



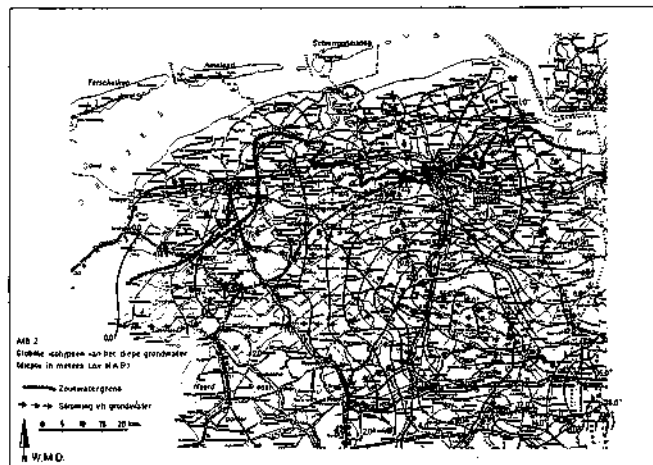
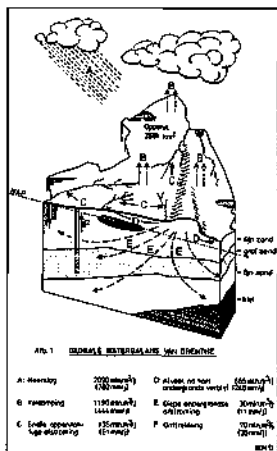
T. Csengö, J. W. Kieft

## HERKOMST GROND- EN OPPERVLAKTEWATER

*Zonder water is er geen leven op aarde mogelijk. Zonder het zogenaamde 'zoetwater' (in tegenstelling tot 'zoutwater') kan de continentale levensgemeenschap (inklusief de mens) niet bestaan.*

*Het zoetwater is de landfase van de kringloop van het water. Door zonne-energie verdampt water (zonder zouten) uit de wereldzeën, de wind zorgt voor het transport ervan en een bepaald gedeelte valt als neerslag op de aarde. Die neerslag zal deels direkt, deels via begroeiing verdampen. Het resterende gedeelte (neerslagoverschot) zal na een kortere of langere verblijftijd in de bodem via afstroming door rivieren zijn oorsprong hervinden. In de drie noordelijke provincies valt gemiddeld per jaar ongeveer 780 mm per m<sup>2</sup>. De totale verdamping bedraagt ongeveer 460 mm (ca 60 %). Er resteert dan ongeveer 320 mm (ca 40 %) als neerslagoverschot voor de snelle afstroming naar het oppervlaktewater alsmede voor de voeding van het grondwater.*

De vraag naar de herkomst van het oppervlaktewater is bepaald niet nieuw en werd op diverse manieren al duizenden jaren geleden gesteld. De beantwoording van de vraag is in die periode wel sterk veranderd. In de oudheid, waarbij we kunnen denken aan de ons het best bekende droge en deels woestijnachtige gebieden van het Midden-Oosten en Egypte, stond de mensheid voor een raadsel. Het zichtbaar stromende water kende altijd een éénrichting verkeer. Hierdoor ontstond de gedachte aan ondergrondse wateren die voor de mens onzichtbaar en onkenbaar de bronnen van de rivieren zouden moeten zijn. Vooral in de oude Egyptische beschaving moet de rivier de Nijl een onuitwisbare en mysterieuze indruk hebben achtergelaten. 'Deze wonderlijke rivier vindt over vele honderden kilometers zijn weg door barre woestijnen. Zonder door zijrivieren te worden gevoed en dan vertoont hij in de heetste zomermaanden nog een enorme was die de kilometers brede oeverlanden overstroomt en daar zijn slob op de vruchtbare akkers afzet. Hier was er zelfs geen enkele aanleiding om aan een samenhang tussen neerslag en afvoer te denken en het lag inderdaad voor de hand om de oude Egyptische opvattingen aan te hangen die een rechtstreekse voeding uit de wereldoceaan veronderstelden' (inaugurale rede Kraijenhoff, van de Leur, 1966). Ook in de Griekse denkwereld was de gedachte aan een ondergrondse retourstroming als herkomst van het oppervlaktewater overheersend. De wijsgeer Thales (ca. 600 v.



Chr.) meende dat zeewater door de kracht van de wind in de aarde werd gedreven om vervolgens door het gewicht van de bergen omhoog te worden geperst. Plato (ca. 400 v. Chr.) schreef de voeding van rivieren en bronnen toe aan een soort getijbeweging in de onderaardse wateren die als door een pompbeweging steeds weer opnieuw holle ruimten in de aarde vulde. Uit deze holle ruimten werden dan weer via ondergrondse kanalen, de zeeën, meren, rivieren en bronnen gevoed. Aristoteles (ca. 350 v. Chr.) meende dat een ondergronds reservoir onmogelijk voldoende capaciteit kon hebben om de rivieren te kunnen voeden. Hij stelde dat de vele rivieren, die nabij bergen ontstaan, water ontvangen uit grotten waarin een lage temperatuur heerst die de lucht tot water doet condenseren. Ook meende Aristoteles dat de zonnestraal water in lucht doen veranderen die door de genoemde afkoeling in de bergen weer in water wordt omgezet.

### Verwarming en afkoeling

Het Griekse denken wordt in het Romeinse rijk voortgezet en het is Vitruvius (ca. 25 v. Chr.) die beseft dat door de zon verwarmde watervlakten en moerassen, dampen doen opstijgen die door afkoeling neerslaan. Hij stelt dat de winden uit het Zuiden op hun weg naar het Noorden veel dampen in zich opnemen en hij verklaart aldus het ontstaan van de grote rivieren waaronder de Rijn en de Rhône. Hieruit blijkt dat een in hoofdza-

ken juist inzicht in de hydrologische kringloop reeds aan het begin van onze jaartelling aanwezig was. Toch heeft het nog lang geduurd voordat dit inzicht in de wetenschappelijke wereld algemeen werd aanvaard. Er is een groot aantal factoren te noemen die een juist inzicht kunnen belemmeren. Genoemd kunnen worden:

- Het generaliseren van lokale en beperkte observaties die nog niet met fysische grondslagen konden worden verbonden.
- Gebrek aan bereidheid om ideeën te onderzoeken die in strijd zijn met reeds lang aanvaarde opvattingen.
- Veronderstellingen omtrent de aard en het wezen van de te onderzoeken objecten of van het veld van onderzoek.

Hoe hardnekkig de opvatting van de ondergrondse aanvoer wel was, blijkt wanneer men ziet welke fantastische theorieën door grote geleerden als Descartes (ca. 1640) en Kepler (ca. 1600) werden geponoerd met het doel de ondergrondse aanvoer van zeewater, de ontzilting ervan en de opstijging naar de oppervlakte aannemelijk te maken. Een definitieve doorbraak werd gebracht door de Franse onderzoekers Perrault en Mariotte (ca. 1650). Zij verrichtten systematische metingen in het stroomgebied van de Seine, bepaalden gedurende 3 jaren de neerslag en maten de afvoeren in de rivier. Hun konklusie was dat de neerslaghoeveelheid op het stroomgebied vele malen groter was dan de totale opgetreden afvoer, zodat de neerslag meer dan voldoende moest zijn om alle bronnen van water te voorzien.

De sterrekundige Halley (ca. 1700) leverde ook een belangrijke hydrometeorologische bijdrage. Tijdens zijn astronomische waarnemingen op het eiland Sint Helena werd hij gekonfronteerd met de grote luchtvochtigheid; op een heldere dag raakte zijn kijker bedekt met vocht en zijn papieren werden zo nat, dat hij er niet meer op kon schrijven. Dit bracht hem in 1693 ertoe om experimenten met verdamping aan de Middellandse Zee werden onttrokken en hij vond dat deze ruimschoots voldoende zouden zijn om de daarin uitstromende rivieren en bronnen van water te voorzien.

Zo ontstond pas relatief kort geleden (ca. 1750) een afgerond beeld van de hydrologische kringloop, zowel van de atmosferische fase, de landfase als de zeefase en daarmee een antwoord op de in de titel gestelde problematiek.

Hoezeer de ontwikkeling van de juiste opvattingen gepaard gaat met vallen en opstaan, wordt nog met het volgende voorbeeld geïllustreerd.

De hierboven genoemde Perrault verrichtte een nauwkeurig experiment. Hij bracht een aarden pot enige meters diep in de grond boven de grondwaterspiegel en verbond deze pot door een loden pijp met een kelder. Dit met de gedachte dat een optredende zakwaterstroom ook in de pot terecht moest komen en dan via de buis naar de kelder zou afvloeien. Toen hij geen druppel water opving,

konkludeerde hij dat er blijkbaar op die diepte geen zakwater doordrong. Deze konklusie was echter onjuist. Hieruit blijkt het gevaar als men de fysische achtergronden van een te bestuderen verschijnsel onvolledig kent.

Voor de waterleidingbedrijven is het zoetwater zoals dat in de natuur voorkomt van belang als grondstof voor de bereiding van drinkwater. De vraag naar zijn herkomst moet dan ook in dat kader worden geplaatst. In het navolgende zal het gedeelte van het neerslag-overschot dat in de ondergrond dringt worden beschreven voor de Drentse situatie en het gedeelte dat bovengronds afstroomt wordt geïllustreerd voor het stroomgebied van de Drentse A.

### Grondwaterkwantiteit

De neerslag die het aardoppervlak bereikt dringt gedeeltelijk in de ondergrond en kan via de onverzadigde zone het grondwater bereiken. Afhankelijk van de diepteligging van de grondwaterspiegel zal de vegetatie water onttrekken en verdampen uit de onverzadigde zone en/of uit het grondwater. Het water dat niet verdampt zal na kortere of langere tijd naar het oppervlaktewater worden afgevoerd.

Een groot gedeelte van de neerslag (ong. 32 %) dat in de ondergrond dringt, zal na een relatief korte tijd via ondergrondse afstroming, kwel, drainage of bemaling het oppervlaktewater bereiken. Een aanzienlijk kleiner gedeelte (ong. 5 %) zal na langdurig ondergronds verblijf opgepompt worden of buiten de provinciegrenzen aan de oppervlakte treden.

Wanneer in de ondergrond slechtdoorlatende leem- of kleilagen voorkomen kan het grondwater onder en boven deze lagen verschillende stijghoogten hebben. De stijghoogte van het ondiepe grondwater boven een dergelijke slechtdoorlatende laag zal sterk beïnvloed worden door de topografie en zal in de meeste gevallen een grillig beeld vertonen. Het diep liggende grondwater is daarentegen vrij van beïnvloeding door snelle lokale veranderingen en zal meestal een rustig verloop hebben.

Voor de drie noordelijke provincies is de ligging van het diep grondwater tov. NAP op fig. 2 aangegeven. Het aangegeven beeld lijkt veel op een omgekeerde schotel. Het hoogste gedeelte van de schotel ligt in Drente, in de omgeving van Schoonloo. Vanaf deze plaats stroomt het grondwater met een gemiddelde snelheid van 5 à 10 m/jaar in alle richtingen af. In de kustgebieden stroomt zoutwater landinwaarts naar de lager gelegen gebie-

den. In deze gebieden zal het zoet en zout grondwater opkwellen. Dit kwelwater wordt in deze regio veelal op kunstmatige manier buiten de dijken gewerkt.

### Grondwaterkwaliteit

De samenstelling van het grondwater is — afgezien van de talrijke directe menselijke invloeden — afhankelijk van de kwaliteit van de neerslag, van het gebruik en het beheer van het aardoppervlak en van de samenstelling van de door de geïnfilterde neerslag gepasseerde aardlagen.

Van nature bevat de atmosfeer verschillende stoffen. Deze stoffen kunnen een sterk uiteenlopend karakter aan de neerslag geven. De niet door menselijke activiteiten beïnvloede neerslag heeft altijd een zuur karakter. Daarnaast zal de neerslag in de kustgebieden door verstuiwing van zee water veel meer zouten bevatten dan in het binnenland. De zuurgraad van de neerslag wordt tegenwoordig nadelig beïnvloed door uitstoot van grote hoeveelheden zwaveldioxide en ammoniak. Door deze verhoogde zuurgraad zullen verschillende stoffen in de bodem gemakkelijk oplossen en naar grondwater getransporteerd worden.

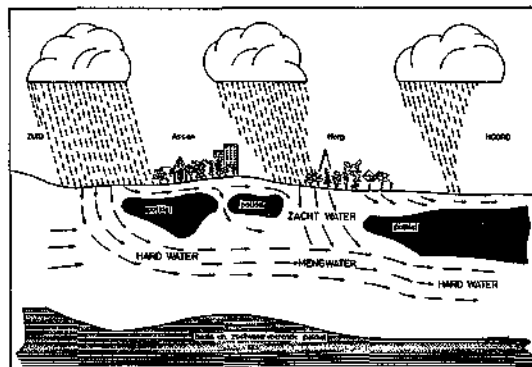
Verandering van landgebruik, bv door ontginningen, zal na verloop van tijd grote wijzigingen in de grondwatersamenstelling te weegbrengen. Zeer waarschijnlijk zal het infiltrerende regenwater zijn grootste verandering ondergaan in de ondiepere aardlagen. Het humusgehalte van de grond is onder andere van grote invloed op de kwaliteitsverandering (schrane zandgrond zal niet of weinig verandering veroorzaken in de samenstelling van het neerslagoverschot).

Veengebieden zullen het zure karakter van

het water versterken. In een dergelijk zuur milieu kunnen uit de bodem kalk en ijzer in oplossing komen, waardoor het grondwater harder en ijzerrijker wordt. Daarnaast zijn veengebieden rijk aan organisch materiaal, waardoor in het grondwater veel ammonium voorkomt.

Kalkhoudende afzettingen, zoals keileem en potklei, kunnen in onze regio de kwaliteit van het grondwater beïnvloeden. De in de ondergrond dringende zure neerslag zal waarschijnlijk in keileemgebieden geneutraliseerd worden. Door de tot op grote diepte voorkomende potkleiafzettingen kan het water naar diepere regio's worden gedwongen. Door de langere contacttijd met deze en andere in de ondergrond voorkomende afzettingen kan door oplossing van verschillende stoffen de samenstelling van het water sterk veranderen. Onder potkleigebieden is het grondwater altijd kalkrijker (harder) dan daarbuiten. In de omgeving van Assen, langs een in noord-zuidrichting lopend profiel, is dit proces aangegeven.

De grootste hoeveelheid zoet grondwater is in onze regio opgeslagen in de porien van zandige rivierafzettingen. In deze afzettingen komen weinig tot geen oplosbare bestanddelen voor en zij kunnen derhalve weinig invloed uitoefenen op de samenstelling van het grondwater. In gebieden waar de ondergrond uitsluitend uit dergelijke afzettingen is opgebouwd zal de samenstelling van het grondwater een grote overeenkomst vertonen met de kwaliteit van de neerslag. Dergelijk grondwater is arm aan opgeloste ionen en is in het algemeen zeer zacht. Het grondwater in de drie noordelijke provincies speelt, naast zijn talrijke andere functies, een zeer belangrijke rol in de bereiding van ons dagelijks drinkwater. ●



Af. 3 schematische weergave van het grondwater-stromingssysteem