



Georadar voor grondwaterverkenning

IR. MARC BALEMANS, NUON WATER, THANS WERKZAAM VOOR KIWA ONDERZOEK EN ADVIES
DR. SIJF MEEKE, NITG-TNO

Georadar is een geofysische techniek die informatie geeft over het ondiepe deel van de ondergrond. Om de toepasbaarheid van georadar voor grondwateronderzoek te vergroten hebben vijf waterleidingbedrijven* en het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO de krachten gebundeld en binnen de stichting OODAM (Ontwikkeling van Ondiepe Data Acquisitie Methoden) tussen 1994 en 1997 het project 'Optimalisatie georadar' uitgevoerd. Het ministerie van Economische Zaken gaf subsidie voor dit project. In 'Optimalisatie georadar' zijn de toepassingen voor geohydrologische verkenning uitgewerkt. Die toepassingen zijn gerelateerd aan de probleemvelden binnen de waterleidingsector. Op basis van de uitgevoerde metingen is een atlas van radarfacies in de Nederlandse ondergrond ontstaan die de interpretatie van nieuwe georadargegevens ondersteunt. Tevens is aangetoond dat met georadar een continu beeld van het volumetrische vochtgehalte bepaald kan worden.

Georadar werkt met elektromagnetische golven (radargolven) die door een zendantenne worden uitgezonden en door een andere ontvangantenne worden ontvangen (zie afbeelding 1). In het OODAM-project worden antennes met frequenties tussen 25 en 200 MHz gebruikt. Op grensvlakken tussen lagen met contrasterende elektrische eigenschappen wordt een deel van de golf gereflecteerd, terwijl de resterende golf haar weg vervolgt en deels weer door een dieper grensvlak wordt gereflecteerd. De golven worden aan het oppervlak door de ontvangantenne opgevangen en, na versterking door de ontvanger, geregistreerd en opgeslagen in het meetsysteem. De reflecties worden afgebeeld in radar(echo)grammen, waarin op elke meetpositie langs een profiel de binnengekomen reflecties tegen de reistijd worden weergegeven. De o-tijd valt in de praktijk samen met de eerste aankomst van de radargolven die niet zijn gereflecteerd maar direct door de lucht gaan. Deze pulsen vormen een zwarte band langs de bovenzijde van het radargram.

De mate van reflectie wordt bepaald door het contrast in de dielektrische constante van verschillende lagen. Het grote contrast tussen droge en met water verzadigde zanden maakt dat de grondwaterspiegel een goede reflector is van radargolven. Ook veen, waarvan de dielektrische constante die van water benadert, contrasteert sterk met andere afzettingen en

vormt een zeer goede reflector. De dielektrische constante van klei varieert; dit verklaart gedeeltelijk waarom klei op sommige locaties wel en op andere niet in radaropnamen zichtbaar zijn.

Een andere elektrische parameter, de elektrische soortelijke weerstand, heeft grote invloed op de demping van radargolven en dus op de exploratie-diepte die met georadar bereikt kan worden. In afzettingen met hoge weerstanden (meer dan 100 Ω m), bijvoorbeeld droog zand, is er een hoge doordringing (10 - 40 m). Voor gebieden met lagere weerstanden (bijvoorbeeld klei-lagen) is er nauwelijks doordringing. De doordringingsdiepte hangt ook af van de frequentie van de radargolven; hoe lager de frequentie, des te groter de doordringing. De toename in de exploratiediepte gaat echter ten koste van de resolutie.

Bepaling volumetrisch vochtgehalte

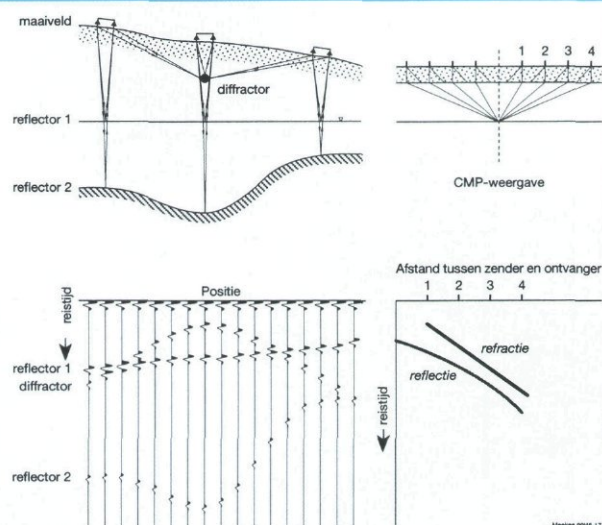
De snelheid waar-

mee radargolven zich door de bodem voortplanten is sterk afhankelijk van de hoeveelheid water in de bodem. Radar is daarom geschikt om het vochtgehalte in de ondergrond te bepalen. Vooral de zogenaamde gerefracteerde, gereflecteerde en directe golven (zie afbeelding 1) geven informatie die betrekking heeft op de meest ondiepe zone en de daaronder liggende zone, het gebied waarin de grootste vochtigheidsvariëaties optreden. Op verschillende locaties zijn metingen uitgevoerd met zowel georadar als met een capaciteitssonde welke in boorgaten werd geplaatst. De correlatie tussen de metingen van de capaciteitssonde en de georadar blijkt opmerkelijk goed te zijn. Als voorbeeld zijn in afbeelding 2 meetseries weergegeven van metingen op de Asselsche Heide en nabij Kootwijk gedurende 13 maanden. De goede correlatie tussen de bepaalde vochtigheid met behulp van de metingen met de radar en die van de capaciteitssonde is goed zichtbaar in deze afbeelding. Het grote voordeel van georadar is dat geen boorgat hoeft te worden gemaakt en dat continue informatie over het vochtgehalte kan worden verkregen, terwijl informatie uit boorgaten slechts een puntobservatie is. Georadar biedt derhalve mogelijkheden om vanaf het oppervlak belangrijke laterale verschillen in vochtgehalte en eventueel daaraan gerelateerde preferente stroming te detecteren. De detectie van relatief vochtige of droge gebieden is met metingen in boorgaten niet mogelijk en met georadar-metingen juist wel.

Karakterisatie van laagpakketten

In de loop van de OODAM-projecten zijn op meer dan 30 locaties in Nederland georadarmetingen verricht. De metingen vertonen een grote variatie in reflectiepatronen. Een reflectiepatroon is een groep karakteristieke van reflecties horende bij een bepaald type gesteente of sediment. Deze patronen zijn

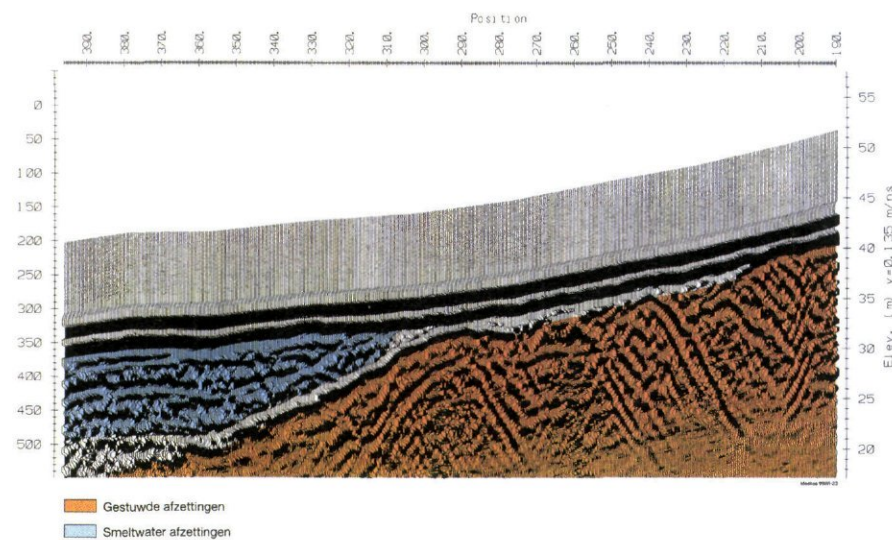
Afb. 1 Werking van Georadar.



indicatief voor het afzettingmilieu van de sedimenten van de ondiepe ondergrond. Op verschillende locaties zijn metingen verricht in de nabijheid van groeves, zodat een goede verificatie van de waargenomen patronen kon worden uitgevoerd. In nagenoeg alle typen sedimentaire afzettingen in Nederland waar georadar zinvol kan worden ingezet zijn metingen beschikbaar: glaciale (stuwwallen, glaciaal-fluviatiel, glaciaal-lacustrien), eolische (kustduinen, rivierduinen, dekzanden), fluvia-tiele (meanderende rivieren, vlechtende rivie-ren), lacustriene (moeras, vennen) en mariene afzettingen (kustrichels, estuaria, kustafzet-tingen). De radargegevens zijn op een consis-tente wijze verzameld, beschreven en geor-dend tot een atlas van radarfacies in de Neder-landse ondergrond.

De verkregen kennis is zeer behulpzaam bij de interpretatie van radargegevens op nieuwe locaties. Laterale overgangen van het ene naar het andere type sediment kunnen op deze wijze goed worden gekarteerd. De radar-facies geven inzicht in de hydrogeologie van het gebied. Ze zijn indicatief voor variaties in de korrelgrootteverdeling van het materiaal en de heterogeniteit van een bepaalde afzetting. Deze heterogeniteit impliceert een (macro-)anisotropie en geeft bij scheefgesteld-hheid van de structuur ook een duidelijk beeld van de voorkeursstroomrichtingen van het grondwater.

Zo zijn diverse metingen uitgevoerd op de Veluwe. Hier worden bijvoorbeeld overgangen aangetroffen van het stuwwallengebied naar smeltwaterafzettingen. Gestuwd gebied wordt in een radar-echogram gekenmerkt door scheve of geplooid reflectoren die scheve



Afb. 3 Smeltwaterafzettingen Montferland.

gelaagdheid of anti- en synclinale structuren representeren. De smeltwaterafzettingen worden gekarakteriseerd door een opeenstape-ling van horizontale reflectoren. Een voorbeeld hiervan (Montferland) is weergegeven in afbeelding 3, waar de overgang van de stuwwal naar de smeltwaterafzetting goed bepaald is (positie 300 m aan het oppervlak).

Toekomst

De georadar geeft informatie op een zeer kleine schaal (tot minder dan één meter). In de geohydrologie is de schaal gerelateerd aan grondwaterwinning een grotere: de typische lengtes van cellen in grondwaterstromings-modellen. De georadar geeft aan dat de onder-grond heterogener is dan waarmee wordt gewerkt in deze modellen. De gedetailleerde

informatie dient te worden opgeschaald naar eigenschappen van grotere delen van de ondergrond. Het is niet bij voorbaat duidelijk hoe deze, op kleine schaal verza-melde, informatie verwerkt dient te worden in de huidige wijze van geohydrolo-gisch onderzoek.

Georadar geeft een continu inzicht van de ondiepe onder-grond (10 tot 40 meter beneden maaiveld), doch is niet overal in Nederland toepasbaar. Andere geofysische technieken geven minder gedetailleerde

informatie (onder andere geo-elektrische en elektromagnetische methoden) of informatie over de diepere ondergrond (tot tientallen meters onder maaiveld of meer; onder andere geo-elektrisch en seismiek). Door combinatie van deze technieken is het misschien mogelijk een completer beeld van de ondergrond te krij-gen. Voor de drinkwatervoorziening zijn zowel de ondiepe ondergrond, omdat daar effecten op natuur op kunnen treden, als de diepe ondergrond, omdat over het algemeen daar het grondwater onttrokken wordt, van belang.

In dit kader zijn NITG-TNO, Nuon Water en Waterbedrijf Gelderland begonnen met een meerjarig onderzoek naar de toepassingsmo-gelijkheden van complementaire geofysische methoden ten behoeve van de veiligstelling (kwantitatief en kwalitatief) van de water-winningen op de Veluwe.

NOTEN

- * Nuon Water, de toenmalige Waterleiding Maatschappij Gelderland, de toenmalige Waterleiding Maatschappij Oostelijk Gelderland, Waterleiding Maatschappij Over-ijssel en Waterleiding Maatschappij Midden-Nederland.

LITERATUUR

- Van Overmeeren, R. (1993). Georadar: een nieuwe geofysische techniek voor grondwaterverkenning. *H₂O* nr. 21.
- Van Overmeeren, R., Sariowan S. en J. Gehrels (1997). Ground penetrating radar for determining volumetric soil water content; results of comparative measurements at two sites. *Journal of Hydrology* 197 pagina 316 - 338.
- Van Overmeeren, R. (1998). Radar facies of unconsolidated sedi-ments in The Netherlands: A radar stratigraphy interpre-tation method for hydrogeology. *Journal of Applied Geophysics* vol. 40 pagina 1 - 18.

Afb. 2

