee meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 0,6$ tot $x,y = 30,6$

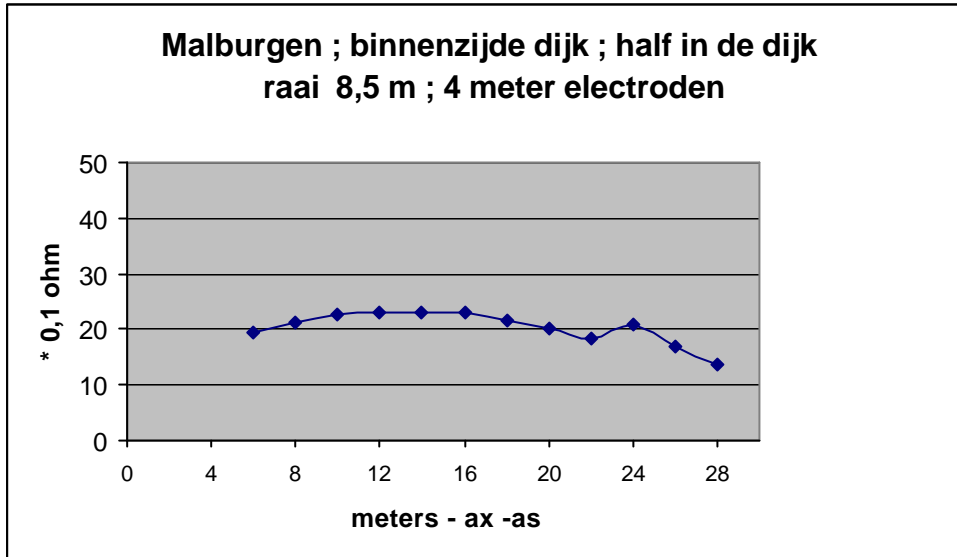
De raai langs de teen van de dijk (binnenzijde) is alleen als twee meter raai uitgevoerd in het vooronderzoek en ligt 3,5 meter van de rand van de gegraven sleuf. Tussen 5 en 11 meter treffen we weerstanden aan van ongeveer 8 ohm, vanaf 13 meter net onder de 7,5 ohm met uitzondering van het 19 meter punt. Dat is vergelijkbaar met de 0-raai. Toch lezen we niet meer die hoge waarden van de 0-raai en 2,5-meterraai af. Dit zou er op kunnen wijzen dat hier geen zware fundamenten aanwezig zijn.



Figuur 18 Weerstand bij twee meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 0,8.5$ tot $x,y = 30,8.5$.

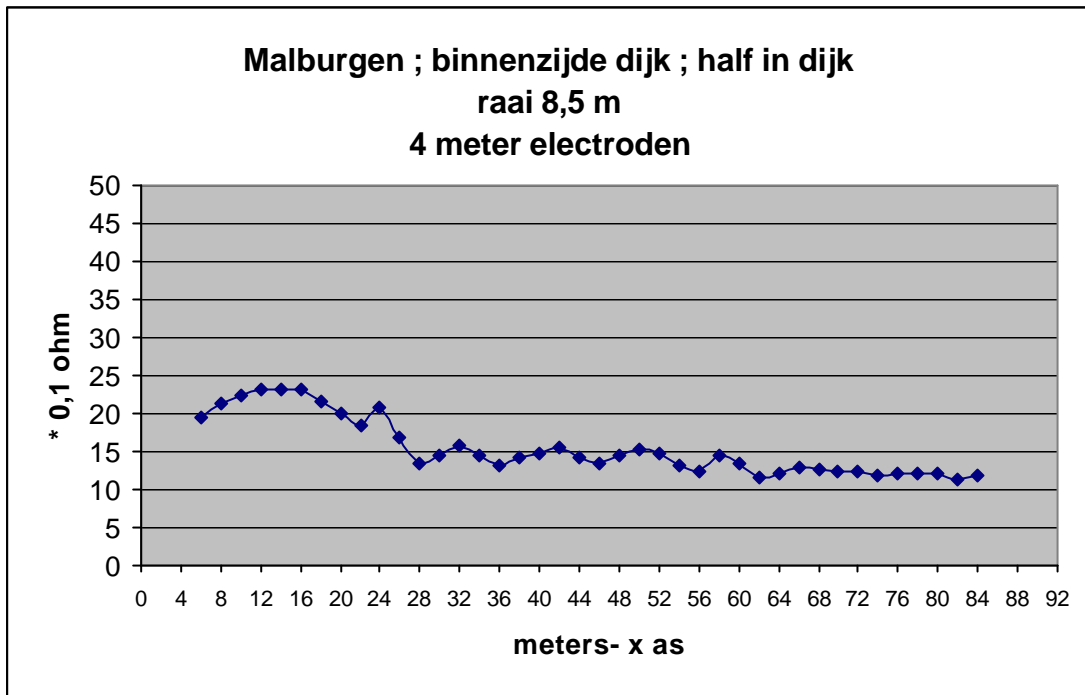
De raai half in de dijk (binnenzijde) is zowel met twee meter als met vier meter elektrodenafstand opgemeten. De twee meter raai vertoont tussen 3 tot 21 meter matige weerstanden variërend tussen 5 en 7,5 ohm. Er komen geen hoge pieken

voor. Naar analogie van de vorige raai onder aan de dijk zijn hier waarschijnlijk geen zware fundamente aanwezig. Het zou echter kunnen zijn dat door de halve dijkhoogte de elektroden afstand van twee meter te kort is om diep gelegen objecten te kunnen waarnemen. Daarom is deze raai ook als vier meter raai uitgevoerd.



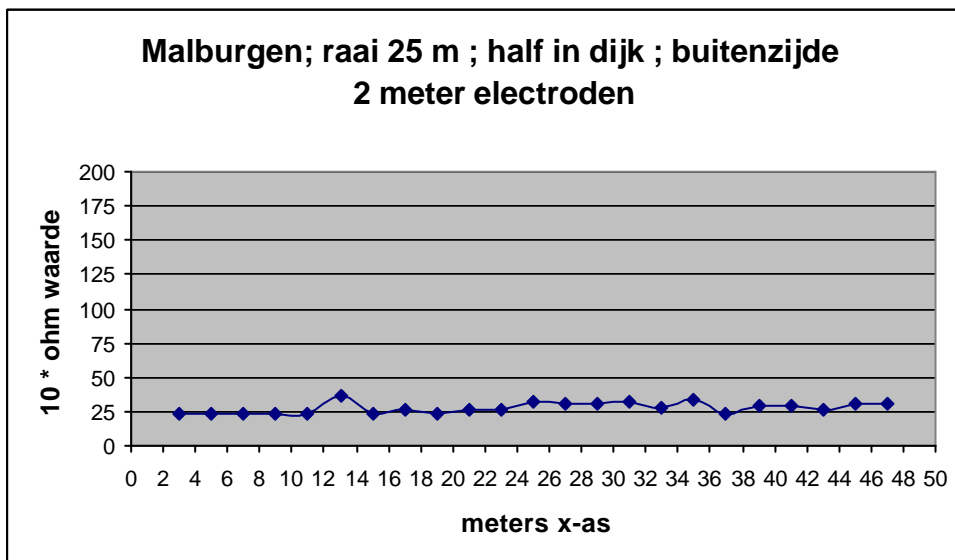
Figuur 19 Weerstand bij vier meter elektroden afstand van $x,y = 0,8.5$ tot $30,8.5$ (detail van langere raai).

De weerstanden zijn van 8 tot 20 meter vrij constant en laag (2,25 ohm) vergeleken met die bij de 19 meter van de 0-raai. Na 24 meter neemt de weerstand af. Dat duidt erop dat hier waarschijnlijk nog wel puin aanwezig is maar geen zware fundamente zoals in de 0-raai, de 2,5m – raai.



Figuur 20 Weerstand bij vier meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 0,8.5$ tot $x,y = 90,8.5$. (hele raai)

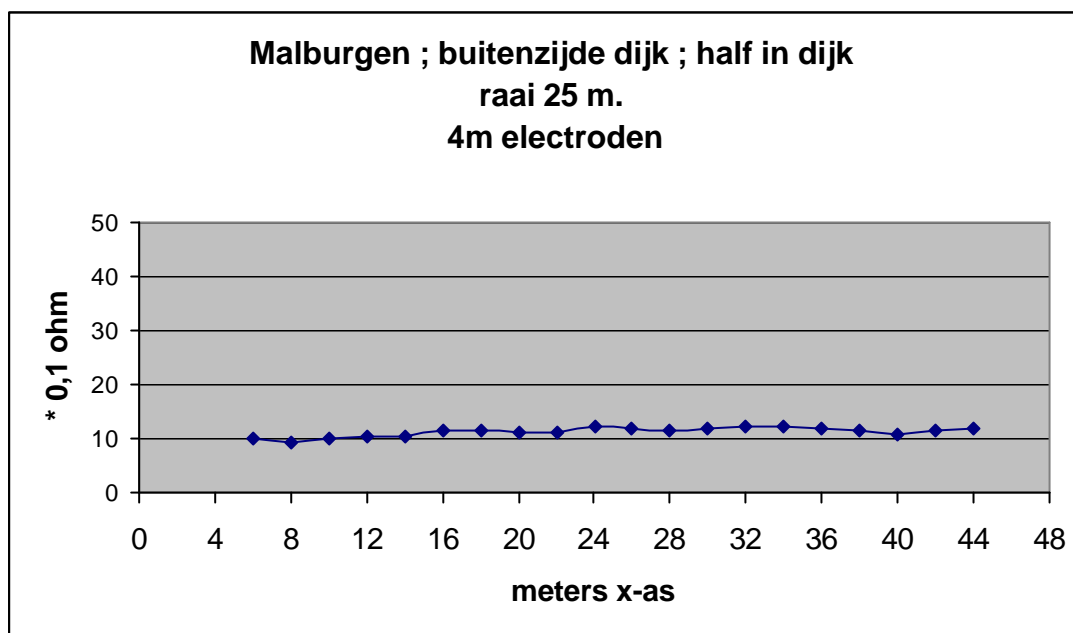
De raai aan de binnenzijde van de dijk is half in de dijk over een lengte van 84 meter gemeten. Vanaf 28 meter tot 84 komen slechts zeer lage weerstanden voor die als een achtergrondwaarde kunnen worden beschouwd.



Figuur 21 Weerstand bij twee meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 0,25$ tot $x,y = 50,25$.

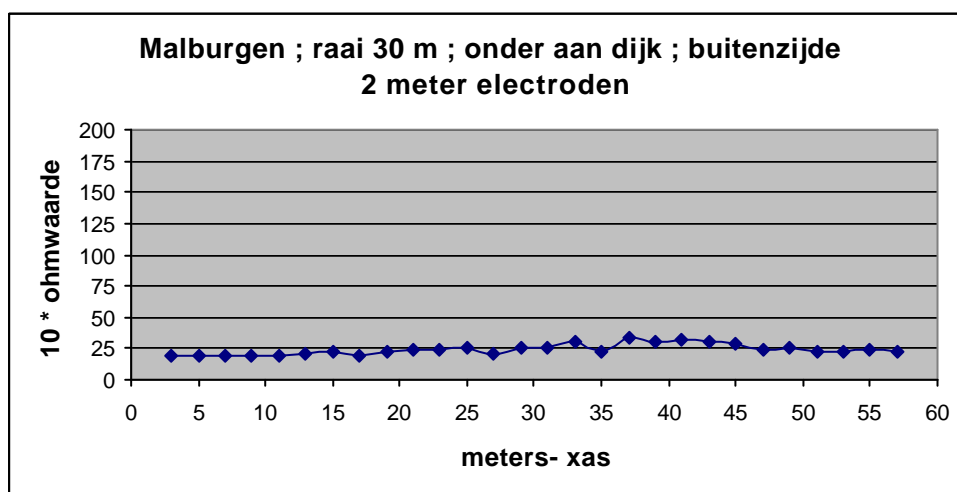
De raai half in de dijk aan de buitenzijde vertoont constant lage weerstanden van ongeveer 2,5 ohm. Alleen bij 13 meter treedt een kleine verstoring op. De verstoring is blijkens een boring veroorzaakt door een grindbankje tussen 35 en 60 cm – mv.

Op circa 34 meter troffen we van 220 tot 240 cm – mv. een laag baksteenpuin aan. De raai ook als vier meter raai opgemeten.



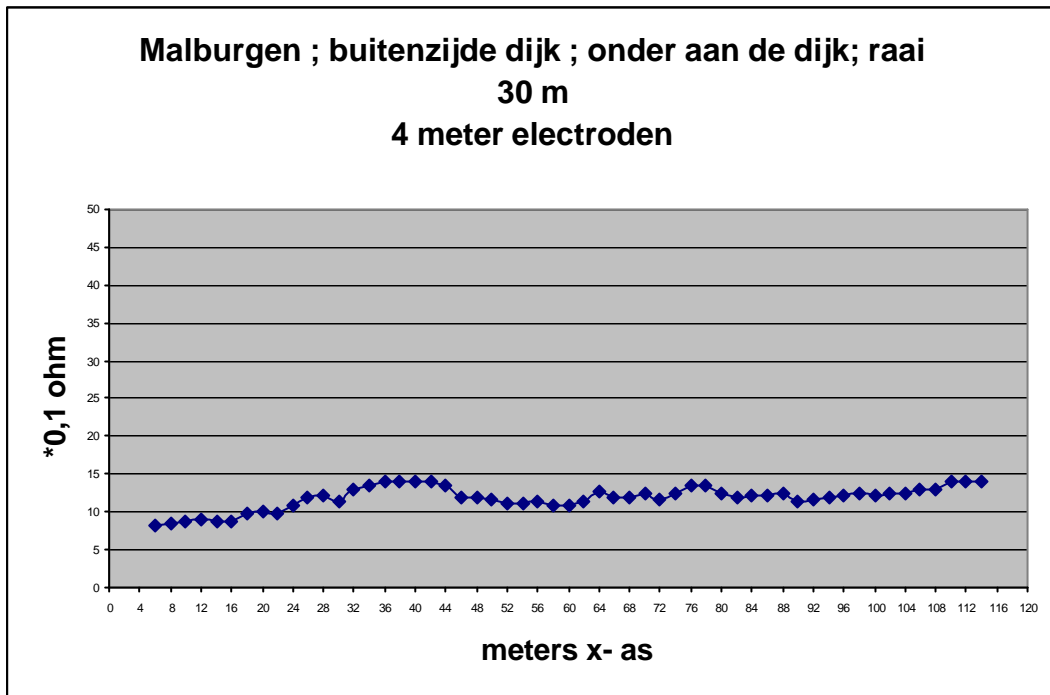
Figuur 22: Weerstanden bij vier meter elektrodenafstand langs de raai van x,y = 0,25 tot 50,25.

De vier meter raai is over een lengte van 50 meter opgemeten. De weerstanden zijn over het hele tracé laag namelijk rond 1 ohm. Dat is vergelijkbaar met de achtergrondwaarde in de 8,5-meterraai half in de binnenzijde van de dijk.



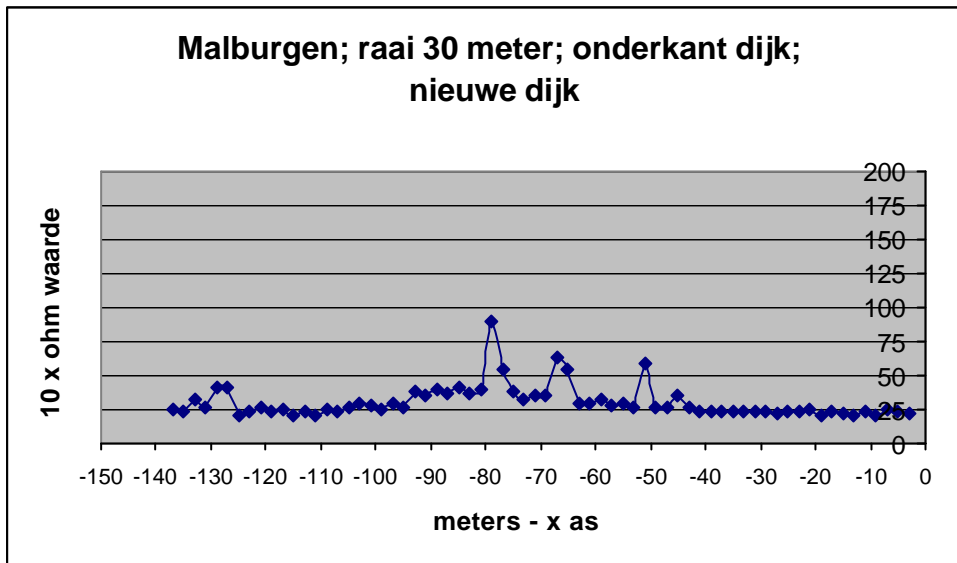
Figuur 23 Weerstand bij twee meter elektroden afstand langs raai van x,y = 0,30 tot x,y = 60,30.

De raai onder aan de teen van de dijk (buitenzijde) vertoont nauwelijks enige variatie in weerstand. Bovendien is die weerstand over de hele lijn laag. Er is een licht opgaande lijn van 3 tot 45 meter. Daarna neemt de weerstand iets af. Bij 37 meter zit een klein piekje. Uit de boringen die we op 36m en 37m uitvoerden, blijkt op circa 90 cm –mv. een behoorlijke puinlaag voor te komen.



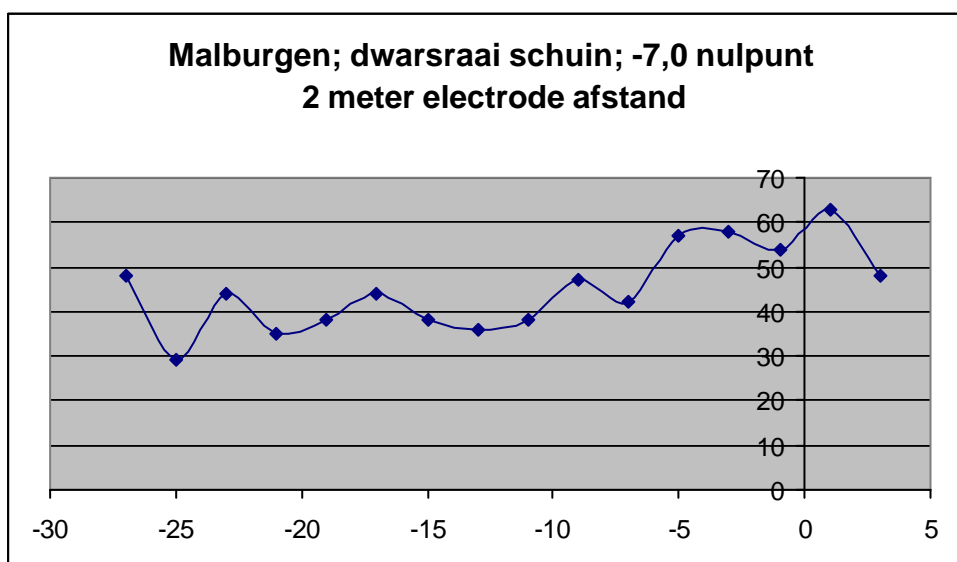
Figuur 24 Weerstand bij vier meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 0,30$ tot $x,y = 120,30$.

De weerstand in de vier meter raai vertoont meer variatie dan in de twee meterraai langs dezelfde lijn. Van 6 meter tot 44 meter is er een lichte stijging van ongeveer 0,75 ohm naar 1,4 ohm en neemt daarna snel af naar ongeveer 1 ohm bij 46 meter en blijft op dat niveau tot 62 meter. Van 62 tot 116 is de weerstand vrijwel constant. Uit de boringen blijkt dat er alleen op 64m nog wat puin in de ondergrond op 80 cm en op 200 cm – mv. voorkomt. Op 114m blijkt een grindbankje op 80 cm – mv. aanwezig te zijn.



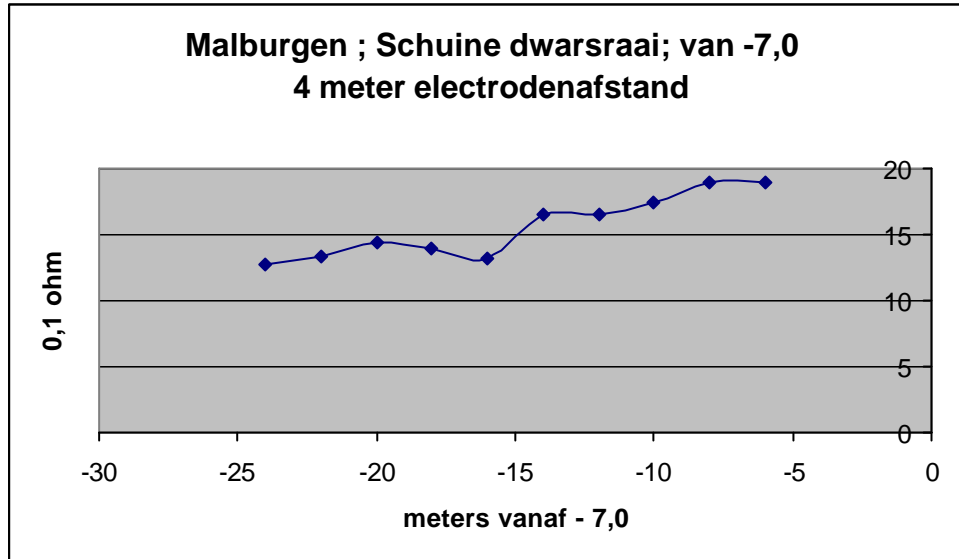
Figuur 25 Weerstand bij twee meter elektroden afstand langs raai van $x,y = 0,30$ tot $x,y = -150,30$

De 30 meter raai aan de teen van de nieuwe dijk, waarbij de bocht van de oude dijk is afgesneden, hebben we alleen met twee meter elektroden afstand gemeten over een lengte van 150 meter. Over de hele lengte is de weerstand zeer laag (rond 1 ohm) met uitzondering van enkele, scherpe pieken bij -45 meter, -51 meter, -66 meter en -79 meter. Ze liggen onderling 16 en 12 meter van elkaar, gemiddeld 14 meter. Aanvankelijk dachten we aan oude kribben of andere constructies in de oude uiterwaard. Boringen hebben uitgewezen dat we te maken met een smal zandpakket in de bovengrond op -51m en -79m. Het pakket is ongeveer een meter dik. Op -66m wordt de piek in de grafiek waarschijnlijk veroorzaakt door een zandpakket dat op 3m - mv. begint.



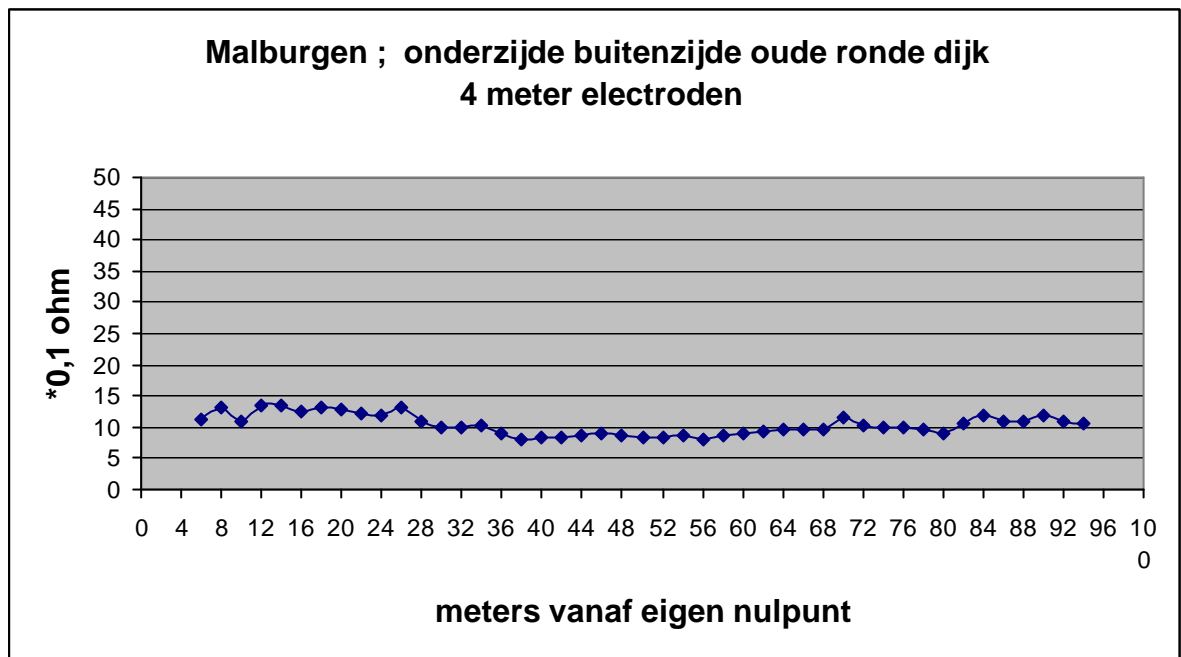
Figuur 26 Weerstand bij twee meter elektroden afstand langs raai van $x,y = -5,2$ tot $x,y = -26,-19$

De schuine raai van sleuf -7,0 tot aan het hek langs de oude dijk vertoont tamelijk hoge weerstanden bij +5 tot -1 meter. Bij -3m is het weer minder dan bij -1 meter. De weerstand neemt geleidelijk af en beginnen schommelen. Dit zou kunnen duiden op puin van de oprit van de dijk.



Figuur 27 Weerstand bij vier meter elektroden afstand langs raai van $x,y = -11,4$ tot $x,y = -24,-17$.

De weerstand in de vier meter raai daalt gestaag van ongeveer 2 ohm bij 6 meter van -7,0m naar 1,25 ohm bij het hek van de oprit naar de oude ronde dijk. De hoge weerstanden aan het begin komen overeen met het begin van de 0-raai, die begon met waarden van 2,25 ohm.



Figuur 28 Weerstand bij vier meter elektroden afstand langs de raai onder aan de buitenzijde van de oude ronde dijk.

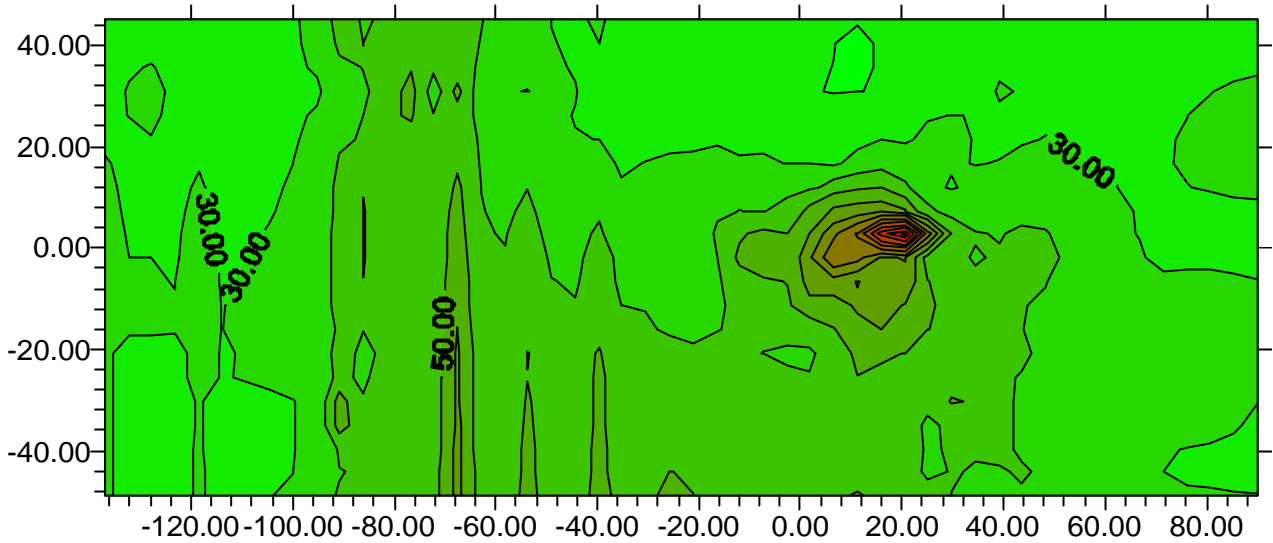
De raai langs de buitenzijde van de oude, ronde dijk vertoont over de hele lijn lage weerstanden zonder opvallende verhogingen, zoals we die kennen uit de 0m-raai en de 2,5m-raai. Alleen langs de oprit zijn de weerstanden ongeveer 1,25 ohm. Hier zijn vrijwel zeker geen verstoringen door puin aanwezig.

6.2 Beschrijving van de kaartbeelden

Met behulp van het GIS-programma SURFER6 is het mogelijk om de weerstandswaarden tussen de raaien per meter in te schatten, zodat daar weer tweedimensionale kaartbeelden van gemaakt kunnen worden. Bij het produceren van de kaartbeelden zijn de x, y coördinaten van de schuine raai gecorrigeerd.

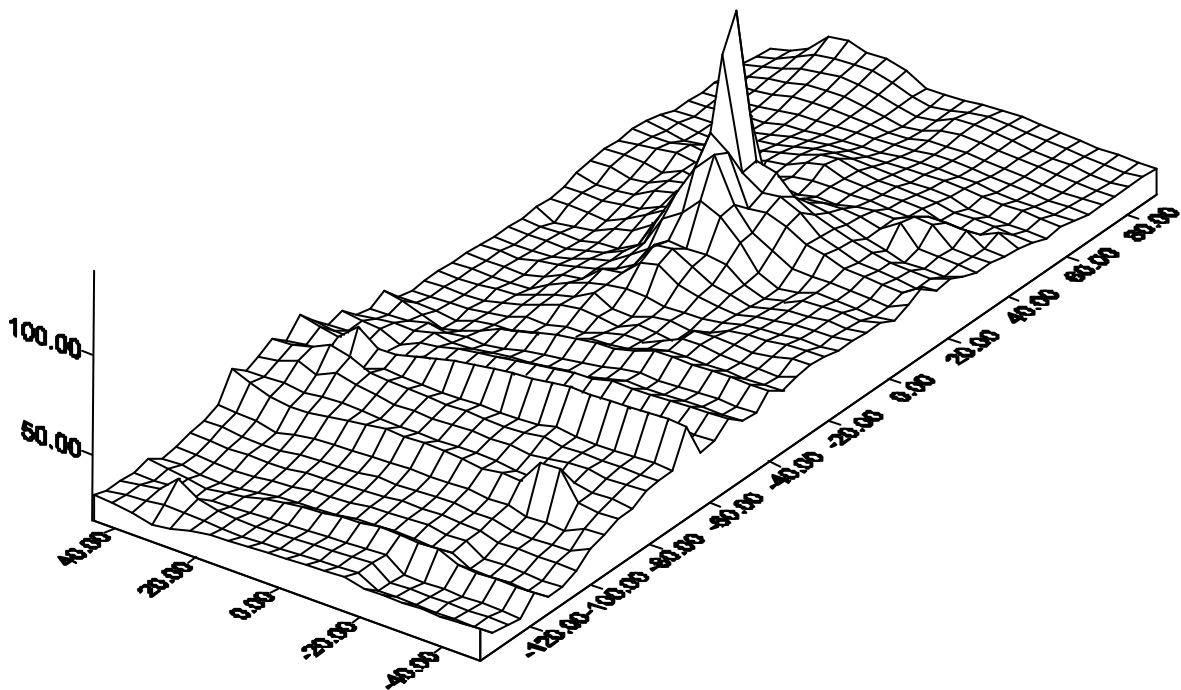
Kaartbeeld van de twee meter elektroden afstand

1. Alle weerstanden van de raaien die met twee meter elektrodenafstand zijn gemeten (figuur 8) zijn in de volgende interpolatie betrokken en 2 dimensionaal en 3 dimensionaal weergegeven.



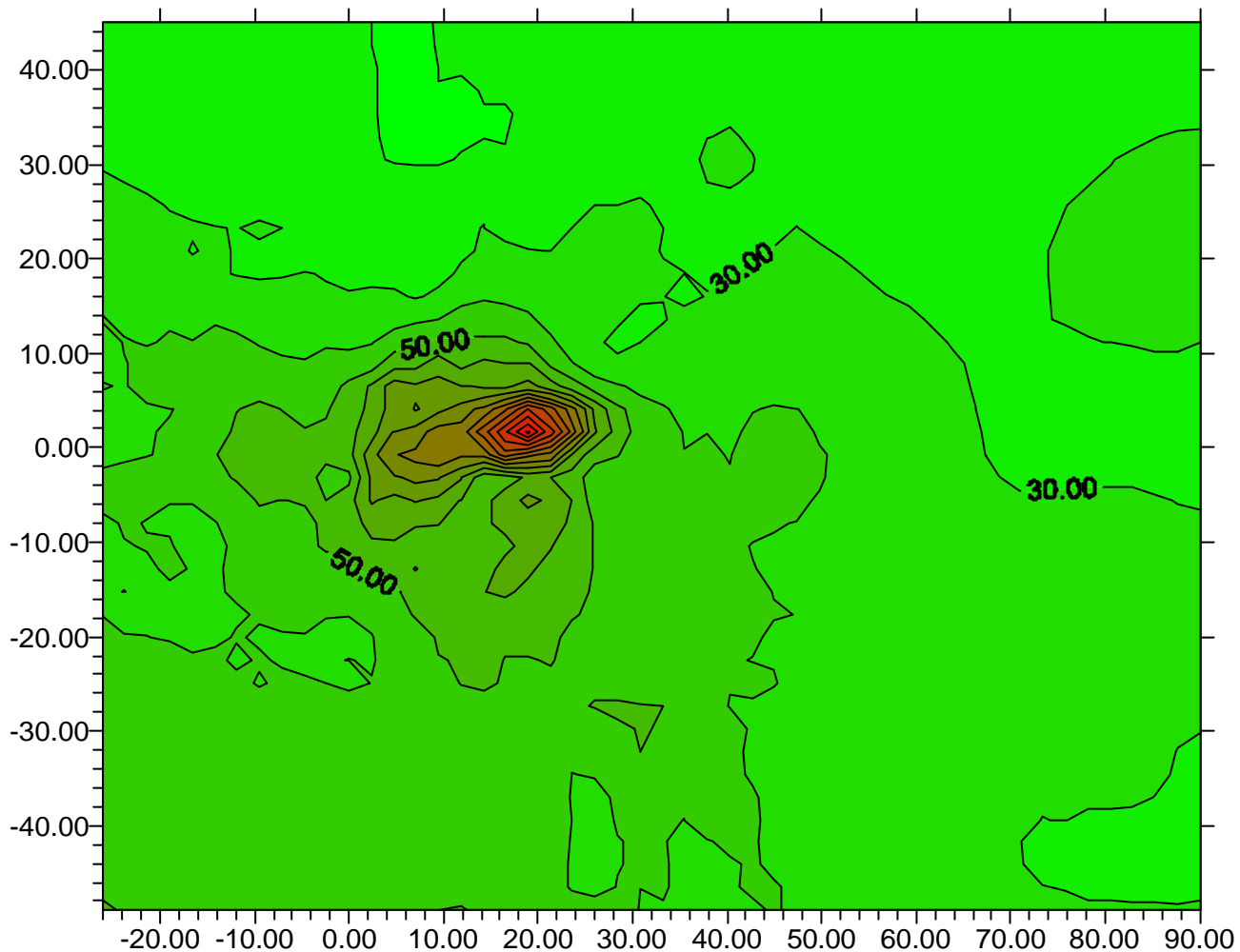
Figuur 29 Contourkaart van alle weerstanden en alle raaien bij twee meter elektroden afstand

We stellen vast dat de hoogste weerstandswaarden beperkt zijn tot een gebied dat zich uitstrekt van $x = -10$ tot 22 meter. Het object eindigt abrupt aan de zijde van de Andrej Sacharov (Pleijbrug). Richting dijk loopt de hoge weerstand door tot ongeveer 10 meter van de 0-lijn. Aan de andere kant neemt de weerstand af richting weiland tussen de dijk en de weg. De piekjes in de nieuwe dijk veroorzaken de strepen haaks op de dijk. Dit is een gevolg van de manier van interpoleren. Het is beter deze negatieve x -raai weg te laten. Dat is in het volgende kaartbeeld gebeurd.

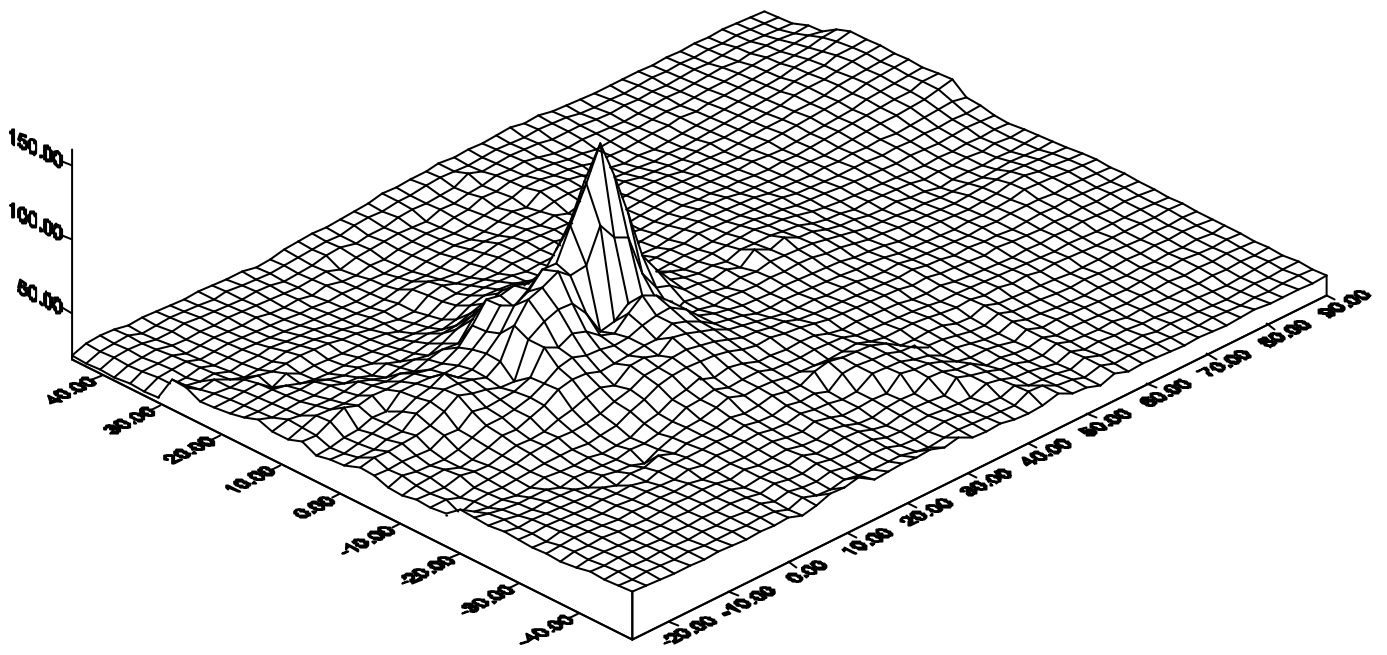


Figuur 30 Driedimensionale presentatie van de contourkaart van figuur 29

2. De gegevens van de weerstanden bij twee meter elektrodenafstand zonder de negatieve waarden van de 30 meter raai onder aan de nieuwe dijk:

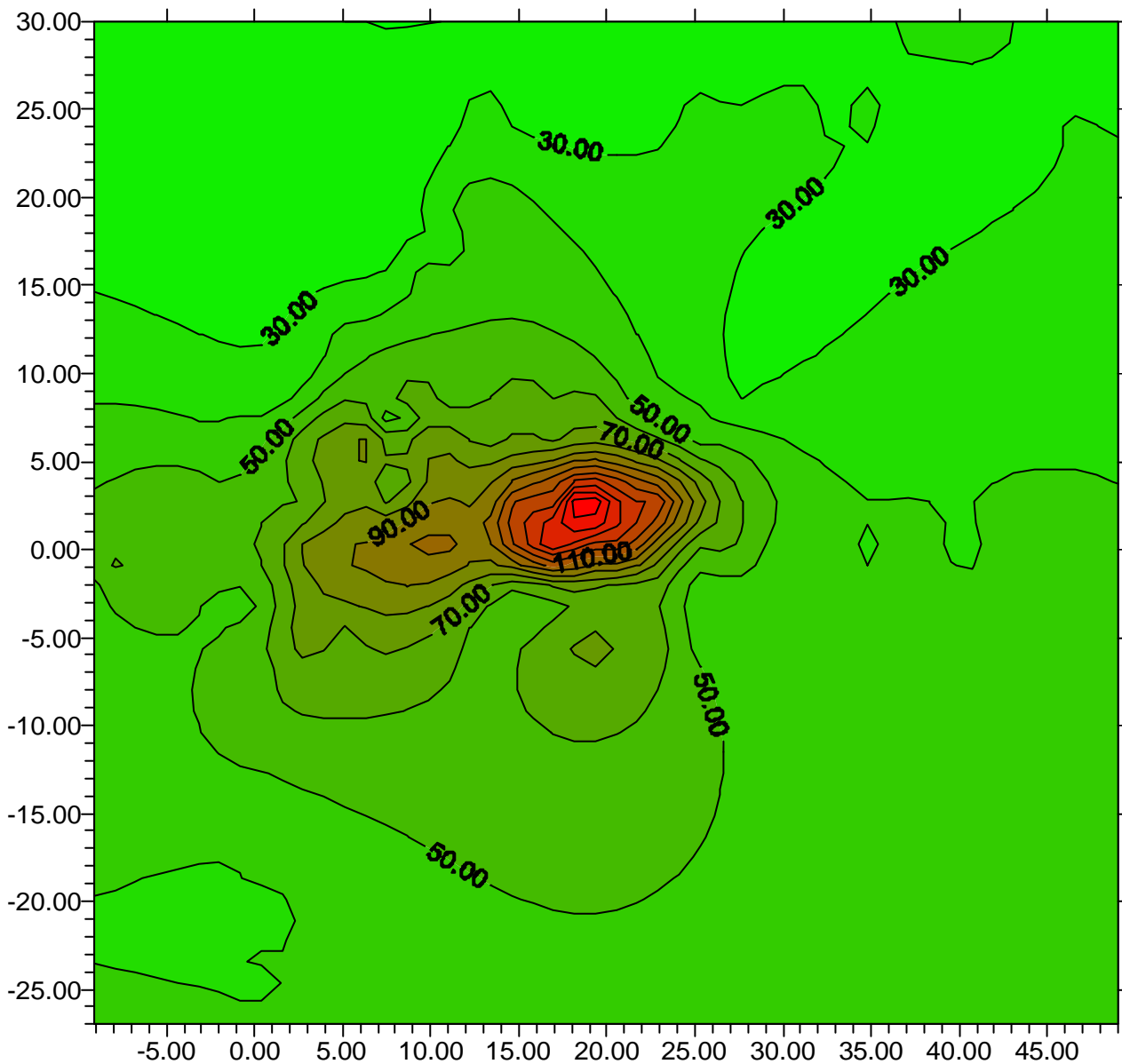


Figuur 31 Contourkaart van de weerstanden bij twee meter elektroden afstand zonder de gegevens van de raai aan de buitenteen van de nieuwe dijk

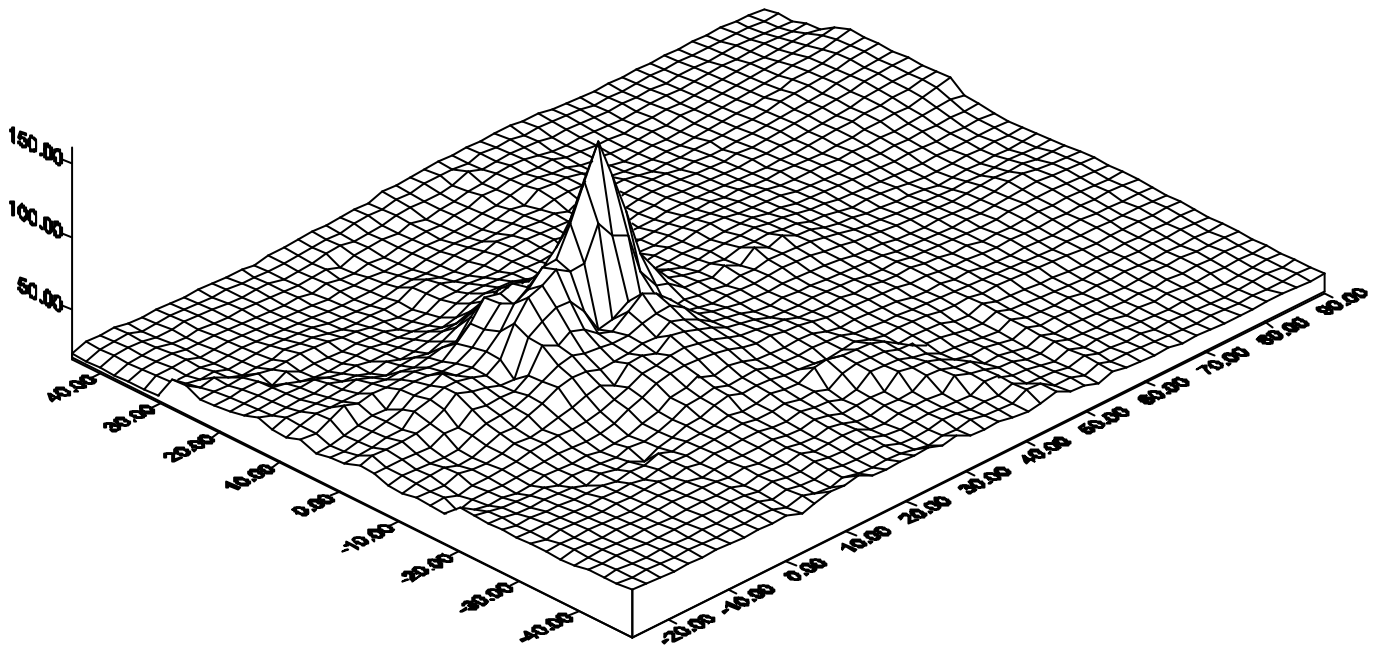


Figuur 32 Driedimensionale presentatie van figuur 31.

Deze kaart laat nogmaals de situatie zien bij de oude dijk in de omgeving van de sleuf en de weilanden tussen de dijk en de weg. We kunnen nog verder inzoomen door ook de gegevens boven 30 meter op de x-as te elimineren. Het resultaat is in de volgende kaartbeelden weergegeven.



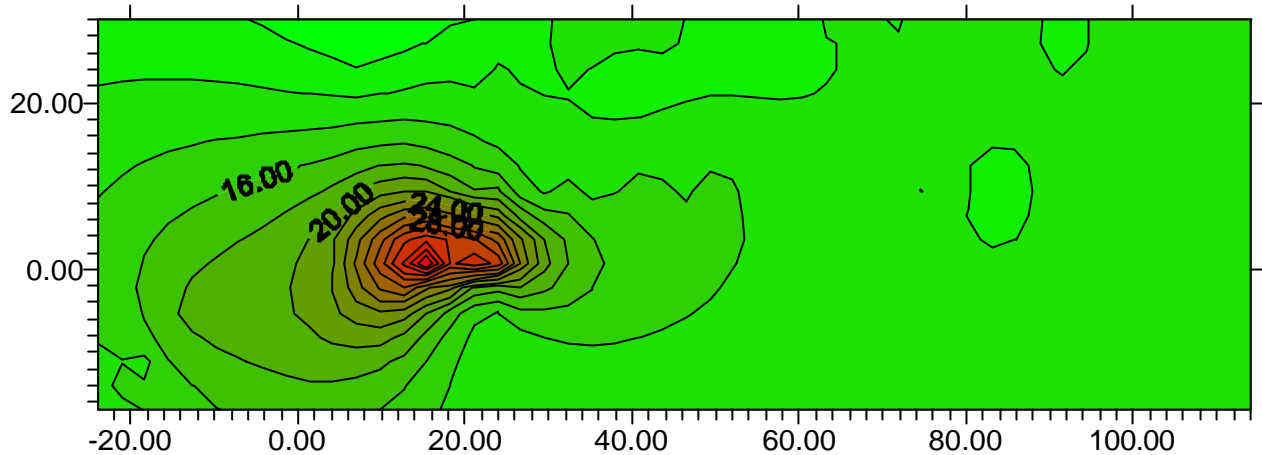
Figuur 33 Contourkaart van de weerstanden bij twee meter elektroden afstand van de raaien in de directe omgeving van de voormalige boerderij de Oude Tol



Figuur 34 Driedimensionale presentatie van figuur 33

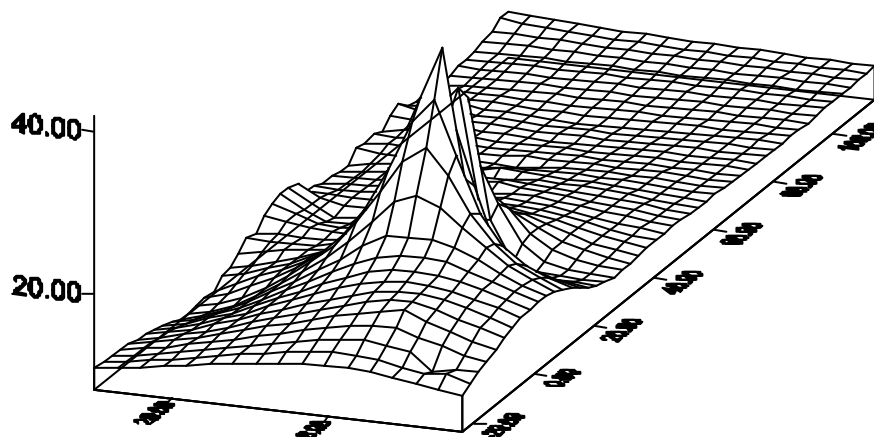
Kaartbeelden Vier meter raaien

1. In het eerste contourkaartje van de weerstanden bij vier meter elektrodenafstand zijn alle gegevens van de raaien uit het schema (figuur 9) gebruikt, behalve die van de raai langs de buitenteen van de oude ronde dijk.



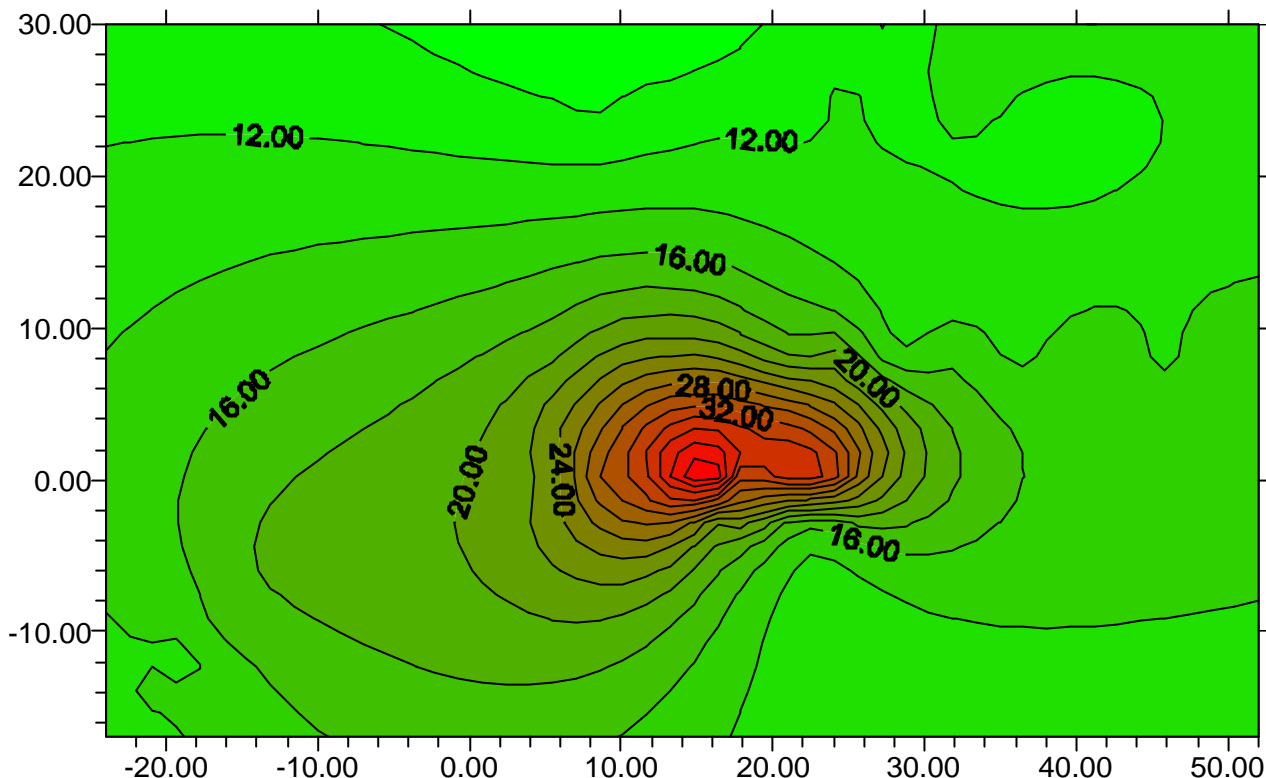
Figuur 35 Contourkaart van de weerstanden bij vier meter elektroden afstand

Opvallend is dat het centrum met de hoogste weerstand twee toppig is. Bij de vier meter opnamen ligt het zwaarste weerstandpunt bij 15 meter en een minder zware top bij 20 en 21 meter. Bij de twee meter raaien is dat andersom. Daar is slechts sprake van een top bij 20 meter en een lichtere plek bij 10 meter. Na 30 meter is nauwelijks nog noemenswaardige weerstand aan te tonen. Hier hoeft geen puin of fundamenteën verwacht te worden. Hieronder is het kaartbeeld 3 dimensionaal weergegeven. Langs de rand bij $y = 30$ meter zien we een lichte verhoging optreden. Dit komt overeen met de hogere weerstand bij $x = 37$ meter, waar bij een boring ook puin in de buiten teen van de dijk werd aangetroffen.



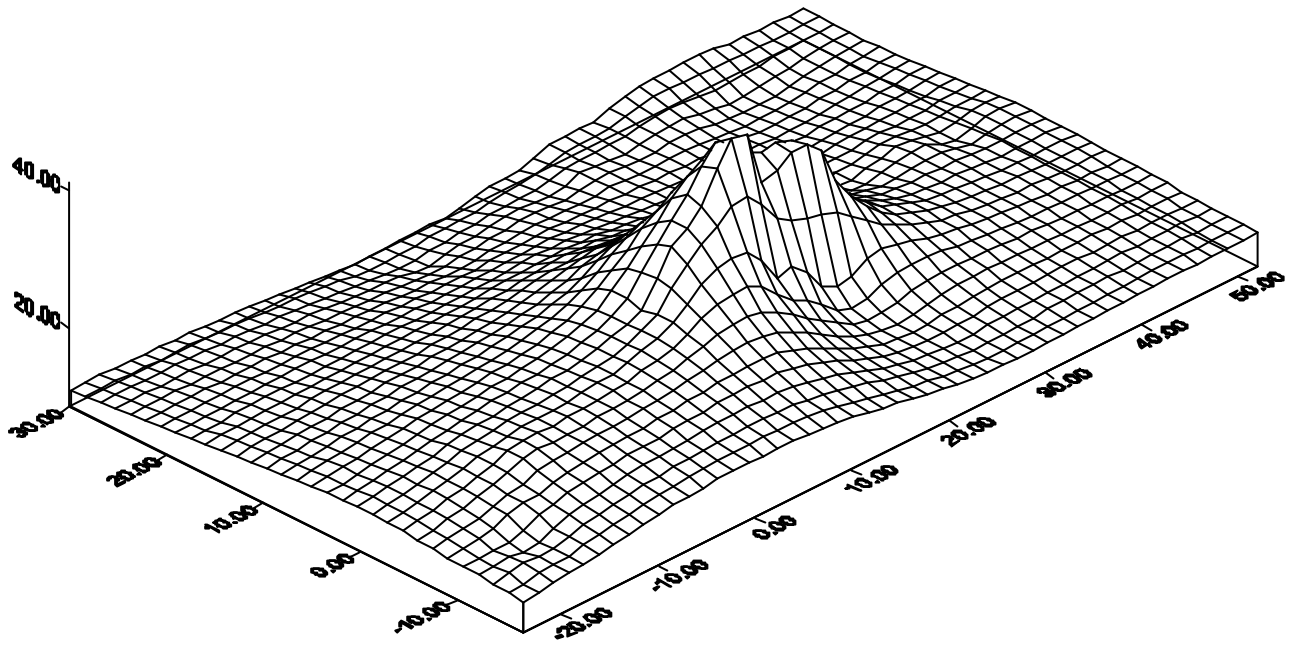
Figuur 36 Driedimensionale presentatie van figuur 35

Na eliminatie van de waarnemingen boven $x = 30$ meter ontstaat het volgende detail van het centrum met hoge weerstanden bij vier meter elektrodenafstand.



Figuur 37: Contourkaart van de weerstanden bij vier meter elektrodenafstand in de directe omgeving van de voormalige boerderij "de Oude Tol".

Door het elimineren van de waarnemingen boven $x = 30$ meter treden kleine verschuivingen op ten opzichte van het kaartbeeld waarin alle waarnemingen van de vier meter raaien zijn betrokken. De hoge weerstanden strekken zich uit van $x = 5$ meter tot $x = 28$ meter met een top bij $x = 16$ meter als we 2,4 ohm (contour = 24) als grens hanteren. Langs de y - as strekt de hoge weerstand zich uit van $y = 8$ meter tot $y = -4$ meter als we 2,4 ohm als grens hanteren. De contourlijnen rechtsonder liggen heel dicht bij elkaar. Dat moet geïnterpreteerd worden als een muur, waarachter weinig puin te vinden is. In het linker deel wigt de weerstand geleidelijk uit. Waarschijnlijk zijn daar geen muren te vinden, maar puin van braakresten. Dit driedimensionale kaartbeeld geeft een nog beter inzicht in de weerstand verdeling over de ruimte ter plekke van de gegraven sleuf.



Figuur 38 Driedimensionale presentatie van figuur 37

7 Het booronderzoek

We hebben tijdens het geo-elektrisch onderzoek 15 boringen verricht om de metingen te toetsen, die het meest in het oog sprongen. De diepte van de boringen varieert van 100 cm tot 420 cm. 10 boringen hebben we in het buitentalud of in de teen van de dijk verricht; 5 boringen in het weiland van J. Zinus vanaf de dijk tot aan de 'wasstraat'. De boorgaten hebben we later met bentoniet opgevuld. De overige metingen in het binnendijkse gebied zijn getoetst aan de boringen, die we al vóór dit onderzoek hebben verricht. Deze boringen zullen worden opgenomen in rapport 405: In de ban van de Betuwse dijken. Deel 5 Malburgen/Bakenhof.

Boring 1 op 36 meter in de teen buitendijks richting Pleijbrug

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen	
0	20	1AC	2	23	3	donkergrijsbruin	
20	40	2Cg		7	200	3	lichtbruin, heterogeen
40	90	3Cg		28	3	3	grijsbruin, heterogeen
90	125	4Cg1	puin in donkergruize klei				
125	160	4Cg2	baksteen, klei en puin				
160	240	4Cg3	klei met grof zand, grind, iets puin				
240	300	5Cr		20	3	blauwgrijs, aflopend, gelaagd (bedding)	

Boring 2 op 37 meter in de teen buitendijks richting Pleijbrug

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen	
0	20	1AC	2	23	3	donkergrijsbruin	
20	40	2Cg		5	230	3	lichtbruin, heterogeen
40	85	3Cg		28	3	3	grijsbruin, heterogeen
90	100	4Cg1	puin in donkergruize klei, waarna baksteen				

Boring 3 op 64 meter in de teen buitendijks richting Pleijbrug

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen	
0	30	1AC	2	22	3	donkergrijs	
30	70	1Ab	2	22	3	donkergrijs, oude bewoning?	
70	220	1Cg		27	3	3	grijsbruin, op 80 cm en 200 cm iets puin

Boring 4 op 84 meter in de teen buitendijks richting Pleijbrug

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen	
0	30	1AC	2	22	3	donkergrijsbruin	
3	6	1Aa		22	3	donkergrijs, heterogeen	
6	200	1Cg		27	3	3	grijsbruin, in situ

Boring 5 op 114 meter in de teen buitendijks richting Pleijbrug

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 25	1AC	2	22		3	donkergrijs
25 80	1Cg1		22		3	bruin, heterogeen
80 105	1Cg2		14	230	3	grijsbruin, grindrijk
105 170	1Cg3		22		3	bruin, in situ
170 220	1Cg4		27		3	grijsbruin, compact

Boring 6 op 13 meter half in het talud buitendijks richting Pleijbrug

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 35	1A+C	2	24		3	donkergrijs
35 60	1Cg1		10	800	3	grijs, grindrijk, heterogeen
60 200	1Cg2		28		3	grijsbruin, heterogeen
200 260	1Cg3		30		3	blauw + bruin, heterogeen
260 400	2Cr	2	21		3	grijsbruin, heterogeen

Boring 7 op 34 meter half in het talud buitendijks richting Pleijbrug

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 100	1A+C	1	13		3	bruin, heterogeen
100 180	1Cg1		27		3	bruin, heterogeen
180 220	1Cg2		30	230	3	grijsbruin, heterogeen
220 240	1Cg		baksteen- en puinlaag			

Boring 8 op 51 meter in de teen buitendijks richting Arnhem

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 20	1AC	2	13		3	donkergrijs
25 100	1Cg1	2	2	170		donkergrijs zand, heterogeen
100 170	1Cg2		32			lichtgrijs, vrij slap, opgebracht
170 185	1Cg3		32	800	3	lichtgrijs, met grind en puin
185 240	1Cg4		30		3	lichtgrijs, vrij slap

Boring 9 op 66 meter in de teen buitendijks richting Arnhem

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 250	1Cg		30		3	lichtgrijs, opgebracht
250 300	1Cg1		32		3	grijsbruin aflopend in situ
300 350	2Cg		4	140	3	lichtgrijs, vrij slap, opgebracht
170 185	1Cg3		32	800	3	lichtgrijs

Boring 10 op 79 meter in de teen buitendijks richting Arnhem

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 80	1AC	2	2	170		donkergrijs zand
80 200	1Cg		30			lichtgrijs, vrij slap, opgebracht

Boringen dwarsprofiel in weiland van J. Zinus raai WW

Boring WW1 tegen afrastering van de dijk

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 20	1Ap	2	16		3	donkergrijsbruin, voet dijk
20 50	1Cg		28		3	bruin
50 100	1ACb	1	15		3	donkergrijs, bs, opgebracht, bewoningsniveau
100 180	2Cg1		22		3	lichtgrijs, gelaagd met zandlenzen (fijn)
180 230	2Cg2		26		3	grijs met slakjes (Gendt 2)
230 260	2Cg3		48		1	grijs (Gendt 1?)
260 300	2Cg4		20	160	3	lgr.br., Gendt 1/0?
300 380	3Cg		5	170	3	l.gr.br.gelaagd (Gendt 0?)

Boring WW2 8 meter westwaarts van boring 1 (gracht?)

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 40	1Ap	3	13		3	donkergrijsbruin, met bs
40 140	1AC		14		3	donkergrijs, gelaagd, fijn bs, natte laag
140 150	2Cg		5	220	3	grijsbruin, puin
150 180	3Cgr		20		3	blauwgrijs, iets roest, slappe bedding/gracht
180 240	3Cr1	0,5	20		3	blauwgrijs
240 350	4Cr2		4	190	3	blauwgrijs, geulzand

Boring WW3 24 meter westwaarts van boring 2 (oude bewoningsgrond)

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 60	1Aap	2	10		3	donkergrijsbruin
60 100	1Cg1	0,5	14		3	grijsbruin, iets fosfaatvlekken
100 220	1Cg2		17		3	grijsbruin, veel fosfaatvlekken
220 270	1Cg3		27		3	grijs, slakjes, roest (Gendt 2)
270 310	1Cg4	0,5	42		1	grijs, fe, Gendt 1?, komklei
310 340	1Cgr		20		2	grijs, fe, (Gendt 1/0?)
340 420	2Cgr		2	180	3	l.br. (Gendt 0?)

Boring WW4 11meter westwaarts van boring 3 (oude bewoningsgrond)

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 80	1Ap	1	10		3	donkergrijsbruin, opgebracht
80 120	1AC		20		3	grijs, fosfaat en houtskool

Boring WW5 9 meter westwaarts van boring 4 (oude bewoningsgrond)

Diepte in cm-mv	horizont	org. stof (%)	lutum (%)	M50	Ca	opmerkingen
0 25	1Ap	2	14		3	donkergrijsbruin, iets bs
25 100	1AC	0,5	20		3	donkergrijs, fosfaatvlekken, houtskool

org. stof = organische stof

lutum = kleigehalte

M50 = mediaan van het zand

Ca = kalkgehalte; 1 = kalkloos, 2 = kalkarm, 3 = kalkrijk

Toelichting

In de A-horizont is de organische stof geheel of vrijwel geheel omgezet. De A-horizont is donkergekleurd. Een kleine letter g (gley) betekent dat er roestvlekken aanwezig zijn en de letter b dat de horizont is begraven (Bakker, de en Schelling ;1989). De C- horizont bestaat uit grind-, zand-, zavel- of klei, waarin geen of weinig bodemvorming heeft plaatsgevonden en heeft meestal een grijze tot bruine kleur. De nummering van de horizonten (cijfer vóór de code) verandert bij elke textuursprong (bv. van grind naar zand of van zand naar klei). Het cijfer achter de code geeft de nummering van een C-laag aan, die weinig in textuur verandert. Bijvoorbeeld: 2Cg3 wil zeggen, dat deze kleilaag (2C), roestvlekken bevat en uit drie lagen bestaat. Baksteen is weergegeven als bs, en houtskool als hk.

8 Conclusies

Het geo-elektrisch onderzoek en het daaropvolgende booronderzoek heeft uitgewezen, dat:

1. bij het kaartbeeld van de metingen met twee meter elektroden afstand zich de grootste concentratie puin c.q. funderingsresten $x = 19$ meter en $Y = 0$ meter bevindt. Dat komt overeen met de aangetroffen muur in de sleuf tijdens het archeologisch onderzoek. Richting Andrej Sacharovbrug (Pleijbrug) neemt de weerstand snel af. Dit duidt erop dat daar geen fundamenteën meer verwacht worden; wellicht iets puin. Richting Arnhem is binnendijks een flinke puinkegel te verwachten tot aan de knik in de oude ronde dijk. Verder zit bij $x = 10$ meter het object. Dat komt overeen met funderingsresten in de kleine put, waarschijnlijk afkomstig van de voormalige boerderij.
2. bij het kaartbeeld van de metingen met vier meter elektroden afstand sprake is van een 'tweetoppig' object, waarbij het zwaarste deel zich aan de Arnhemse kant bevindt bij 16 meter. Het object komt bij 10 meter niet meer voor. Dat duidt erop dat dit kleine object dicht aan de oppervlakte ligt. De combinatie van twee- en vier meter raaien levert het beeld op van een object, dat in de richting van Arnhem dieper zit en zwaarder wordt. Verder loopt het object zeker nog tot 6 meter richting dijk vanaf het nulpunt door en waarschijnlijk verder, gezien de weerstandsmetingen half in de dijk.
3. buitendijks op de x-as onder aan de dijk richting de Pleijbrug op 36 en 37 meter relatief hoge weerstanden zijn gemeten zowel bij twee- als bij vier meter elektroden afstand. Daar bevindt zich inderdaad puin op een diepte van circa 1 m - mv. zoals boringen hebben uitgewezen. Half in de dijk op circa 34 meter richting Andrej Sacharovbrug (Pleijbrug) liep de weerstand ook op. Daar troffen we van 220 tot 240 cm -mv. een laag baksteenpuin aan. Vrijwel zeker strekken de fundering- en puinresten aan de binnendijkse zijde (sleuf en omgeving) zich schuin naar het oosten onder het dijklichaam door uit. We krijgen de indruk, dat het zwaartepunt van de funderingsresten zich binnendijks heeft bevonden. We hebben in ieder geval te maken met de restanten van een object met beperkte omvang.
4. De overige, onderzochte dijkvakken geen puinresten van enige importantie opleverden.

Literatuur

Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. *Systeem voor bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveau's*. Wageningen. PUDOC.

Dijk, C. van en J. Bervaes, 2002 . *Weerstandsmeting in de Kolkenwaard. Verslag AVL-project 0104*. Terra Cognita nr. 11, Archeologische Vereniging Land van Heusden en Altena, Andel.

Overmeeren, R.A. van, 1988. *De bodem geofysisch verkend*, Landinrichting / 28 1 (29 – 36).

