

Temperaturen in de Nederlandse ondergrond

April-2004, D. Edelman

Introductie

In de jaren 2002-2003 is er in samenwerking met de N.V. Tilburgsche Waterleiding-Maatschappij (TWM) door Victor Bense een serie temperatuurmetingen gedaan in peilputten en waterwinputten op en om de terreinen van het waterwingebied. Hoewel deze metingen begonnen waren om Victor bij het verzamelen van gegevens voor zijn proefschrift verder op weg te helpen, werd al snel mijn interesse gewekt voor de mogelijkheden die temperatuurmetingen kunnen bieden voor de waterleidingwereld. Het lijkt er namelijk op dat deze ietwat ondergewaardeerde parameter zeer veel informatie kan bieden voor het meten aan een grondwaterlichaam. Temeer daar het meten van temperaturen relatief goedkoop, snel en reproduceerbaar is. In een vorige editie van Stromingen is al eens stil gestaan bij de algemeenheden van temperatuurmetingen (Willemse) en de bijzonderheden (Bense). Dit artikel beoogt een aantal opvallende zaken die uit de gedachtegang tussen Victor en mijzelf voortvloeiden nader voor het voetlicht te brengen.

Methode van meten

Met behulp van een geijkte temperatuurafhankelijke weerstand (een zogenaamde thermistor) werd per meetpunt de diepste peilbuis doorgemeten. Dit bestond uit het laten zakken met een vaste waarde (1 tot 2 meter) van de thermistor, dan het geheel gedurende een bepaalde periode (ongeveer 1 minuut) zich laten aanpassen aan de omgevingstemperatuur en vervolgens een stroompje door de thermistor te jagen.

De weerstand van de thermistor werd vervolgens digitaal uitgelezen.

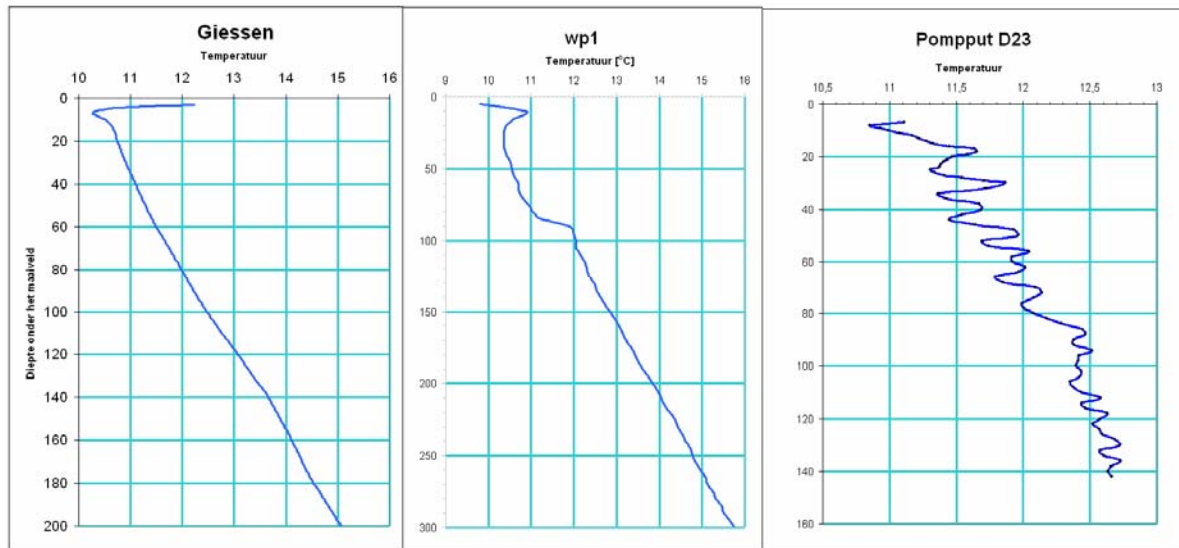
Met behulp van een weerstand-temperatuur tabel werd de temperatuur op die diepte bepaald.

Het grootste risico voor de meting bleek te bestaan uit het vastlopen van het meetinstrument zelf onder waarnemingsbuis. Vooral een buis waarin een lichte bocht (ontstaan bij de bouw van de put) zit bleek gevoelig te zijn voor een vastloper. Hierdoor zit er nu op 206 meter diepte een meetinstrument voor eeuwig op diepte.

Temperatuurprofielen in het waterwingebied

Op een 50-tal plaatsen is een temperatuurprofiel gemeten. Deze konden globaal in een drietal klassen worden onderverdeeld:

1. Temperatuurprofielen in waarnemingsputten zonder invloed van de winning (Giessen)
2. Temperatuurprofielen in waarnemingsputten met invloed van de winning (WP1 in het waterwingebied van de TWM)
3. Temperatuurprofielen bij winputten (pompput D23 in het waterwingebied van de TWM)

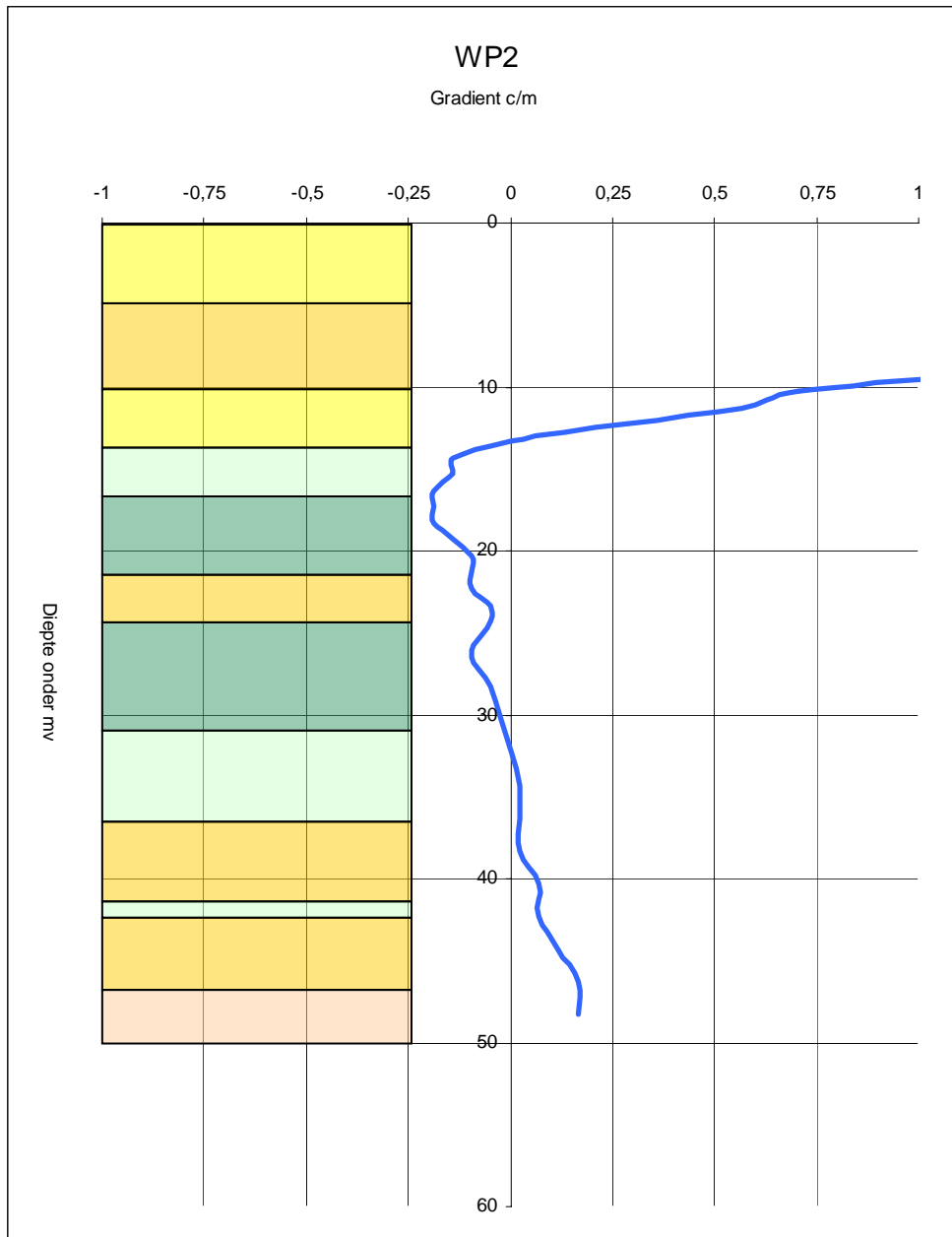


Het beeld in de waarnemingsput bij Giessen is rustig. Bovenin komt nog wat invloed van de seizoenen voor, na zo'n 15 meter onder maaiveld benadert de lijn een rechte lijn die nabij 140 meter een verandering van helling kent.

Het beeld van de wp1 geeft onder de 100 meter hetzelfde rustige beeld. Voorts komt bovenin een seizoensinvloed voor. Hiertussen ligt een deel waarin een duidelijke afkoeling aanwezig is (20-90 meter onder maaiveld). Deze afkoeling is te correleren met de instroom van kouder water (uit hoger gelegen aquifers) in het diepere bepompte pakket, De temperatuursprong op 90 meter valt samen met de bovenzijde van een aquitard die de onderzijde is van de door ons bepompte aquifer. Hieronder is de temperatuur weer "normaal" te noemen. Een dergelijk beeld is door TNO ook op andere plekken in Brabant aangetroffen (Seppe).

Het beeld van de pompput is zeer onrustig de piekjes en dalletjes zijn een op een te correleren met het voorkomen van zandpakketjes (met meer grondwaterstroming en dus afkoeling) en kleilaagjes (met veel minder stroming/geen stroming). Het meten van temperaturen nabij een werkende pompput (in de waarnemingsbuis) kan zo een goede indicatie geven voor het voorkomen van kleilagen naast de pompput. Zelfs een lekkage langs de put (bijvoorbeeld zand op de plek waar klei zou moeten zitten) kan met deze methode worden opgespoord. De verwachte pieken en dalen liggen dan immers niet op de te verwachten plek.

Dit laatste wordt nog duidelijker als niet gekeken wordt naar de temperatuur zelf maar naar haar afgeleide, de gradient per meter. Deze afgeleide zou in theorie op een verticale lijn moeten liggen, maar in praktijk vindt door stroming een zekere heterogenisatie van het temperatuurbeeld plaats die te correleren is aan de KD van dat laagje. Het gradientbeeld van de WP2 in het waterwingebied is hiervan een voorbeeld.



	Grof zand
	Middelfijn zand
	Fijn zand
	Kleilig zand
	Lutumrijke klei

De blauwe lijn is de gradient per meter. (c/m is graad celcius per meter)

Het valt op dat de gradient zeer nauwkeurig de lithologie volgt. Zelfs de van oorsprong fluviatiele kleilaag bovenin (Tegelenkleilaag) suggereert een fine-up in de korrelgrootte: onderin komt er een snellere temperatuurtoename voor (iets meer stroming) dan in het extreem lutumrijke deel bovenin (alleen een verticale gradient, wat kan duiden op geen stroming).

Een en ander wijst op een goede gebruiksmogelijkheid van temperatuurmetingen in een waterwingebied, al was het maar ter controle van het stromingsbeeld of de lithologie.

De geothermische gradient

De schijnbaar lineair toenemende temperatuur op wat grotere diepten (zie bijvoorbeeld de WP1) is te relateren aan de geothermische gradient (GG). De vanuit de diepte doorstralende aardwarmte. Deze waarde blijkt van plaats tot plaats te verschillen.

Op basis van een serie metingen door TNO uit de jaren 1977-1983 aan temperaturen in waarnemingsputten door heel Nederland werd de GG voor die punten bepaald op basis van de volgende criteria:

- Het voorkomen van een lineaire temperatuurtoename in het traject 150-300 meter onder maaiveld.
- De temperatuurtoename werd herleid tot graden celcius temperatuurtoename per kilometer.
- Uit een 100-tal representatieve putten werd een gemiddelde waarde voor de diepte-temperatuur bepaald

Gemiddelde

De temperatuur van het deel tussen de 0 en de 100 meter diepte (onder maaiveld) heeft te maken met seizoensinvloeden (koud regenwater in de winter, instralingswarmte in de zomer) en vertoont een temperatuur die over het algemeen tussen de 8°C en de 12°C ligt.

Het deel tussen de 100 en de 350 meter diepte benadert een rechte lijn met een waarde van 24°C/km. Deze waarde wordt als gemiddelde waarde voor Nederland genomen.

Het onderste deel vertoont een afname van de GG. Dit zou kunnen liggen aan het beperkte aantal metingen van deze diepten. Hiernaast is het deel onder de 420 meter alleen gemeten in Tweekelo. Deze lokatie is in de buurt van een zoutpilaar in de ondergrond. Zout beïnvloedt in hoge mate de temperatuurgeleiding.

GG per lokatie

Voorts is in geheel Nederland de waarde van de GG bepaald per meetlokatie. Van 100-tal putten met een voldoende diepte (veel putten in de meetreeksen zijn ondieper dan 100 meter) is de waarde bepaald van de GG herleid per kilometer. Deze waarde lijkt tussen de 11°C en de 35°C te liggen. Deze waarden zijn in een kaart van Nederland geplot. Hierna is door middel van het tekenen van isothermen (de gekleurde lijnen) een temperatuurbeeld gegenereerd.

De GG heeft een verband met de tectoniek. Een grote tectonische eenheid als de Peelhorst is warmer dan de Centrale Slenk. Dit heeft te maken met de isolerende werking van dikke Neogene sedimentpakketten. Onder Noord-Holland zijn deze pakketten zeer dik en is de GG het laagst van Nederland.

Naast de invloed ten gevolge van de dikte van de sedimentpakketten zijn er nog kleinere warme en koude-eilandjes. Dit vormt een vlekkenpatroon van de GG onder Nederland met (relatief ten opzichte van de regio) warmere en koudere plekken.

Dit vlekkenpatroon zou ten dele het gevolg kunnen zijn van grondwaterstroming. Op plekken waar in theorie veel infiltratie plaats zou vinden (o.a. de Veluwe) zou dan een duidelijk koude-eiland in de GG aanwezig moeten zijn. Deze structuur is met enige goede wil daadwerkelijk te herkennen. Dit laatste wordt versterkt door de aanwezigheid van warmere eilanden onder de Flevopolders. Hier zou in theorie kwel plaats kunnen vinden.

Een andere verklaring van de verschillen in de GG is meer van tectonische aard. Op plekken waar in de diepe ondergrond horsten, plooiassen of breuken aanwezig zijn kan een afwijking in de GG ontstaan. De sedimentpakketten zijn daar immers dikker of juist dunner, en de doorstraling van de aardwarmte navenant meer of minder.

