

Voorbeeld Toepassing Geofysica voor onderzoek waterkeringen

Titel

Geofysische onderzoek HWBP-verkenning Waardenburg - Opijnen.

Keywords

Hoogwaterbeschermingsprogramma, Verkenningsfase, Dijkverbetering, piping, WBI

Contactgegevens Indiener

Fugro NL Land B.V. Chris van Isselt

Contactgegevens opdrachtgever

Waterschap Rivierenland

Jasper van Gestel

Beoordeeld door:

WVL Robert Slomp en Jan Jaap Heerema in overleg met POV piping

Aanleiding onderzoek

Waterschap Rivierenland (WSRL) is gestart met de Verkenningsfase van 19,3 km dijkverbetering van het dijktraject Tiel-Waardenburg (TiWa). Het project is onderdeel van het Hoogwater Beschermingsprogramma (HWBP), waarbij in de derde toetsronde ongeveer 12,5 km van de dijk is afgekeurd.

WSRL verwacht dat als gevolg van wijzigingen in de normering en/of technische regelgeving bij de komende toetsronde niet-afgekeurde delen van de dijk alsnog worden afgekeurd. Op beide delen moet (specialistisch) grondonderzoek worden uitgevoerd om de exacte scope van de opgaven voor dijkverbetering te definiëren en de ondergrond gedetailleerd in beeld te brengen. Voor een deel van het traject wordt naast traditioneel grondonderzoek ook geofysisch onderzoek uitgevoerd.

Doel van het onderzoek

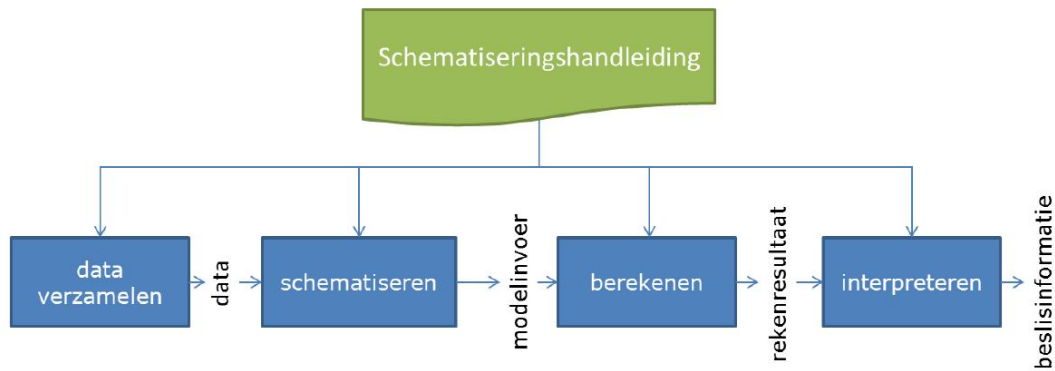
Het doel van het onderzoek was tweeledig:

1. Geofysische metingen dienen zowel horizontaal als verticaal de overgang van Holocene deklaag met Pleistocene zandlaag (en daarmee de dikte van de deklaag) en de aanwezigheid van Holocene zandafzettingen (oeverwallen, geulen, donken, etc.) in te kaderen.
2. Geofysische metingen dienen uitgevoerd te worden als DUALEM-metingen. De nauwkeurigheid van de metingen dient voldoende te zijn opdat verticale laagscheidingen zijn te bepalen met een nauwkeurigheid van 10 cm. De resultaten van het geofysisch onderzoek dienen in de op te stellen geotechnische profielen te worden verwerkt.

De dikte van de deklaag en de aanwezigheid en locatie van zandbanen zijn beiden van belang voor het beoordelen van de dijk op het faalmechanisme piping.

Type voorbeeld

De fasering in het ontwerpen is ongeveer gelijk aan de fasering in de beoordeling (zie figuur 1). De geofysische metingen zijn toegepast in de fase data verzamelen en vervolgens gebruikt om te schematiseren.



Figuur 1 Stappenplan

Het grondonderzoek is onderverdeeld in 2 fases:

- fase 1 betreft voornamelijk veldwerk en (eenvoudige) classificatie van de grond om een overall beeld te krijgen van de ondergrond,
- fase 2 betreft monsternamen en specialistische laboratoriumproeven voor het bepalen van grondparameters.

Voor het veldwerk werd tevens beoordeeld of het geofysisch onderzoek mogelijk verstoord wordt door de aanwezigheid van kabels en/of leidingen op basis van KLIC meldingen.

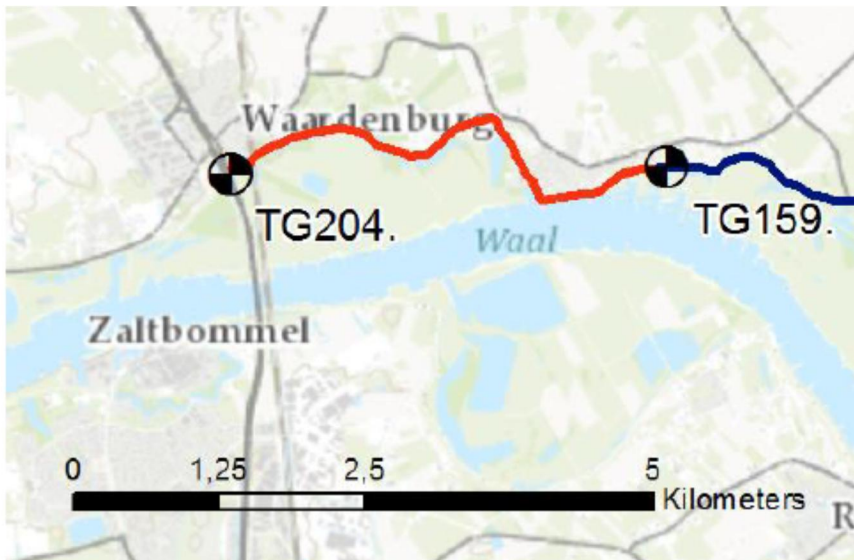
De beoordeling wordt opgedeeld in drie fasen, namelijk de eenvoudige toets, de gedetailleerde toets en de toets op maat. De beschreven meting kan worden toegepast in:

- Eenvoudige toets – in de eenvoudige toets is een voorwaarde gedefinieerd of een afsluitende laag aanwezig is voor het ontstaan van piping. Met behulp van de metingen kan tot grofweg - 7m -mv worden beoordeeld of een deklaag aanwezig is.
- Gedetailleerde toets – binnen de gedetailleerde toets wordt de kering beoordeeld met behulp van Ringtoets, daarbij wordt de ondergrond geschematiseerd in het DSoilmodel. Elektromagnetisch (EM) onderzoek kan bijdragen door de ondergrond beter te schematiseren en door de locatie van mogelijke zandbanen nauwkeuriger te schematiseren. Specifiek is de dikte van de deklaag een belangrijke parameter in de beoordeling, omdat het de weerstand tegen opbarsten betreft. Deze parameter is direct uit de metingen af te lezen.
- Toets op maat – binnen de toets kan de vlakdekkende informatie worden gebruikt om op basis van bijvoorbeeld de aanwezige deklaag in combinatie met het volume gewicht (uit boringen/ sonderingen) een conclusie te trekken over de waarschijnlijkheid van piping.

Casebeschrijving

Onderzoeksopzet

De projectlocatie voor het geofysische onderzoek is te zien in de figuren 1, 2 en 3.



Figuur 2: dijkvak Waardenburg-Opijnen tussen dijkpaal TG204 en dijkpaal TG159 langs de rivier de Waal.

De te meten gebieden zijn hieronder globaal aangegeven.



Figuur 3: Onderzoek locatie Waardenburg



Figuur 4: Onderzoek locatie Neerijnen

Het onderzoek betreft het volgende:

- Het uitvoeren van sonderingen en boringen;
- Het plaatsen en monitoren van peilbuizen, waterspanningsmeters en dataloggers;
- Het uitvoeren van een laboratoriumonderzoek voor o.a. de classificatie van grond;

- Het uitvoeren van een geofysisch onderzoek.

Resultaten

M.b.v. de EM-metingen is tot ca. 6 m – mv de elektrische geleidbaarheid van de bodem gemeten, welke met behulp van boor- en sondeergegevens kan worden omgezet naar de bodemopbouw. Uit deze gegevens is de dikte van de deklaag bepaald.

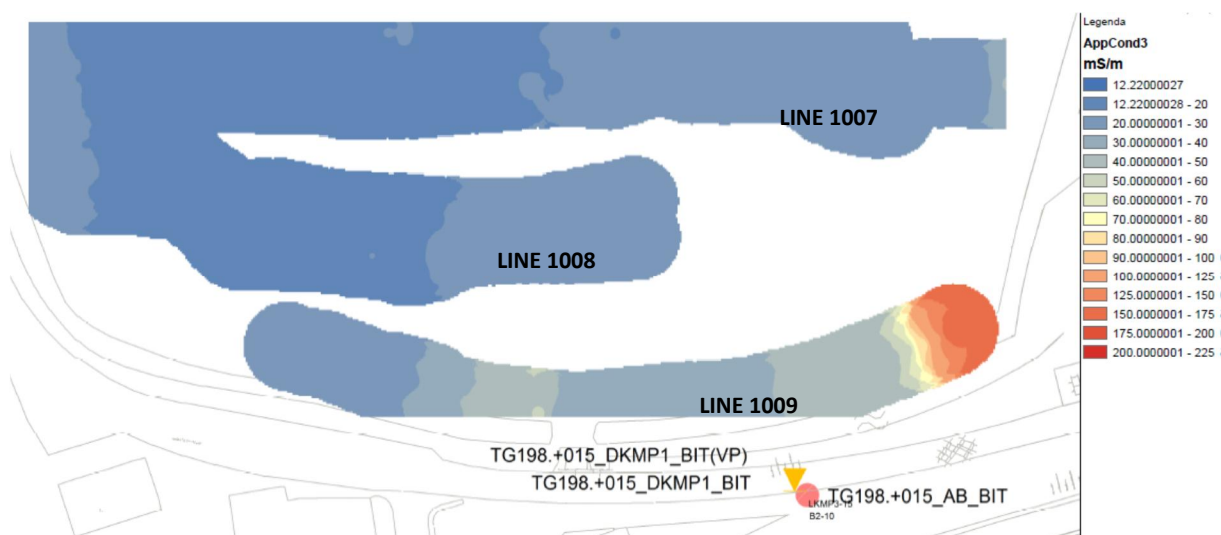
Omdat er weinig ruimte langs de dijk was zijn tijdens de uitvoering van het elektromagnetische onderzoek de meetlijnen parallel aan de dijk gemeten. In totaal zijn er 1456 datapunten gemeten met een onderlinge afstand van ongeveer 2.50m.

Waar mogelijk zijn er steeds 2 lijnen parallel aan elkaar gemeten op de onderzoeklocaties. Tussen de twee lijnen wordt de data geïnterpoleerd om een betere dekking te krijgen.

De metingen zijn op loopsnelheid uitgevoerd met de CMD Explorer van GF-instruments gekoppeld aan een quad. De RD-coördinaten en NAP-hoogtes zijn ingemeten met behulp van een RTK GPS. Aan de hand van de GPS-data zijn er hoogtekaarten gegenereerd van de gemeten profielen.

Om de beeldvorming van de resultaten van het elektromagnetische onderzoek beter inzichtelijk te maken, zijn de resultaten per gemeten profiel gepresenteerd.

Figuur 4 laat een voorbeeld zien van een contourbeeld van EM-data van line1007, line 1008 en line1009 gemeten ten noorden van Gasthuisstraat te Waardenburg. Het contourbeeld laat de elektrische geleidbaarheid van de ondergrond zien tot een diepte van circa 6.7 m –MV. Rode kleuren geven hoge waarden van geleidbaarheid aan en de blauwe kleuren geven lage waarden van geleidbaarheid aan. In het algemeen, aanwezigheid van een zandlaag laat op het contourbeeld een relatief lage geleidbaarheid zien. Hoge waarden wijzen op klei, veen en of onder-bovengrondse geleiders.

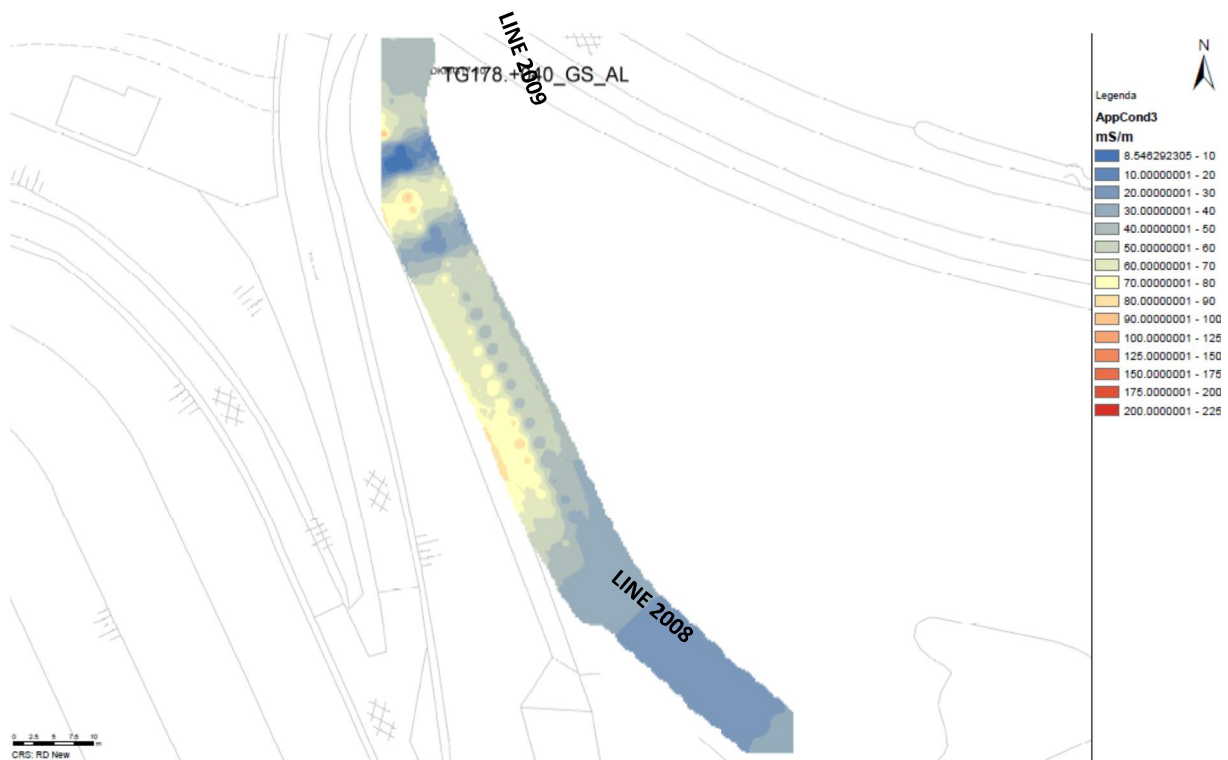


Figuur 5: Voorbeeld contourbeeld EM-data tot een diepte van 6.70 m-MV (line1007+1008+1009).

Figuur 4 laat min of meer lage geleidbaarheid zien tot een diepte van 6.70m –MV. Deze lage geleidbaarheid duidt op een zandige ondergrond. Dit wordt bevestigd door sonderingen “TG198+015_DKMP1_BIT en TG198+035_DKMP1_KR”. De elektromagnetische waarden aan het begin van “LINE 1009” (aangegeven met rood) zijn niet representatief. Uit de KLIC-melding is

gebleken, dat de gemeten hoge geleidbaarheid waarden hier worden veroorzaakt door een kabel en/of een leiding.

Figuur 5 laat in het midden van het beeld hoge geleidbaarheid waarden zien tot een diepte van 6.70m –MV. Dit zou op een dikkere deklaag kunnen duiden. Eveneens is in onderstaande figuur 5 te zien dat er ook gebieden zijn met een lagere geleidbaarheid welke zou duiden op een zandige geulen.



Figuur 6: Voorbeeld contourbeeld EM-data tot een diepte van 6.70 m-MV (line2008+2009)

Om de ruwe geleidbaarheidswaarden om te zetten naar een lagenmodel van de bodemopbouw, is de data geassocieerd aan de hand van de uitgevoerde boringen en sonderingen. Hierbij geldt dat een grotere dichtheid aan boringen en sonderingen in een nauwkeuriger model resulteert.

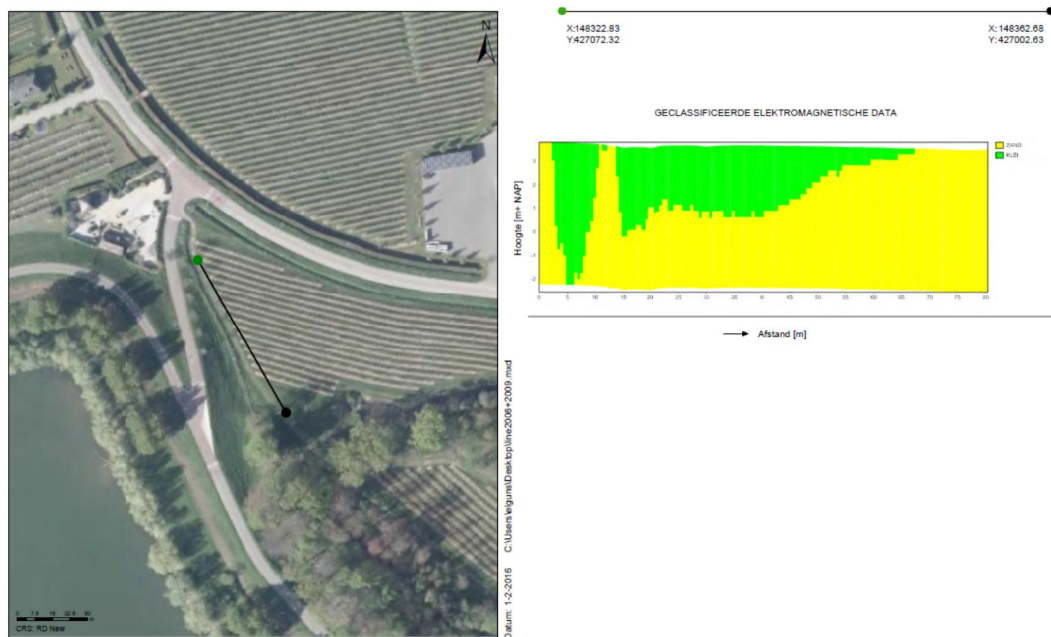
Omdat er veel sondeer- en boorgegevens beschikbaar waren, was het mogelijk de nauwkeurigheid van de bodemopbouw op 25 cm te zetten.

Het geassocieerde model van de bodemopbouw heeft een verticale resolutie van 25 cm en bereikt een maximale diepte van 6 m -MV. Dit betekent dat het model is opgebouwd uit 24 lagen.

Ter verduidelijking zijn er per gemeten gebied een aantal lengteprofielen toegevoegd, zie figuur 6 en figuur 7.



Figuur 7: Voorbeeld lengteprofiel met dikte van deklaag uit de EM data van figuur 4.



Figuur 8: Voorbeeld lengteprofiel met dikte van deklaag uit de EM data van figuur 5.

Beslisproces en uitvoeringsschema

De volgende volgorde van het uitvoeringsschema is gevolgd:

1. Opstellen plan van aanpak;
2. Voorbereiding veldwerk (KLIC, toestemming, brieven, etc.);
3. Fase 1: Geofysisch onderzoek;
4. 1^e data interpretatie, plannen boringen/sonderingen
5. Fase 2: Veldwerk boren/sonderen, lab-onderzoek
6. 2^e data interpretatie
7. Rapportage

Dieptebereik en resolutie

Met de CMD Explorer van GF Instruments is de geleidbaarheid van de ondergrond op drie verschillende dieptes gemeten. De elektromagnetische (EM) data laat per meetpunt de waarden op drie verschillende dieptes zien. De dieptes zijn 2.2 m-MV(short), 4.3 m-MV(middel) en 6.7 m-MV(long).

Benodigde kennis

Voor de interpretatie van de veldmetingen tot de geleidbaarheidsprofielen en de verificatie daarvan vergt specialistische geofysische en geologische kennis. De resultaten van dit onderzoek moeten door de specialisten worden vertaald naar dikte- en verbreidingskaarten, die voor de beheerder van waterkeringen direct bruikbaar zijn. Deze kunnen worden opgenomen in hun databestanden. Voor de opdracht moet de opdrachtgever duidelijk specificeren aan welke eisen en vragen het product dient te voldoen. Het bureau op zijn beurt moet duidelijk aangeven wat de onzekerheden zijn met betrekking tot de grondsoorten, de objecten en de begrenzingen.

Kosten en baten

De kosten van onderzoek met DUALEM hangt af van locatie specifieke omstandigheden. De kosten van het onderzoek voor dit traject bedroegen circa €2200 per kilometer inclusief rapportage en KLIC-meldingen. De baten van het onderzoek zijn alleen kwalitatief uit te drukken. De baten van het onderzoek zijn:

- Met slim gekozen geofysica kunnen we belangrijke verrassingen in de ondergrond uitkarteren of uitsluiten, waardoor we de veiligheidsfactor kunnen vergroten of de dijkverbetering kunnen verkleinen. Hierdoor kan mogelijk ook de schematiseringfactor voor het ontwerp lager worden, wat ook ten goede komt aan het ontwerp
- Het gericht uitzetten van het traditionele grondonderzoek bestaande uit boringen en/of sonderingen.

Het uitvoeren van geofysisch onderzoek leidt mogelijk tot lagere kosten voor grondonderzoek en het leidt in elk geval tot een kwalitatieve verbetering van beoordeling en/of ontwerp. Het is dus heel nuttig om te weten welk soort anomalieën op welke diepte je met welk soort geofysica met welke nauwkeurigheid kunt uitkarteren of uitsluiten.

Dilemma's en gevoeligheidsanalyse

Het onderzoek maakte geen deel uit van het beslisproces.

Verificatie

De metingen van het geleidbaarheidsonderzoek zijn gevalideerd met behulp van traditionele boringen/ sonderingen. Indien deze niet in voldoende mate aanwezig zijn moeten aanvullende boringen/ sonderingen worden uitgevoerd.

Rekenfiles en documentatie

De interpretatiemodellen zijn niet zinvol om hier te beschrijven. De resultaten uit de documentatie zijn in dit document reeds behandeld. Voor meer informatie kunt u contact met ons opnemen.