

Geofysisch bodemonderzoek voor beter toetsing dijkveiligheid

Grondonderzoek langs dijken is efficiënter en goedkoper uit te voeren door eerst met geofysische methoden de variatie in opbouw en samenstelling te onderzoeken. Deze meettechnieken leiden tot een gebiedsdekkend beeld van de heterogeniteit. Dit is belangrijk om de risico's op piping beter in te schatten en zo efficiënter verbetermaatregelen te treffen.

Het Hoogwaterbeschermingsprogramma bevat toetsingsvoorwaarden rondom het faalmechanisme piping. Dit neemt de problematiek inclusief oplossingsrichtingen rondom piping op een landelijk niveau onder de loep. Hierbij is kennis over de bodem en de eigenschappen van de grondlagen het belangrijkste aspect. Betere kennis van de ondergrond kan ervoor zorgen dat onzekerheidsmarges die worden meegenomen in berekeningen kleiner kunnen worden gemaakt. Hierdoor kunnen de maatregelen om piping te voorkomen op termijn ingeperkt worden.

De aanwezigheid van klei in het buitendijks gebied met voldoende dikte in de bodem is van groot belang om piping tegen te gaan. Als er buitendijks klei in de bodem zit met voldoende dikte, dan vergroot dit de kwelweglengte en daardoor ook de veiligheid tegen het optreden van piping. Ook de binnendijkse kleilaag is van belang, omdat deze de weerstand tegen openbarsten bepaalt en de opwaartse kwelstroom afremt. Door het inzetten van geofysische technieken kan de

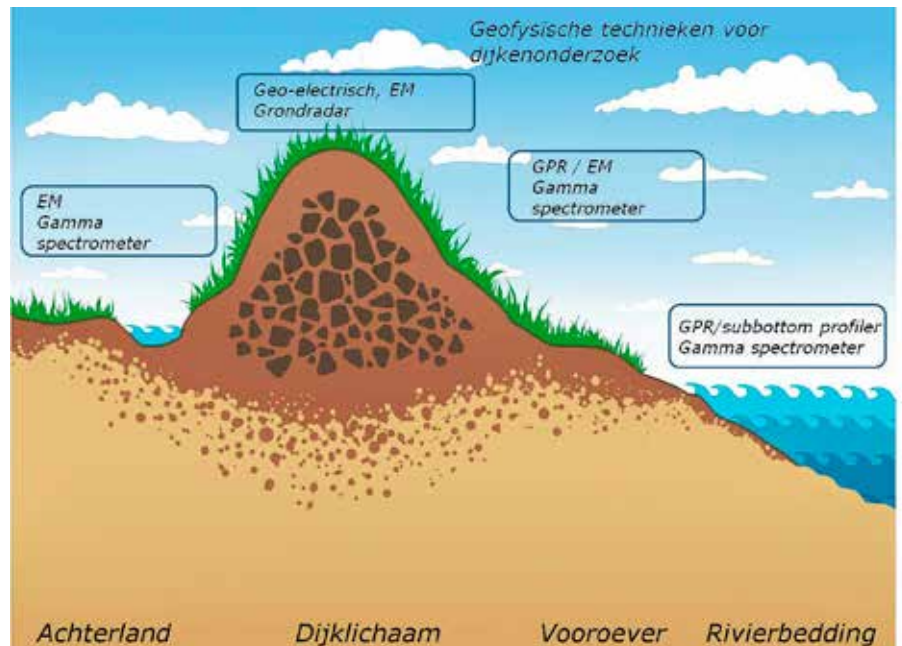
IN 'T KORT - Dijkveiligheid

Geofysische methoden kunnen van belang zijn bij grondonderzoek langs dijken

Efficiënt grondonderzoek is nodig om piping tegen te gaan

Met grondradar, gammaspectrometer of EM wordt de bodem ingemeten

Om misinterpretaties te voorkomen moeten verschillende systemen gebruikt worden



Mogelijkheden van geofysische technieken rond dijkonderzoek.

dikte van de kleilagen gebiedsdekkend worden vastgesteld.

Geofysisch onderzoek

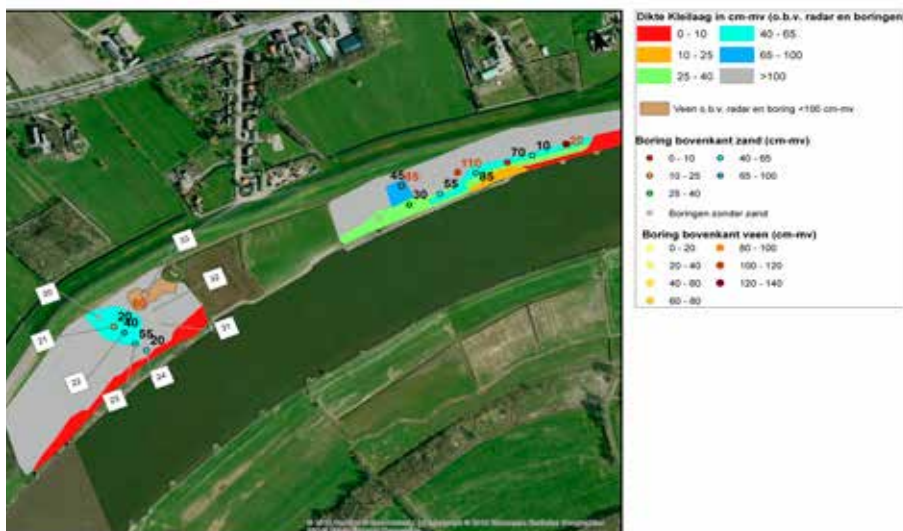
Onderzoek naar de opbouw van de bodem aan de voet van de dijk wordt nu meestal uitgevoerd door boringen of door sonderingen te plaatsen. Deze metingen geven echter alleen informatie op één punt. Dat is prima om grootschalige variatie in beeld te brengen, maar de lokale veranderingen die piping tot gevolg kan hebben, kunnen zo makkelijk worden gemist. Het is daarom van belang om een gebiedsdekkend beeld van de ondergrond te hebben. Om dit beeld te krijgen van de opbouw van de bodem aan de voet van de dijk, kunnen meettechnieken uit de geofysica worden gebruikt om de ruimtelijke heterogeniteit van de kleilaag in beeld te brengen. Een enkele techniek bezit vaak tekortkomingen door bereik, kwaliteit of toepasbaarheid. Door een combinatie van geofysische technieken kunnen beperkingen van een techniek worden aangevuld met informatie van een andere techniek. Aangevuld met enkele boringen of sonderingen kan het geheel worden gevalideerd en compleet worden gemaakt. Met deze technieken zijn verschillende trajecten langs de benedenloop van de IJssel

in kaart gebracht. Zo is de bodemopbouw langs de buitenteen van de IJsseldijk nabij 's-Heerenbroek, tussen Olst en Zwolle, en langs het Zwarte Water tussen Zwolle en Genemuiden ingemeten.

Combinatie

Er is een combinatie van drie verschillende technieken toegepast. Met grondradar, een gammaspectrometer en een EM-systeem is de bodem ingemeten. Grondradar is goed in staat om textuurverschillen en overgangen in de bodem te meten. Een grondradarsysteem bestaat uit een combinatie van een elektromagnetische zender en ontvanger. Bij het meten wordt een hoogfrequente radiopuls door de zendspoel uitgezonden en gereflecteerd op bepaalde lagen of objecten in de bodem, die andere elektromagnetische eigenschappen hebben dan de bodem eromheen. Daarbij geeft grondradar een nauwkeurige dieptebepaling en is uitermate geschikt om verschillende relatief dunne lagen (<20 cm) in de bodem te meten. Het EM-systeem is een sensor die wordt gebruikt om de opbouw van de bodem te meten. Het systeem meet het geleidingsvermogen van de bodem. Het apparaat is uitgerust met meerdere spoelen. Met de eerste spoel wordt

een primair magneetveld gecreëerd dat in de bodem een stroom opwekt. Hiermee kan het geleidingsvermogen op een bepaalde diepte worden gemeten. Bij een grotere afstand tussen de spoelen kan dieper in de bodem worden gemeten. Het elektrisch geleidingsvermogen wordt beïnvloed door geleidende elementen in de bodem zoals de hoeveelheid klei, leem, vocht, zouten en als gevolg daarvan de porositeit van de bodem. Wanneer meer klei, vocht of zouten in een bodem aanwezig zijn, zal het geleidingsvermogen hoger zijn. De Gammaspectrometer is een geofysisch meetsysteem, ontwikkeld voor de bepaling van textuur, korrelgrootte en chemische samenstelling van de toplaag (bovenste 30 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 (40K), uranium (238U) en thorium (232Th). Daarnaast zijn er zeer lage concentraties cesium (137Cs) in de grond aanwezig, uit de fall-out afkomstig van kernproeven en de Tsjernobyl-ramp. Al deze radioactieve stoffen komen in zeer lage concentraties voor in de bodem en vormen qua straling geen gevaar voor de volksgezondheid. De verschillende mineralen en bodemtypen kunnen worden onderscheiden doordat ze verschillen in concentraties 40K, 238U en 232Th. Al deze technieken kunnen worden gekoppeld aan een RTK-GPS (een speciale methode voor nauwkeurige plaatsbepaling) en hebben een



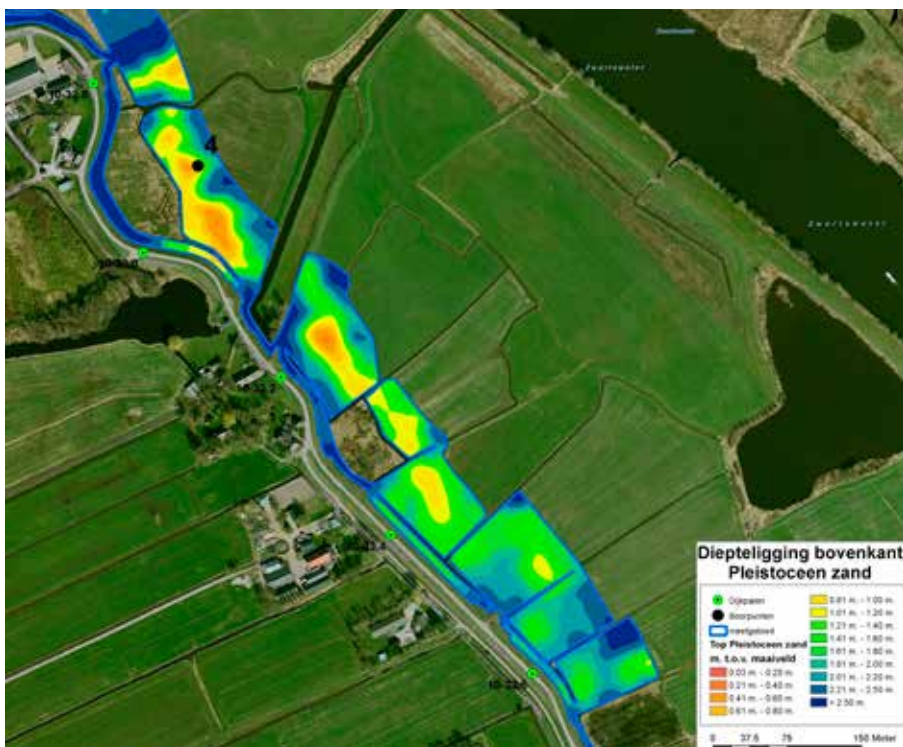
Resultaten van de geofysische metingen in combinatie met de handboringen.

hoge samplingsnelheid, waardoor ze continu loggend rijdend of lopend kunnen worden toegepast, en waarmee grote gebieden snel in kaart kunnen worden gebracht.

Geologie

Om de aanwezigheid van zand in de ondergrond en de samenhang van de zandlichamen langs de IJssel goed te kunnen begrijpen, is basiskennis van de ontwikkeling van het IJsseldal van belang. Tijdens de laatste IJstijd bestond het gebied

van het huidige IJsseldal uit vlechtende en sterk stromende rivieren (Oude Rijnlopen), die veelal grindrijke grove zanden hebben afgezet. Het materiaal dat in de ondergrond is achtergebleven behoort tot de Kreftenheye Formatie. De diepteligging van de bovenkant van deze laatste pleistocene afzetting verloopt van 2 tot 3 m onder het maaiveld rond Deventer tot circa 8 m onder het maaiveld in het IJsseldelta. Uit onderzoek (Cohen, 2002) blijkt dat de Oude Rijnloop tussen Zutphen en Zwolle rond 50.000 jaar geleden werd verlaten. Tot kort na de Romeinse Tijd vond in het gebied alleen lokale afwatering plaats. Ten Noorden van Zutphen bevonden zich relatief hogere dekzandruggen, die een soort van drempel vormden in het IJsseldal. Vanaf circa 550 werd dit gebied tijdens hoogwaterperioden in de Rijn overstromd en werden de ruggen geërodeerd. Hierdoor ontstond een aantakking aan het lager liggende gebied ten Noorden van Deventer, en was het ontstaan van de IJssel een feit. Het vrij meanderen en verleggen van de rivieren werd door bedijkingen vanaf circa 1100 aan banden gelegd. Daarna vond alleen nog actieve erosie en sedimentatie plaats op de uiterwaarden. De uiterwaarden worden in het algemeen gekenmerkt door een zandig kleidek, afgezet tijdens hoogwater, op zandig beddingsedimenten. Op verschillende plaatsen langs de IJssel komen pleistocene afzettingen voor bestaande uit dekzandruggen, afgespoeld zandig materiaal, of lokale beekafzettingen op geringe diepte onder het maaiveld. De dekzandruggen zijn vaak goed herkenbaar op de hoogtekaart. De IJssel heeft een deel van de dekzandruggen geërodeerd, omgewerkt en opgenomen in de beddingafzettingen.



Deel van de resultaten van het geofysisch onderzoek naar de diepteligging bovenkant pleistocene zand.

In de laaggelegen gedeelten, in beekdalen, en in andere laagtes, ontstond mede door een verhoging van de grondwaterspiegel op vrij uitgebreide schaal veen. In een later stadium zijn deze veengebieden overslibd met klei uit de IJssel. Vooral in het gebied ten Westen van Zwolle liggen de rivieren en beken tussen dikke veenpakketten. Door veenafslag en -ontginning zijn langs de randen van de IJssel grote polders ontstaan. Overstromingen tijdens hoogwater hebben op verschillende locaties IJsselklei op het veen afgezet. Vlak naast de beddinggordels kunnen de kleiige IJsselafzettingen enkele meters dik zijn, maar op enige afstand van de IJssel neemt de dikte van het komklei sterk af. Kenmerkend voor het gebied tussen Zwolle en Kampen zijn de meanders en de omwerking van de rivierduinen.

Toepassing Geofysica

Door deze complexe geologische situatie kunnen er onregelmatige en op korte afstand verschillende grotere en kleinere zandlichamen (dekszandruggen, oude geullichamen, verlaten meanderbochten, zandige ondiepe pleistocene lagen) binnen de huidige stroomgordel voorkomen, die afgedekt zijn door dunne of dikkere kleiafzettingen. Als het zandlichaam aan het maaiveld voorkomt of afgedekt wordt door klei met een geringe dikte, kan dit een risico zijn voor het optreden van piping.



Kwel – piping – vormt een probleem. Hier een overzicht van kwelplaatsen van hoogwatergebied (1993) IJssel, linkerover, Wilp, polder de Nijenbeker en Wilpsche klei. (Bron: beeldbank RWS)



Deel van de resultaten van het geofysisch onderzoek naar de dikte van de bovenste kleilaag.

Boringen en sonderingen zijn puntopnames, die weliswaar een duidelijk beeld laten zien op de locatie, maar niet over het verloop van de gelaagdheden tussen de boringen. Hierbij kunnen gebiedsdekkende geofysische metingen een belangrijke rol spelen voor het correct verbinden van de puntgegevens.

Resultaten onderzoek langs de IJssel

In het kader van de POV (Project Overstijgende Verkenning) Piping is in de 'proeftuin Mastenbroek' of Veecaten is een verkennend onderzoek uitgevoerd via een samenwerking tussen Waterschap Groot Salland, Arcadis, Alterra en Medusa Explorations. Het geofysisch onderzoek hier heeft zich vooral toegespitst om te bepalen of de buitendijkse kleidikte dik genoeg is.

Op de afbeelding waarin ook handboringen zijn opgenomen, is een deel van de resultaten in het buitendijks gebied nabij Veecaten te zien. De cirkels geven locaties van de handboringen weer, de gekleurde vlakken zijn de resultaten van de metingen met grondradar en gammaspectrometer. De oeverwal in het voorland aan de zijde van de IJssel is gekarteerd als een kleilaag van 0 tot 10 cm dik.

De grijs gemarkeerde gebieden geven aan dat er een kleilaag aan de top van minimaal 1 m dik is, wat voldoende veilig wordt geacht tegen piping. Ter plaatse van de oeverwal is de kleilaag minder dik.

Behalve het gebied in Veecaten is ook langs de buitenteen van de dijk van de IJssel tussen Olst en Zwolle en langs het Zwarte Water de kleidikte en de diepteligging van het pleistocene zand in kaart gebracht. Op een aantal plaatsen langs het onderzoeksgebied was uit boringen bekend dat het pleistocene zand ondiep voorkomt. Het geofysisch onderzoek laat

een nagenoeg compleet vlakdekkend beeld zien van het verloop van het zand langs de dijk. Op de afbeelding is een gedeelte van het resultaat te zien waar het pleistocene zand ondiep onder het maaiveld ligt, en er een mogelijk risico op piping aanwezig is. Het golvend patroon, en de gedetailleerdheid van de ligging van de bovenkant van het pleistocene zand zou zonder geofysische metingen alleen met zeer intensief traditioneel booronderzoek (vele tientallen boringen) kunnen worden vastgesteld. Ook is een afbeelding gemaakt van de dikte van de bovenste kleilaag. Dit geeft een directer en beter beeld van het verloop van de kleilaagdikte.

Niet-destructief

Het is belangrijk verschillende systemen in te zetten die elkaar aanvullen in techniek en tekortkomingen om een compleet beeld te geven. Bijkomend voordeel is dat geofysisch onderzoek niet-destructief is, en er dus minder gaten in de dijk hoeven te worden geboord. In het IJsseldal zijn op verschillende plaatsen geofysische metingen gekoppeld aan traditioneel grondonderzoek (boringen, sonderingen) voor een vlakdekkend beeld van het verloop van de kleidikte. Hierdoor is er geen onzekerheid meer of de kleilaag ook tussen de boringen in aanwezig is.

Met deze gegevens kan de toetsing van het dijklichaam op risico's voor piping nauwkeuriger en met grotere zekerheid worden uitgevoerd. Een betere inschatting van de risico's op piping zorgt voor efficiënte verbetermaatregelen.

Koos de Vries en Ronald Koomans werken beiden bij Medusa Explorations; Bert Koster werkt bij Waterschap Drents Overijsselse Delta.