Beter inzicht in grondwaterstroming met temperatuur- en concentratiemetingen

MARCEL BOEREFIJN, GRONTMIJ ADVIES & TECHNIEK, THANS GEDETACHEERD BIJ WATERLEIDING MAATSCHAPPIJ OVERIJSSEL
BERT GOSSELINK, WATERLEIDING MAATSCHAPPIJ OVERIJSSEL
FRANK VLIEGENTHART, GRONTMIJ ADVIES & TECHNIEK
ONNO HEIJSMAN, STICHTING BODEMSANERING NS

Op het NS-emplacement Zwolle is door industriële activiteiten in de periode 1850 tot heden op meerdere locaties sprake van grond(water)verontreinigingen. Deze vormen een bedreiging voor de drinkwaterwinning het Engelse Werk van Waterleiding Maatschappij Overijssel (WMO), één kilometer ten zuidwesten van het NS-emplacement. De Stichting Bodemsanering NS (SBNS) wil op zo kort mogelijke termijn beginnen met de sanering. Binnen dit project voerde Grontmij een uitgebreid onderzoek uit naar de grondwaterstroming en de daarmee samenhangende verspreiding van de verontreiniging. Doordat de ondergrond echter gedeeltelijk is gestuwd, is sprake van een complexe grondwaterstroming. Hierdoor zijn stijghoogtemetingen alleen onvoldoende voor het nauwkeurig vaststellen van de grondwaterstroming. Daarom is ook gebruik gemaakt van metingen van de grondwatertemperatuur en de verontreinigingsconcentraties. In dit artikel wordt beschreven waarom en hoe dergelijke metingen van belang bleken voor het vaststellen van de heersende grondwaterstroming.

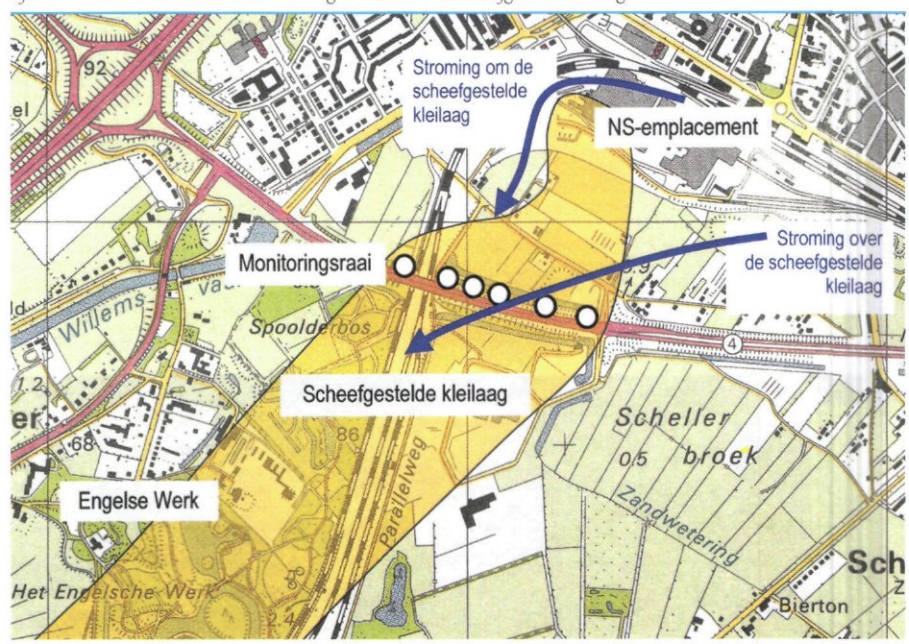
Het onderzoeksgebied heeft een complexe geologische structuur. Doordat de drinkwaterwinning het Engelse Werk een sterke grondwaterstroming veroorzaakt is de geologische structuur van bepalende betekenis. Voor het onderzoek wordt de geohydrologische basis gevormd door een circa 20 meter dikke kleilaag. Deze kleilaag, de 'Tegelenklei', bevindt zich tussen circa 90 m-mv en 110 m-mv. Direct boven de Tegelenklei bevindt zich het eerste watervoerend pakket. Dit pakket is goed doorlatend en heeft een gemiddelde dikte van circa 90 meter. Boven in het eerste watervoerend pakket bevindt zich een slecht doorlatende deklaag met een gemiddelde dikte van circa twee meter. Opvallend aan de bodemopbouw zijn de scheefgestelde lagen in het eerste watervoerend pakket vanaf 10 m-mv tot minimaal 25 m-mv en maximaal tot aan de Tegelenklei (circa 90 m-mv). Deze scheefstelling is ontstaan door stuwing van landijs (zie afbeelding 2). De gestuwde lagen vormen daarbij het begin van de zuidwestelijk gelegen Veluwe stuwwal. Onderdeel van deze scheefstelling is een scheefgestelde kleilaag. Deze slecht doorlatende laag markeert de overgang tussen het ongestuwde en gestuwde gebied en bevindt zich globaal tussen het NS-emplacement en het Engelse Werk (zie afbeelding 1).

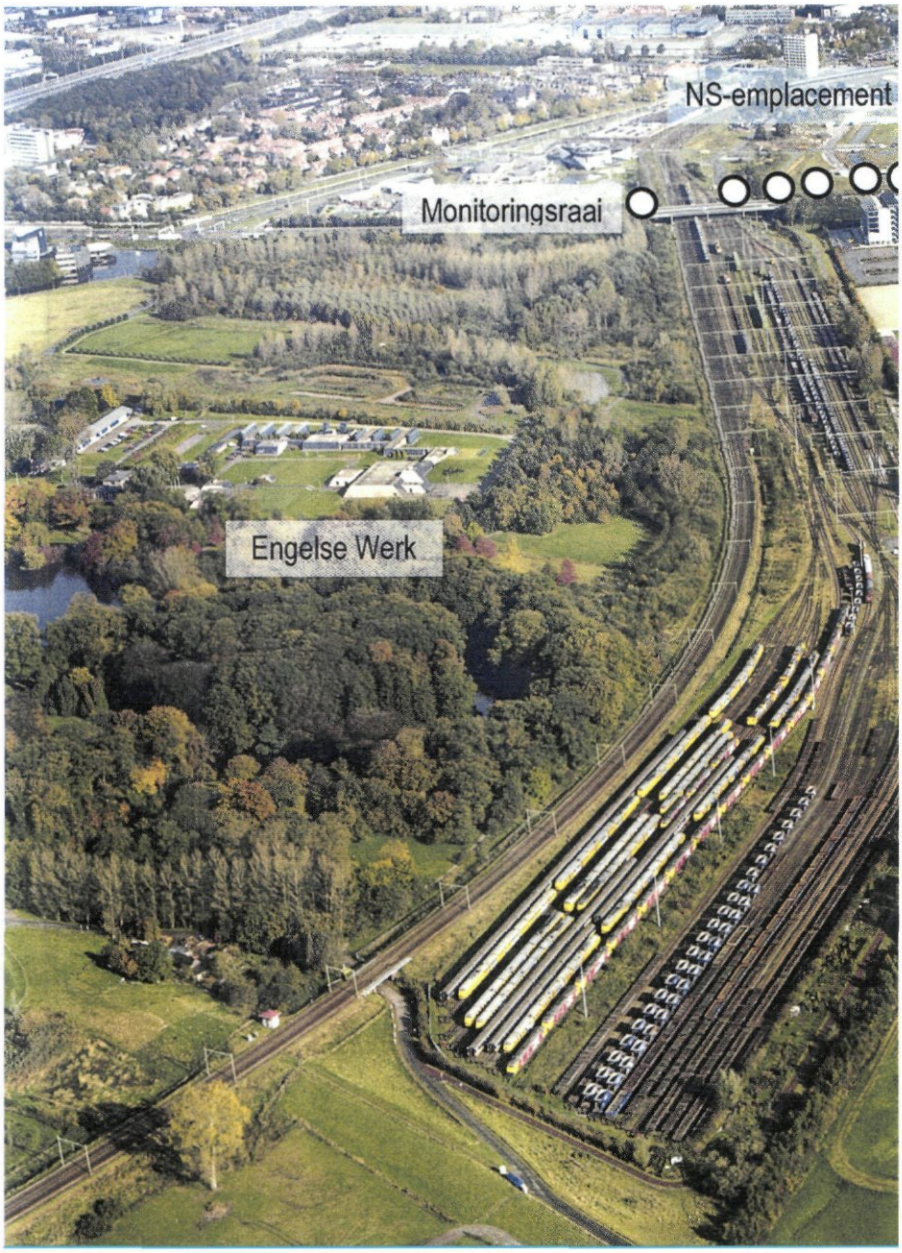
Integrale aanpak

De Stichting Bodemsanering NS staat geheel achter het vernieuwde bodemsaneringsbeleid en maakt daarvan al dankbaar gebruik. Eén van de verworvenheden is de integrale aanpak. Geohydrologen zullen snel beamen dat het weinig zinvol is als buren van elkaar hun grondwaterverontreiniging elk voor zich aanpakken. Je beïnvloedt met het oppompen van grondwater in de regel immers niet alleen het water onder het eigen perceel, maar ook dat onder belendende percelen.
Samenwerken met andere veroorzakers, probleembezitters, belanghebbenden en het bevoegd gezag is daarom het parool. Om die reden heeft de SBNS samenwerking gezocht met acht andere partijen: WMO, Waterschap Groot-Salland, Provincie Overijssel, NSV, RIB, Nedtrain, Wartsila en gemeente Zwolle. Inmiddels is overeenstemming bereikt over een integrale saneringsoplossing die de individuele belangen van elk van deze partijen zoveel mogelijk dient. De SBNS heeft er goede hoop op dat de gekozen saneringsoplossing tot een goed einde wordt gebracht in de nu op te starten plan- en uitvoeringsfase.

Zonder de drinkwaterwinning van het Engelse Werk zou het effect van de scheefgestelde kleilaag op de stroming van het grondwater beperkt zijn. De winning veroorzaakt echter een grote toestroming van grondwater naar het Engelse Werk. De scheefgestelde kleilaag hindert deze toestroming en heeft daarmee een groot effect op de heersende grondwaterstroming en verspreiding van verontreiniging.

Afb. 1: Bovenaanzicht van de stroming 'om' en 'over' de scheefgestelde kleilaag.





Luchtfoto in noordelijke richting.

Daarom is een uitgebreid bodemonderzoek verricht naar het voorkomen en de eigenschappen van deze scheefgestelde kleilaag.

Meting van de stijghoogten

In het verleden was het aantal beschikbare peilbuizen te gering voor het vaststellen van een gedetailleerd beeld van de lokale grondwaterstroming. Ten behoeve van het onderzoek heeft daarom uitbreiding van het aantal peilbuizen plaatsgevonden. Uit stijghoogtemetingen in deze peilbuizen blijkt dat stroming van grondwater plaatsvindt om de scheefgestelde kleilaag heen richting het Engelse Werk. Tevens wezen de stijghoogtemetingen uit dat waarschijnlijk grondwater over de scheefgestelde kleilaag heen stroomt. Dit laatste aspect kwam echter niet eenduidig uit de stijghoogtemetingen naar voren. Daarnaast geldt de beperking dat het stromingsbeeld dat is opgesteld op basis van de stijghoogtemetingen een momentopname is en niet representatief is voor de langjarige, gemiddelde, grondwaterstroming. Dit wordt veroorzaakt door fluctuatie van onder meer het IJsselpeil en het onttrekkingsdebiet van de drinkwaterwinning. Om het hierboven beschreven stromingsbeeld nader te detailleren en te vertalen naar een langjarig stromingsbeeld is aanvullend onderzoek verricht met behulp van meting van de grondwatertemperatuur en de concentraties van verontreinigende stoffen.

Meting van temperatuurprofielen

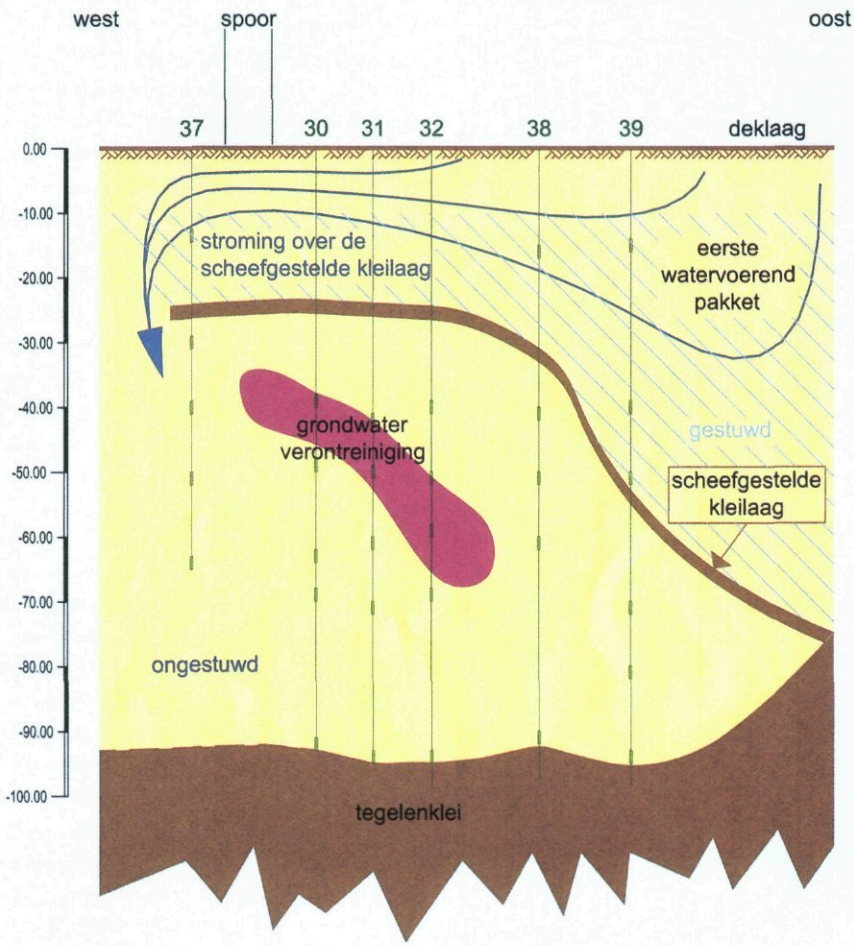
In september 2000 zijn door WMO temperatuurmetingen uitgevoerd in peilbuizen van de monitoringsraai. Hierbij is in het diepste filter van deze peilbuizen, over de gehele lengte van de filterbuis (circa 90 m), de temperatuur gemeten om de halve meter. Vervolgens zijn de gemeten temperatuurwaarden geanalyseerd. De metingen vanaf maaiveld tot 20 m-mv zijn daarbij buiten beschouwing gelaten. Reden hiervoor is dat de temperatuur van het grondwater in deze zone niet alleen wordt beïnvloed door de herkomst van het grondwater, maar ook door de seizoensfluctuatie van de lucht temperatuur. Het grondwater warmt daarbij op in de zomer en koelt af in de winter.

Beneden 20 m-mv is deze seizoensfluctuatie van de grondwatertemperatuur nihil en wordt de temperatuur van het grondwater bepaald door de herkomst van het grondwater. Uit de gemeten temperatuurprofielen blijkt dat de temperatuur van het grondwater tussen 20 m-mv en de scheefgestelde kleilaag in alle peilbuizen afneemt met de diepte (zie afbeelding 3). Dit is typisch omdat als gevolg van de geothermische gradiënt de temperatuur normaal gesproken juist met circa 2,4 graden per 100 meter toeneemt met de diepte. Tussen 20 m-mv en de scheefgestelde kleilaag is dus sprake van een zogenaamd 'invers temperatuurprofiel'. De relatief hoge temperatuur op 20 m-mv wordt daarbij veroorzaakt door de infiltratie van relatief warm stads- en oppervlaktewater in de direct omgeving van de monitoringsraai (er is hierbij geen sprake van een seizoenseffect maar van langjarig infiltratie van het relatief warmere stads- en oppervlaktewater). De afname van de temperatuur tot de scheefgestelde kleilaag wordt veroorzaakt door menging met relatief koud regenwater dat vanuit het oostelijk gelegen landbouwgebied toestroomt. Deze uitkomst bevestigt dat grondwater uit oostelijke richting over de scheefgestelde kleilaag stroomt. De omvang van deze stroming is op basis van de temperatuurgegevens echter niet eenduidig vast te stellen.

Onder de scheefgestelde kleilaag vindt in alle peilbuizen een toename van de temperatuur plaats. Hierbij is sprake van een gemiddelde temperatuur gradiënt van 1,4 graden Celsius per 100 m diepte. Deze gradiënt is lager dan bovengenoemde literatuurwaarde van 2,4 graden Celsius per 100 m. Dit aspect wordt veroorzaakt door de hoge stroomsnelheid van het grondwater. Daarnaast speelt ook de onderliggende Tegelenklei een rol. Deze laag is slecht doorlatend en circa 20 meter dik. Hierdoor vindt slechts een beperkte uitwisseling plaats met het warme grondwater onder de Tegelenklei.

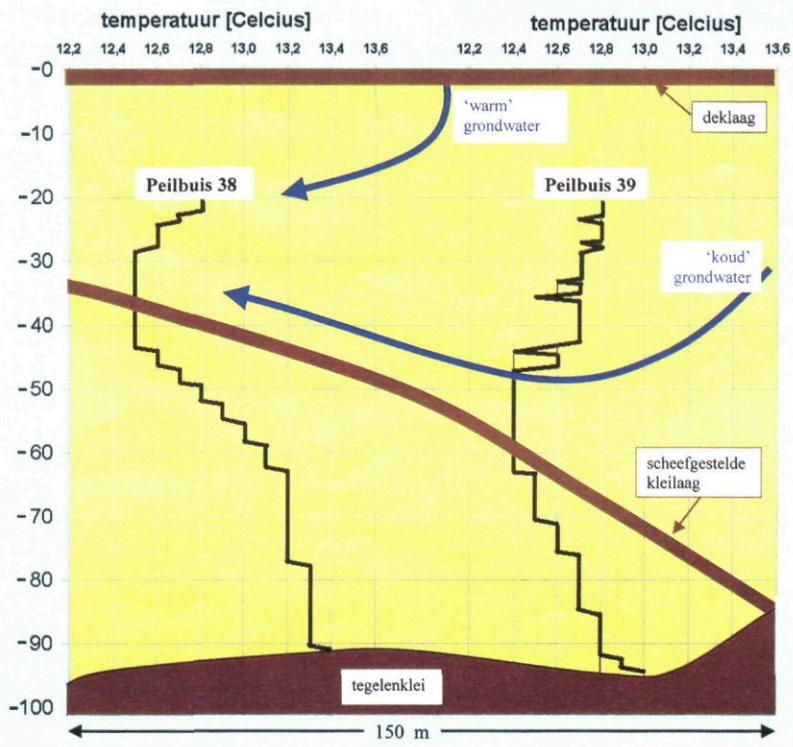
Meting van concentraties

Naast de temperatuurmetingen is het langjarige stromingspatroon tussen het NS-emplacement en het Engelse Werk onderzocht met behulp van de aangetroffen verontreiniging in de reeds aanwezige en de nieuw geplaatste peilbuizen. De aangetroffen verontreinigingspluimen zijn het resultaat van circa 5 tot 25 jaar verspreiding met het stromende grondwater en geeft een goed beeld van de



Afb. 2: Dwarsdoorsnede ter plaatse van de monitoringsraai (inclusief verontreiniging uit westelijke richting).

Afb. 3: Stromingsbeeld 'koud' en 'warm' grondwater over de scheefgestelde kleilaag (de zwarte lijn is de gemeten temperatuur)..



langjarig (gemiddelde) grondwaterstroming. Uit de waargenomen verontreinigingspluimen blijkt dat verontreiniging afkomstig uit het oosten zowel 'over' als 'om' de scheefgestelde kleilaag stroomt. Het deel dat 'om' de scheefgestelde kleilaag stroomt bereikt het Engelse Werk op grote diepte (75 tot 95 m-mv). Het deel dat daarentegen over de scheefgestelde kleilaag stroomt bereikt het Engelse Werk juist ondiep (circa 10-25 m-mv). Dit principe is schematisch weergegeven in de afbeeldingen 1 en 2. Verontreiniging afkomstig uit het westen blijft onder de scheefgestelde kleilaag stromen. Typerend is dat deze westelijke verontreiniging 'kantelt'. De hoek van de kanteling is daarbij globaal gelijk aan de hoek van de scheefgestelde kleilaag (zie 'grondwaterverontreiniging' in afbeelding 2). Met behulp van de waargenomen verontreinigingspluimen is vastgesteld dat de stroming van grondwater (en verspreiding van verontreiniging) zowel over als om de scheefgestelde kleilaag plaatsvindt. Daarnaast is op basis van de waargenomen diepe en ondiepe concentraties vastgesteld wat het belang is van respectievelijk de stroming over en om de scheefgestelde kleilaag.

Modelonderzoek

Uiteindelijk is, ten behoeve van het saneringsonderzoek, een grondwater- en stoftransportmodel opgezet. Het is daarbij gebruikelijk om de betrouwbaarheid van het grondwatermodel te toetsen door gemeten met berekende stijghoogten te vergelijken. Voor het onderhavige project is dit eveneens gebeurd. Daarnaast kon de betrouwbaarheid van het grondwatermodel worden getoetst door de berekende grondwaterstroming te vergelijken met het stromingsbeeld dat volgt uit de temperatuurmetingen en waargenomen verontreinigingspluimen. Dit heeft geleid tot een grondwatermodel dat op een betrouwbare wijze de complexe grondwaterstroming tussen het NS-emplacement en het Engelse Werk beschrijft.

Conclusies en aanbevelingen

Stijghoogtemetingen alleen bleken voor de onderzoekslocatie onvoldoende voor het nauwkeurig vaststellen van de complexe grondwaterstroming. Door het aanvullend uitvoeren van metingen van de grondwatertemperatuur en verontreinigingsconcentraties is het wel mogelijk geweest om de grondwaterstroming voldoende nauwkeurig vast te stellen. Daarnaast hebben deze aanvullende metingen geresulteerd in de mogelijkheid om de modelmatig berekende grondwaterstroming te toetsen en verder te verbeteren. Een dergelijke brede aanpak wordt daarom algemeen aanbevolen bij locaties met een complexe bodemopbouw en een kwetsbaar bedreigd object zoals een drinkwaterwinning.