

Winning van brak en zout grondwater t.b.v. de bereiding van drinkwater met hyperfiltratie

Inleiding

Het toenemend gebruik van drink- en industriewater maakt het noodzakelijk, naast traditionele bronnen als zoet grond- en oppervlaktewater, ook andere mogelijke bronnen voor de openbare drinkwatervoorziening in beschouwing te nemen. Twee van deze potentiële bronnen zijn brak en zout grondwater.

Een enige jaren geleden door het KIWA uitgevoerd oriënterend onderzoek heeft aangetoond, dat hyperfiltratie van brak grondwater interessante mogelijkheden kan bieden.



IR. A. S. SCHOLZE
TH - Delft

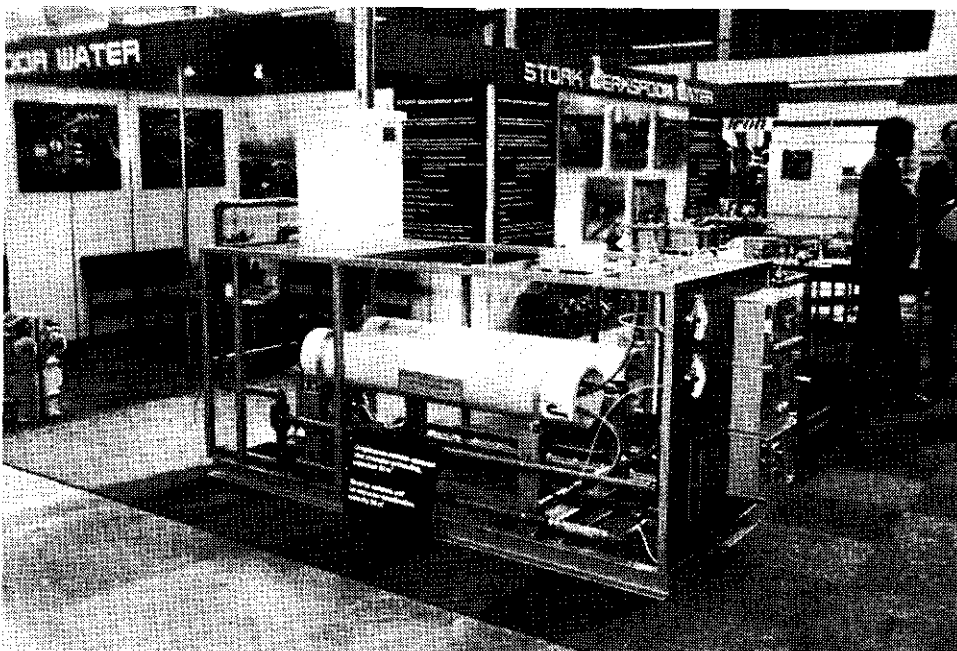


IR. J. C. SCHIPPERS
KIWA NV

Bij de glastuinbouw zijn voor de bereiding van giet- en sproeiwater inmiddels ca. 150 installaties in bedrijf die volgens dit principe werken. Hierbij wordt uitgegaan van licht brak tot brak anaeroob grondwater.

Een zorgvuldig gekonstrueerde winningsput en een aangepast ontwerp van de hyperfiltratie-installatie maken voorzuivering van dit water overbodig. Hierdoor kunnen

Afb. 1 - Hyperfiltratie-installatie.



deze installaties niet alleen relatief goedkoop zijn, maar ook volledig automatisch werken. In afb. 1 is een dergelijke installatie met een capaciteit van 50 m³/dag weergegeven. Afhankelijk van de grootte van de installatie bedragen de kosten ca. f 0,75 per m³ produkt bij een benuttingsgraad van 100 % [1].

Sinds kort zijn er hyperfiltratie-installaties op de markt, waarmee zout grondwater in één stap ontzilt kan worden tot drinkwater. De investeringskosten voor deze installaties zijn echter aanzienlijk hoger dan voor die welke brak water als voedingwater gebruiken. Ook de energiekosten zijn veel hoger. Desalniettemin is hyperfiltratie van anaeroob zout grondwater zo niet belangrijk goedkoper dan toch sterk concurrerend met flashverdamping en in bepaalde gevallen ook met transport van zoet water over grote afstand.

Alvorens de experimenten met hyperfiltratie op grotere schaal voort te zetten, is besloten aandacht te schenken aan de winningsmogelijkheden van anaeroob brak en zout grondwater. Een belangrijk aspect hierbij is de mogelijkheid van kwelvermindering door stijghoogteverlagingen ten gevolge van het onttrekken. Vermindering van brakke of zoute kwel kan in principe voordelen bieden voor de land- en tuinbouw, zodat op dit gebied de belangen van de openbare drinkwatervoorziening en de landbouw wellicht hand in hand zouden kunnen gaan.

Zoutgehalte

In de inleiding is reeds vermeld, dat brak grondwater voor de bereiding van drinkwater het meest aantrekkelijk is. Water met

een chloridegehalte van maximaal 10.000 mgCl⁻/l kan in principe nog juist met konventionele membranen omgezet worden in drinkwater. Is het chloridegehalte hoger, bijv. 10.000 mgCl⁻/l tot 19.000 mgCl⁻/l (zeewater bevat ca. 19.000 mg/l), dan dienen zgn. zeewatermembranen toegepast te worden, waardoor het proces belangrijk duurder wordt.

Bij brakwaterwinning op grote schaal kan na enige tijd zout water door de putten worden opgetrokken. Hierdoor gaat het voordeel van het gebruik van brak water verloren. Het is dan ook nodig een voorspelling te doen omtrent het al dan niet optreden van dit verschijnsel in een bepaalde periode.

Een geschikt hulpmiddel hierbij is een rekenmodel, gebaseerd op de vortextheorie voor vloeistofstromingen met verschillende dichtheden door een poreus medium.

Principe van de vortexmethode

Stromingsproblemen in een watervoerend pakket met grondwater van verschillend zoutgehalte kunnen volgens de vortextheorie opgelost worden door overgangen van zoet naar brak en brak naar zout te diskretiseren in grenslagen tussen zones met konstante waterdichtheden. In zo'n scheidingslaag, waar een lineair dichtheidsverloop over de dikte van de laag wordt verondersteld, blijkt volgens de Josselin de Jong de relatie te gelden [2]:

$$\nabla \times \mathbf{q} = - \left(\frac{\kappa g}{\mu} \frac{\partial \rho}{\partial y} \mathbf{i} - \frac{\partial \rho}{\partial x} \mathbf{j} \right) \quad (1)$$

Hierin is:

$$\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right)$$

\mathbf{i}, \mathbf{j} = eenheidsvektoren in x-, resp. y-richting

\bar{q} = specifiek debiet

κ = intrinsieke doorlatendheid van het watervoerend pakket

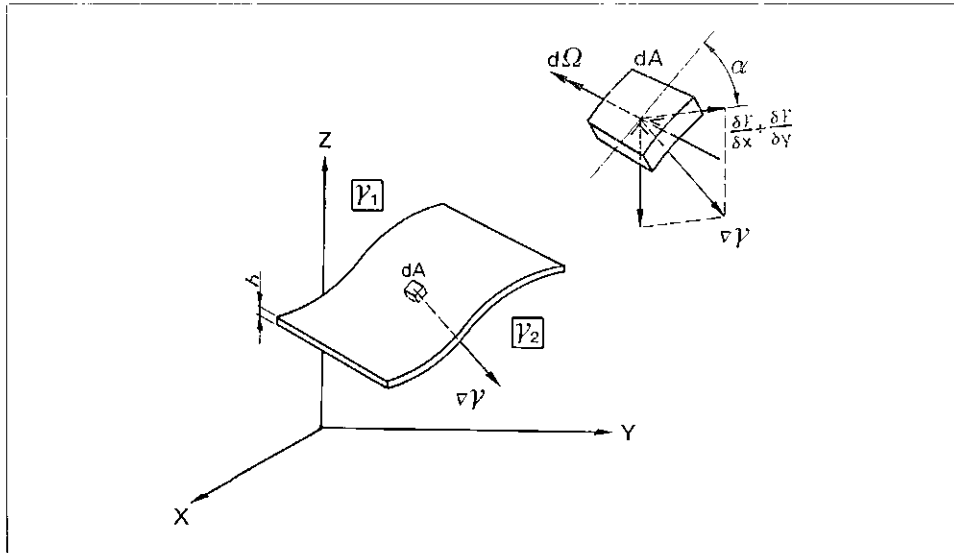
g = versnelling van de zwaartekracht

μ = dynamische viscositeit van het grondwater

ρ = dichtheid van het grondwater.

Verg. (1) geeft aan, dat in een grondwaterlaag met dichtheidsverschillen rotatie voorkomt, waarbij de wervelsterkte $\nabla \times \mathbf{q}$ evenredig is met de horizontale component van de dichtheidsgradiënt.

In afb. 2 is een oneindig klein elementje dA van een stuk scheidingslaag (dikte h) tussen twee grondwaterzones met verschillende konstante dichtheden geschetst ($\gamma_1 < \gamma_2$; γ = soortelijk gewicht van het grondwater). Dit elementje zal ten gevolge van het dichtheidsverschil naar een horizontale evenwichtspositie willen draaien. Deze roterende beweging kan opgevat worden als zijnde veroorzaakt door een werveltje $d\Omega$ met een



Afb. 2 - Elementje van een scheidingslaag tussen twee grondwaterzones met verschillende constante dichtheden ($\gamma_1 < \gamma_2$).

in dA gelegen horizontale as. De sterkte van dit werveltje volgt uit verg. (1):

$$d\Omega = -\frac{\kappa}{\mu} \left| -\frac{\partial\gamma}{\partial y} \mathbf{i} - \frac{\partial\gamma}{\partial x} \mathbf{j} \right| dA \cdot h \quad (2)$$

Indien α de hoek is tussen dA en de horizontale component van de dichtheidsgradiënt, dan geldt in dA :

$$\left| -\frac{\partial\gamma}{\partial y} \mathbf{i} - \frac{\partial\gamma}{\partial x} \mathbf{j} \right| = \frac{(\gamma_2 - \gamma_1)}{h} \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

Door verg. (3) in verg. (2) te substitueren is de wervelsterkte voor een elementje van een abrupt scheidingsvlak te vinden:

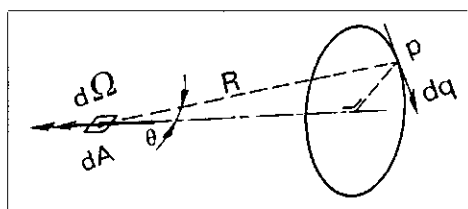
$$d\Omega = -\frac{\kappa}{\mu} (\gamma_2 - \gamma_1) \sin \alpha \cdot dA \quad (4)$$

Werveltje $d\Omega$ van scheidingsvlakelementje dA veroorzaakt in een punt P buiten dA een specifieke debietsvektor dq , zoals in afb. 3 geschetst is: tangentieel aan een cirkel door P , concentrisch rond en loodrecht op de wervelas. De grootte van dq wordt gegeven door:

$$|dq| = \frac{d\Omega}{4\pi R^2} \sin \Theta \quad (5)$$

waarin Θ de hoek is tussen de wervelas en de verbindinglijn van P met elementje dA ; R is de lengte van deze verbindinglijn.

Afb. 3 - Specifieke debietsvektor dq in P , veroorzaakt door werveltje $d\Omega$ van elementje dA .

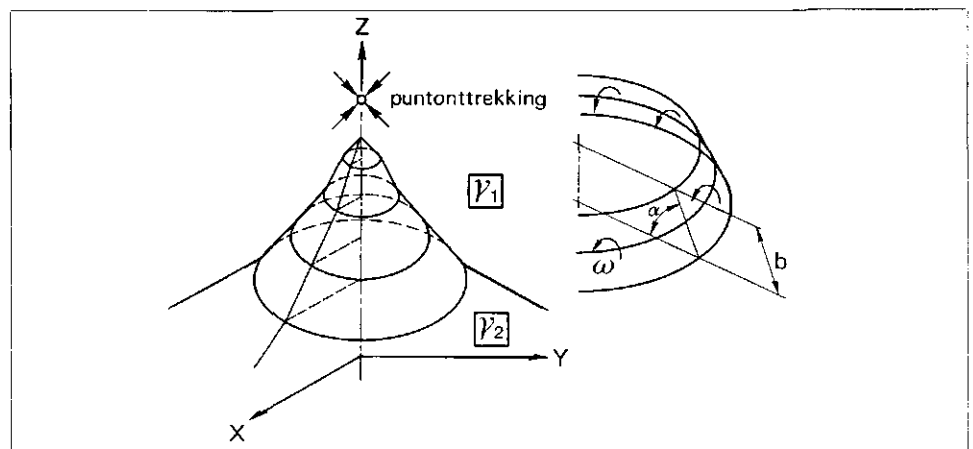


In geval van axiaal-symmetrische stroming, zoals optreedt bij een put, kan een vervormd abrupt scheidingsvlak tussen twee zones met constante waterdichtheden benaderd worden door een opeenstapeling van kegelsegmenten (zie afb. 4). De wervelbelegging van ieder segment of ringvormige band kan gekoncentreerd gedacht worden langs een lijn in het midden van de band. De sterkte van deze ringwervels volgt uit verg. (4):

$$\omega = -\frac{\kappa}{\mu} (\gamma_2 - \gamma_1) \sin \alpha \cdot b \quad (6)$$

Hierin is α de hoek, die de band met breedte b maakt met het horizontale vlak. Elke ring met wervels veroorzaakt in een willekeurig niet op de ring gelegen punt P een specifieke debietsvektor, die uit symmetrie-overwegingen ligt in het vlak door P en de symmetrie-as van het scheidingsvlak (z -as). Uitgaande van verg. (5) kan na een groot aantal bewerkingen de

Afb. 4 - Benadering van een axiaal-symmetrisch abrupt scheidingsvlak door kegelsegmenten; de wervelbelegging van elk segment wordt gekoncentreerd gedacht langs een ring.



radiale en verticale component van deze vektor geschreven worden als:

$$q_r, q_z = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{A + (B - A) \sin^2 \lambda}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \lambda}} d\lambda \quad (7)$$

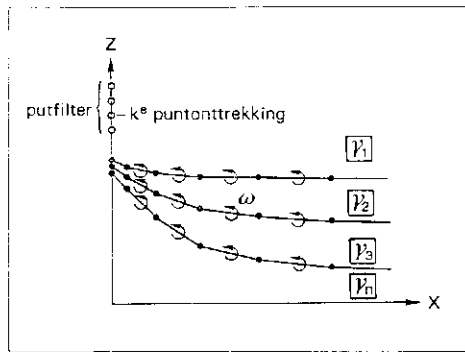
In deze uitdrukking, een complete elliptische integraal van de tweede soort, zijn de parameters A en B functies van de ringwervelsterkte ω en — evenals k — van de straal van de ring en de coördinaten van punt P [3].

Rekenmodel

Het grondwater in een watervoerend pakket waaruit onttrekking plaatsvindt, kan verdeeld worden in een eindig aantal zones met constante waterdichtheden, gescheiden door abrupte scheidingsvlakken. Door de verplaatsing van deze scheidingsvlakken ten gevolge van het onttrekken te berekenen, is de verandering in het zoutgehalte van het opgepompte grondwater te voorspellen.

Hiervoor worden de volgens afb. 4 geschematiseerde scheidingsvlakken en ringen met wervels vertikaal doorsneden langs de symmetrie-as. Dit geeft in het doorsnijdingsvlak aaneengeschakelde rechte lijnstukjes en een ringwerveltje ω in het midden van ieder lijnstukje (zie afb. 5); de assen van de werveltjes staan loodrecht op het doorsnijdingsvlak. Een put kan benaderd worden door een reeks puntonttrekkingen, ter plaatse van het putfilter gelijkmatig verdeeld over de symmetrie-as.

In een verbindingspunt $P_{i,j}$ (i^e punt van het j^e scheidingsvlak) tussen twee scheidingslijnstukjes zal een debietsvektor $q_{i,j}$ optreden, gelegen in het verticale doorsnijdingsvlak en opgebouwd uit:



Afb. 5 - Vertikale doorsnijing langs de symmetrie-as van geschematiseerde scheidingsvlakken.

1. een component $q^{(1)}$ ten gevolge van de ringwervels van alle scheidingslijnstukjes. Voor elk scheidingslijnstukje kan de sterkte van de ringwervel berekend worden met verg. (6). Sommatie van de volgens verg. (7) te bepalen specifieke debietsbijdragen van deze ringwervels geeft $q^{(1)}$.

2. een component $q^{(2)}$ ten gevolge van de put:

$$q^{(2)} = \sum_{k=1}^n \frac{k \varphi_k}{4\pi R_k^2} \quad (8)$$

waarin:

k = aantal puntonttrekkingen op de symmetrie-as

φ_k = k^e puntonttrekking

R_k = afstand tussen $P_{i,j}$ en k^e puntonttrekking.

Indien n de effectieve porositeit is van de grond in het beschouwde watervoerend pakket, dan volgt voor de snelheid van punt $P_{i,j}$:

$$v_{i,j} = \frac{q_{i,j}}{n} \quad (9)$$

De verplaatsing van de scheidingsvlakken na een tijdstapje Δt is nu te bepalen door de nieuwe positie van alle punten $P_{i,j}$ expliciet te berekenen uit:

$$P_{i,j}^{\text{nieuw}} = P_{i,j}^{\text{oud}} + \Delta t \cdot v_{i,j} \quad (10)$$

In de hierboven beschreven berekeningsprocedure is uitgegaan van een onbegrensd homogeen isotroop watervoerend pakket. Tot stroomlijn of equipotentiaallijn te schematiseren randen kunnen door middel van spiegelscheidingsvlakken en spiegelbronnen of -putten in rekening gebracht worden.

Lokatie

De keuze van de lokatie voor een studie naar de winningsmogelijkheden van brak en zout grondwater voor hyperfiltratie is in belangrijke mate bepaald door de volgende overwegingen:

— om praktische redenen moet de winplaats bij voorkeur liggen in een gebied waar het in principe binnen afzienbare tijd tot de mogelijkheden behoort, dat brak of zout grondwater gewonnen en gezuiverd wordt voor de openbare drinkwatervoorziening;

— de afvoer van de brijn mag op voorhand geen grote problemen oproepen;

— de invloed van de onttrekking op de omgeving moet op zijn minst acceptabel zijn, doch bij voorkeur voordelen opleveren;

— de kwaliteit van het grondwater en de te verwachten veranderingen hiervan tijdens de onttrekking dienen ter plaatse geen zodanige problemen met zich mee te brengen, dat de haalbaarheid van toepassing van het project op praktischschaal uiterst gering is. Hierbij wordt bijv. gedacht aan het niet strikt anaeroob zijn of worden van het grondwater, waardoor sterke membraanvervuiling te verwachten is.

Na een oriënterende studie blijkt onder andere het eiland Texel aan bovenstaande criteria te voldoen.

Situatie op Texel

Het drinkwaterverbruik op Texel bedraagt ruim 1 miljoen m³ per jaar, waarvan ongeveer de helft in het toeristenseizoen (juni t/m augustus) optreedt. Om aan deze behoefte te voldoen, onttrekt het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland (PWN) iets minder dan een half miljoen m³ zoet grondwater per jaar aan het zuidwestelijk gelegen duingebied rond de Mokslootvallei. De rest van het drinkwater wordt betrokken van de 'waterfabriek' annex elektriciteitscentrale bij Oudeschild. Hier wordt met een meertrapsontspanverdamer (multi-stage flash evaporator) uit zeewater zoet water bereid. Verwacht wordt dat het drinkwaterverbruik op het eiland in de toekomst verder zal toenemen. De mogelijkheden om de zoetwaterwinning op een ecologisch en economisch verantwoorde wijze uit te breiden ontbreken echter.

Volgens een door Rijkswaterstaat uitgevoerd geo-elektrisch onderzoek is zoet grondwater slechts in zeer beperkte mate op het eiland aanwezig [4]. Het grondwater van het Texelse poldergebied bezit reeds op geringe diepte een vrij hoog zoutgehalte.

Hyperfiltratie van brak en zout grondwater afkomstig uit deze polders is gezien de situatie dan ook in principe een mogelijkheid om de huidige productiecapaciteit van drinkwater op het eiland te vergroten. Als winplaats komen polder De Hemmer en polder Waal en Burg het meest in aan-

merking, gezien hun ligging nabij het bestaande pompstation te Den Burg. In het grondprofiel van deze polders zijn drie hoofdlagen te onderscheiden, van boven naar beneden:

1. een 10 tot 15 m dikke keileemlaag met een weerstand die vermoedelijk groter is dan 10.000 dagen, enkele meters onder het maaiveld gelegen;
 2. een even dik fijnzandige slibhoudende laag, waarvan de doorlaatfactor op 5 m/dag geschat is;
 3. een tot op grote diepte doorlopende, vrij homogene, goed doorlatende grove zandlaag met een geschatte doorlaatfactor van 50 m/dag.
- Omtrent het zoutgehalte van het grondwater op verschillende diepten in genoemde poldergebieden is weinig bekend. Waarschijnlijk bevindt zich direct onder de keileemlaag water met een hoog zoutgehalte. Dit kan onder andere afgeleid worden uit:

a. de resultaten van eerder genoemd geo-elektrisch onderzoek [4]. De specifieke elektrische weerstand direct onder de keileemlaag in de beschouwde polders is zeer laag; bij een grondprofiel zoals hiervoor beschreven is, wijst dit op zeer brak tot zout grondwater onder deze laag;

b. het hoge chloridegehalte van het sloot- en boezemwater in beide poldergebieden (zie tabel I). Stelt men voor de twee polders een waterbalans op, dan blijkt er gemiddeld slechts enkele cm kwel per jaar op te treden [5]. Weinig kwelwater en polderwater met een hoog chloridegehalte doen vermoeden, dat het grondwater direct onder de keileemlaag zeer brak of zout is.

TABEL I - Het chloridegehalte van het polderwater.

polder	chloridegehalte	
	lente mgCl-/l	zomer mgCl-/l
De Hemmer	500—1000	1000—2000
Waal en Burg	1000—2000	> 5000

Berekeningen

Om een indruk te krijgen van de snelheid waarmee zout water opgetrokken kan worden bij het winnen van eventueel aanwezig brak grondwater in de beschouwde polders, zijn enkele berekeningen uitgevoerd [5].

Hiervoor is — ondanks het ontbreken van betrouwbare gegevens over de samenstelling van het grondwater — van de volgende veronderstelling uitgegaan: onder de keileemlaag zijn drie verschillende grondwaterzones met konstant zoutgehalte

aanwezig, van boven naar beneden:

— brakwaterzone A met een gemiddeld chloridegehalte van 5000 mgCl⁻/l (dichtheid 1006,7 kg/m³) tussen 0 en -18 m t.o.v. de keileembasis;

— brakwaterzone B met een gemiddeld chloridegehalte van 10.000 mgCl⁻/l (dichtheid 1013,8 kg/m³) tussen -18 en -30 m t.o.v. de keileembasis;

— zoutwaterzone C met een gemiddeld chloridegehalte van 19.000 mgCl⁻/l (dichtheid 1026,4 kg/m³) vanaf -30 m t.o.v. de keileembasis.

Deze schematisatie is gebaseerd op een mogelijk chloridegehalteverloop in het grondwater onder de keileemlaag van het gekozen poldergebied. In afb. 6 is dit verloop geschetst. Het is echter allerminst zeker dat het werkelijk verloop hiermee overeenstemt.

De keuze van de waarden 5.000, 10.000 en 19.000 mgCl⁻/l voor de gemiddelde chloridegehalten van de grondwaterzones berust op eerder genoemde mogelijkheden van het hyperfiltratieproces.

In het jaar 2000 zal er naar schatting ca. 800.000 m³ extra drinkwater per jaar nodig zijn ter aanvulling van de zoetwaterwinning in de Mokslootvallei. Bij een omzettingpercentage van 75 % betekent dit een gemiddelde brakwateronttrekking van ca. 125 m³/uur.

Er is op grond van praktijkregels aangenomen dat deze hoeveelheid bij voorkeur onttrokken kan worden met een aantal putten dat ligt tussen de 9 en 16 putten. De bij deze aantallen behorende filterlengten zijn 7 resp. 4 m, indien een putdiameter van 10 cm wordt gekozen. De putfilters dienen direkt onder de keileemlaag geplaatst te worden, om het

optrekken van zout water zo veel mogelijk te beperken.

In tabel II zijn de resultaten van enkele berekeningen verzameld. De putafstanden zijn zo groot verondersteld, dat het optrekken van zout grondwater onder een put nauwelijks versterkt wordt door de omringende putten. Voor de in de tabel gegeven situaties geldt dit bij een putafstand groter dan 300 m.

TABEL II - Optrekkingstijd van water met een hoger zoutgehalte.

filter- lengte m	put- debiet m ³ /uur	k- waarde m/dag	brakwaterzone B bereikt het putfilter na	zoutwaterzone C
7	14	5	10 dagen	48 dagen
4	8	5	18 dagen	114 dagen
7	14	50	10 dagen	1 à 2 jaar
4	8	50	24 dagen	—

Uitgaande van het volgens afb. 6 aangenomen chloridegehalteverloop in het grondwater en een homogeen isotroop zandpakket onder de keileemlaag met een gemiddelde k-waarde van 5 m/dag, blijkt in zeer korte tijd water met een chloridegehalte van zowel 10.000 mgCl⁻/l als 19.000 mgCl⁻/l de putten te bereiken.

Wordt bij de berekeningen voor het zandpakket een gemiddelde k-waarde van 50 m/dag aangehouden, dan blijkt de situatie gunstiger te zijn. In geval van 9 putten met elk een debiet van ca. 14 m³/uur en een filterlengte van 7 m (onderkant filter op -7 m t.o.v. keileembasis) is het scheidingsvlak tussen de brak- en zoutwaterzone na 1 jaar onttrekking van -30 m tot -20,11 m t.o.v. de keileembasis opgetrokken. Waarschijnlijk zal het zoute water de putfilters bereiken voordat er 2 jaren verstreken zijn. Bij gebruik van 16 putten met debieten van ca. 8 m³/uur

en filterlengten van 4 m, zal genoemd scheidingsvlak na een jaar winnen 1,77 m opgetrokken zijn, zodat de putten door het zoute grondwater voorlopig niet bereikt lijken te worden. Een meer gefundeerde uitspraak omtrent dit geval vereist uitvoeriger berekeningen.

Samenvatting en conclusies

1. Indien er van uit wordt gegaan dat er winbare hoeveelheden anaeroob brak grondwater op het eiland Texel aanwezig zijn, dan bevinden deze zich waarschijnlijk direct onder de keileemlaag.

Berekeningen tonen aan dat bij onttrekking van dit brakke water in de polder De Hemmer en in de polder Waal en Burg sterke optrekking van zout grondwater te verwachten is.

2. De onttrekking van brak water direct onder de keileemlaag geeft vermindering van brakke kwel in de omgeving van de putten.

Door de hoge weerstand van de keileemlaag en het toelaatbare geringe putdebiet zal echter nauwelijks inzijging van neerslag rond de putten optreden.

Op lange termijn moet rekening worden gehouden met het aantrekken van dieper gelegen zout water, waardoor het kwelwater zouter wordt. Het is dan ook zeer twijfelachtig of het resultaat van kwelvermindering en zouter kwelwater positief is.

3. Op grond van de beschikbare gegevens is het echter waarschijnlijker dat er nauwelijks winbare hoeveelheden anaeroob brakgrondwater op Texel aanwezig zijn. Zekerheid hieromtrent kan slechts worden verkregen, indien er aanvullende metingen worden verricht betreffende het zoutgehalte van het grondwater op verschillende diepten.

4. In de situatie waarin er inderdaad geen winbare hoeveelheden brak water voorhanden blijken te zijn, is winning van zout grondwater te overwegen. Uit oogpunt van beperking van de brakke of zoute kwel in het poldergebied rond Den Burg is deze winning effectiever dan die van brak water. De investeringskosten en het energieverbruik zijn bij hyperfiltratie van zout water echter hoger dan van brak grondwater.

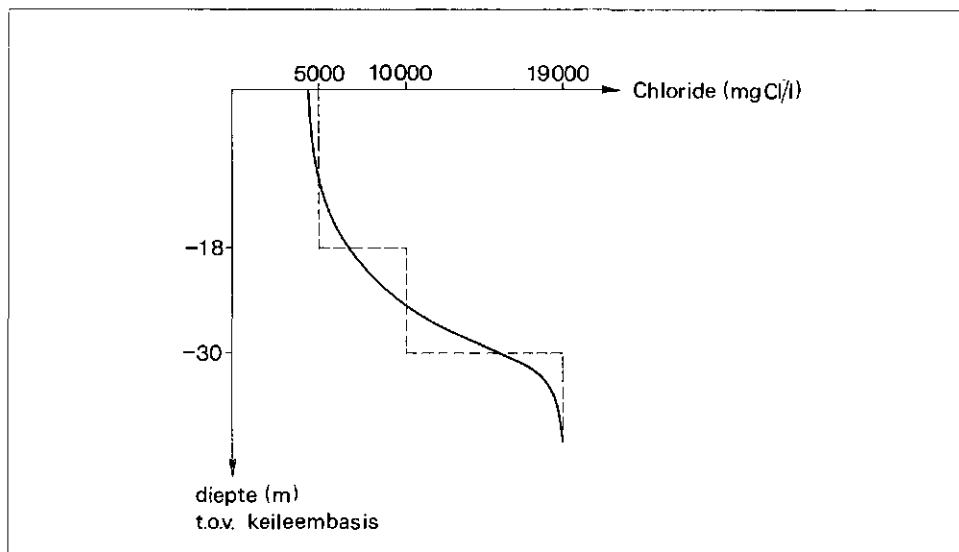
Ontzouting van zout anaeroob grondwater met hyperfiltratie is desalniettemin een aantrekkelijk alternatief voor processen water echter hoger dan van brak grondwater geproduceerd.

Verantwoording

Deze publikatie is tot stand gekomen in het

• *Vervolg op pag. 608*

Afb. 6 - Aangenomen chloridegehalteverloop in het grondwater onder de keileemlaag en de schematisatie hiervan (stippelijijn).



wellicht mogelijkheden. Voor het bijwonen van deze voorstellingen komen duizenden mensen op de been. Met houten of van gehard leer gemaakte poppen (wayang golek of wayang kulit) en ook wel door gemaskerde personen (wayang wong) worden oude mythologische verhalen gespeeld, begeleid door gamelan-muziek. De leider van het spel, de dalang, draagt deze verhalen voor. Daartussen worden echter allerlei aktualiteiten gevlochten, waar vooral de clowns, die in het spel niet ontbreken, zich toe lenen. Ook worden wel poppen vervaardigd, die bepaalde historische personen voorstellen. Zo zag ik in het wayang-museum te Jakarta niet alleen J. P. Coen, maar ook Soekarno, Schermerhorn en Van Mook. Als dit zo is, dan kan de dalang ook wel iets over het water vertellen...

Het is duidelijk, dat deze voorlichtings-activiteiten zich op desa-niveau moeten afspelen. De dorpschouwen (lurahs) die ik ontmoette, leken werkelijk geïnteresseerd, niet in het minst omdat de aanwezigheid van goed drinkwater het aanzien van hun dorpen zou vermeerderen. De gelegenheid tot voorlichting zal dus zeker wel gegeven worden, maar zoals ook bij ons de historie leert, kan de weg tot wijziging van gewoonten in het dagelijks leven nog lang zijn. Een ander probleem is de zorg voor het onderhoud van de installaties. Enige organisatie, die in staat is om onmiddellijk deze taak op zich te nemen, is, zoals ik al vermeldde, niet aanwezig. In de eerste plaats zullen groepen mensen dienen te worden geïnstrueerd om de installaties te verzorgen en eenvoudige gebreken te herstellen. Ze zullen daartoe op zijn minst enige tijd onderricht moeten ontvangen. Vervolgens zullen deze mensen zoveel mogelijk moeten gaan functioneren in bestaande organisaties op plaatselijk en regionaal niveau, die reeds andere verzorgende taken hebben. Het zal ongetwijfeld nog heel wat overleg kosten om de plaatselijk meest passende oplossing te vinden. Het OTA-33 team is daar inmiddels al mee begonnen.

Tenslotte is er nog het probleem van het geld. Het beste zou allicht zijn, dat de gebruikers de kosten van exploitatie en onderhoud betalen. Laatst las ik evenwel in een Indonesisch schoolboekje, dat het gebruik van water als gratis wordt verondersteld. Tot dusver klopt dat in het algemeen ook met de feiten, maar in een gemeenschap waarin geld toch al zo schaars is versterkt dit mijn indruk dat het niet eenvoudig zal zijn om het huishoudbudget, al is het nog zo weinig, te beïnvloeden door de mensen voor het water te laten betalen. Bij ons staat de kantonrechter gereed om wanbetalers tot de orde te roepen, maar dat

ligt daar iets anders. Alleen een sterk gezag lijkt in staat om het geld te innen; van een situatie waarin wanbetaling zou worden bestempeld als a-sociaal gedrag is men nog ver verwijderd. Niettemin moet de oplossing van het vraagstuk als urgent worden beschouwd, omdat de geldmiddelen van de Indonesische regering schaars zijn en voortzetting van subsidiëring voor langere tijd in een situatie waarin nog zoveel behoeften moeten worden gedekt niet in de lijn van de verwachtingen ligt.

Graag wil ik dit reisverslag besluiten met een ere-salut aan alle ontwikkelingswerkers in Indonesië en in het bijzonder aan het 'OTA-33' team, dat mij zo gastvrij heeft ontvangen. Hun inspanningen verdienen bekendheid, zodat ook de lezers van dit tijdschrift in de gelegenheid zijn om, verrijkt met deze informatie, hun een warm hart toe te dragen.



Open dagen Civiele Techniek TH Delft, 11 en 12 januari 1980

In het kader van de jaarlijkse diësviering van de TH-Delft organiseert de Afdeling der Civiele Techniek op 11 en 12 januari 1980 open dagen. Zo wordt op deze afdeling een tentoonstelling ingericht onder het motto: 'De civiele techniek in de praktijk, de praktijk in Civiele Techniek'.

Allereerst wordt de bezoekers een overzicht over het gehele vakgebied gepresenteerd. Daarna volgt een nadere uitwerking aan de hand van een twaaltal thema's: Milieu, Ontwikkelingsland, Land, Verkeer, Stad, Bouwen, Bodem, Zee, Kust, Delta, Rivier en Water.

Bij de thema's Milieu en Water komen o.a. drinkwaterwinning en -bereiding, afvalwaterinzameling en -behandeling en kwaliteitsbeheer van oppervlaktewater aan de orde. Ook kan een bezoek gebracht worden aan de diverse laboratoria van de afdeling, waar o.a. onderzoekstellingen op het gebied van drinkwater, afvalwater en milieutechniek te zien zullen zijn.

Open Dagen, Civiele Techniek, Stevinweg 1, Delft. Openingstijden: beide dagen van 10.00 - 16.00 uur.

● Vervolg van pagina 598

Winning van brak en zout grondwater t.b.v. de bereiding van drinkwater met hyperfiltratie

kader van een samenwerkingsverband tussen het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland, het Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen KIWA NV en de afdeling Civiele Techniek van de Technische Hogeschool Delft.

De studie welke ten grondslag ligt aan dit artikel is uitgevoerd als afstudeeropdracht onder supervisie van prof. dr. ir. J. C. van Dam van de vakgroep Waterbeheersing. Ir. H. M. Haitjema heeft door zijn begeleiding bij de opzet van het rekenmodel voor een essentiële ondersteuning van het geheel zorggedragen.

Literatuur

1. Schippers, J. C., 1978. *De bereiding van drinken industriewater met hyperfiltratie uit grond- en oppervlaktewater*. Procestechneek PT. 3, 503-512.
2. de Josselin de Jong, G., 1969. *Generating functions in the theory of flow through porous media*. Flow through porous media, R. I. M. de Wiest, (ed.). Academic Press, New York, 377-400.
3. Haitjema, H. M., 1978. *Introduction of inhomogeneous fluid and aquifer properties in non-steady three dimensional groundwater flow, by application of vortex distributions*. TH-rapport.
4. Dam, J. C. van, 1962. Rapport inzake het geoelektrisch onderzoek op Texel. Rijkswaterstaat, dienst voor waterhuishouding.
5. Scholze, A. S. *Studie naar de winningsmogelijkheden van brak grondwater op Texel*. KIWA-mededeling (in bewerking).



● Vervolg van pagina 602

Nalevering van fosfaat door sedimenten (III) interactie van fosfaat in sediment en (poriën)water

Acta 34, 621 e.v.
Nriagu, J. O., 1972, 'Stability of vivianite and ion-pair formation in the system $Fe_3(PO_4)_2-H_3PO_4-H_2O$ '. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 36, 454-470.

Nriagu, J. O. en Dell, C. J., 1974, 'Diagenetic formation of iron phosphates in recent lake sediments'. *Amer. Mineral.* 59, 933-946.

Sillén, L. G. en Martell, A. E., 1971, 'Stability constants of metal-ion complexes'. Chemical Society, London.

Stumm, W. en Leckie, J. O., 1971, 'Phosphate exchange with sediments: its role in the productivity of surface waters'. In: *Advances in Water Pollution Research* (ed. S. H. Jenkins). Pergamon Press, Oxford. Vol. 2, III-27/1-16.

Stumm, W. en Lee, G. F., 1960, 'The chemistry of aqueous iron'. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 22, 295-319.

Stumm, W. en Morgan, J. J., 1970, 'Aquatic Chemistry', Wiley-Interscience.

Singer, P. C., 1972, 'Anaerobic control of phosphate by ferrous iron'. *Journ. Water Poll. Contr. Fed.* Vol. 44, No. 4, 663-669.

Tessenow, U., 1974, 'Lösungs-, Diffusions- und Sorptionsprozesse in der Oberschicht von Seesedimenten (IV)'. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 47, 1-79.

