

Persputexperiment met het oog op compensatie van grondwaterstandsverlagingen

De NV Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland (WOG) onttrekt op het pompstation 'Lichtenvoorde' circa $1,5 \cdot 10^6$ m³ grondwater per jaar. Een definitieve vergunning voor deze onttrekking is tot nu toe niet verleend. Als reden hiervoor wordt genoemd dat de grondwaterstandsverlaging die de onttrekking teweegbrengt binnen de delen 'Schraalland' en 'Rietput' van het op circa 500 m afstand gelegen natuurterrein 'Koolmansdijk', schade aan de vegetatie zou kunnen toebrengen. De schade die de onttrekking mogelijk aan



IR. T. N. OLSTHOORN
KIWA NV



DR. F. G. MULDER
NV Waterleiding Maatschappij
Oostelijk Gelderland

'Koolmansdijk' toebrengt, wordt hier niet verder gespecificeerd. Een voor de hand liggende uitweg uit bovengeschetste problematiek lijkt verplaatsing van de grondwaterwinning naar elders. Aan het realiseren van zo'n alternatief zijn echter aanzienlijke consequenties verbonden wat tijd en geld betreft. Tevens mag niet uit het oog worden verloren, dat de milieuproblematiek vaak alleen maar wordt verplaatst naar de locatie van het alternatief. Een andere mogelijkheid lijkt het treffen van zodanige compenserende maatregelen dat de schade aan het natuurterrein wordt vermeden.

Wil een compenserende maatregel werkelijk kans van slagen hebben, dan moet deze het grondwaterpeil binnen het natuurterrein op het oorspronkelijke verloop handhaven. Van de mogelijke compenserende maatregelen kwam slechts kunstmatige infiltratie in aanmerking. Deze infiltratie is denkbaar door opstuwten van open waterlopen, dan wel door middel van infiltratieputten.

De grondwaterstand zelf fluctueert ten gevolge van natuurlijke invloeden als neerslag, verdamping en ondergrondse afvoer. De bedoeling van de infiltratie is om alleen verlagingen te compenseren die het gevolg zijn van de onttrekking van het grondwater en dus de natuurlijke fluctuaties niet te beïnvloeden. Deze kunnen buiten beschouwing blijven. Infiltratie via open waterlopen leek voor

Lichtenvoorde a priori onaantrekkelijk, vandaar dat het onderzoek zich op infiltratieputten heeft gericht.

Voordelen van infiltratieputten zijn, dat zij alle buiten het natuurterrein kunnen worden geplaatst. Bovendien kunnen alle toevoerleidingen ondergronds worden weggewerkt, zodat van de uiteindelijke installaties alleen kleine deksels van de infiltratieputten zichtbaar zijn. Dit maakt infiltratie met putten op het eerste gezicht een aantrekkelijke methode om grondwaterstands dalingen in natuurterreinen te compenseren.

De praktische toepasbaarheid van infiltratieputten hangt vooral af van de vraag of de putten al dan niet (snel) zullen verstopen. Juist naar dit aspect is, in opdracht van en in nauwe samenwerking met de WOG en de VEWIN, nader onderzoek gedaan. Tijdens dit onderzoek is tussen 29 juni 1978 en 29 mei 1979 in 3 nieuwe putten op het winterterrein continu grondwater geïnfilteerd dat uit één van de bestaande winningsputten afkomstig was.

In totaal is ruim 200.000 m³ water geïnfilteerd. Parallel aan deze experimentele studie is enig onderzoek verricht naar de chemie van het grondwater en is berekend

hoeveel water voor de compensatie geïnfilteerd zou moeten worden.

Situatie

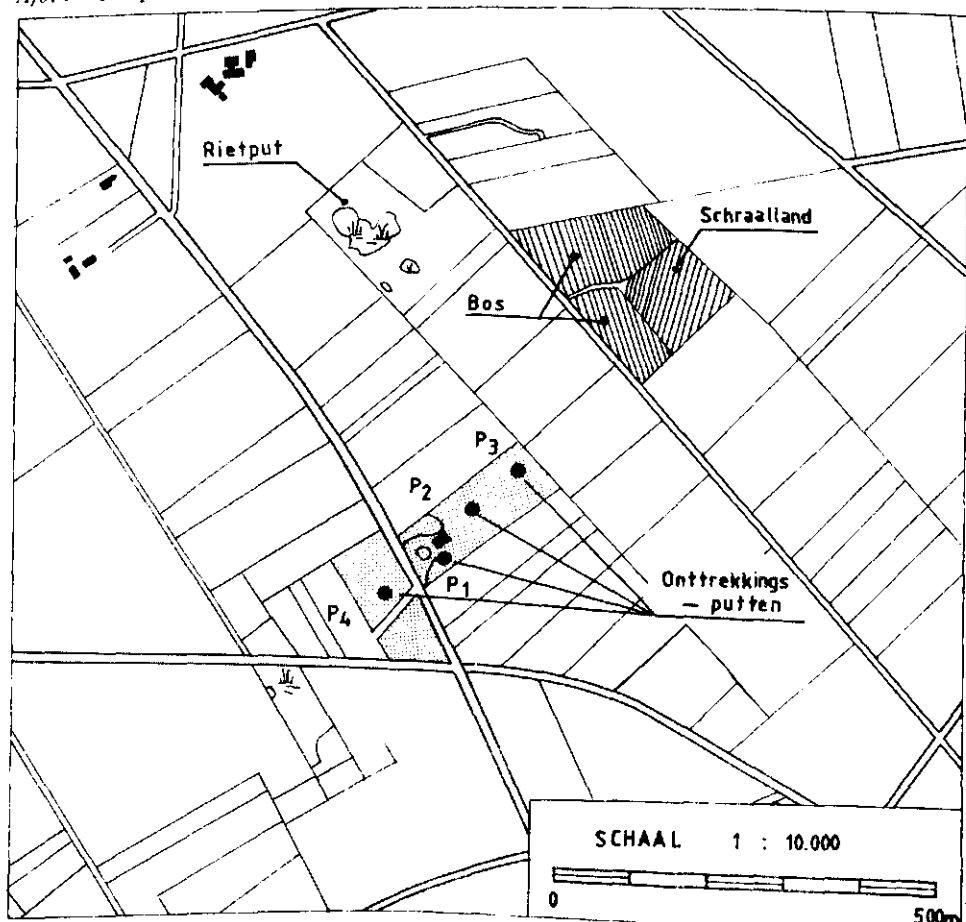
Afb. 1 geeft de plaatselijke situatie van de waterwinplaats, de 4 winningsputten en het natuurterrein met zijn afzonderlijke delen, bos (B), schraalland (S) en rietput (R).

Volgens het rapport van de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland [Deel 2, Grondslagen, p. 33, lit. 3] bestaat de watervoerende formatie ter plaatse uit:

1. Formatie van Twente 10 tot 20 m (fijne dekzanden) + NAP
2. Formatie van Kreftenheije 0 tot 10 m (zand en grind) + NAP
3. Plaatselijk: venige kleilagen van Eemien of ouder op ± NAP
4. Formatie van Drente 3 tot 10 m grof, grindrijk zand (fluvioglaciaal) - NAP
5. Formatie van Urk 10 tot 15 à 20 m (grof, grindrijk zand) - NAP
6. Marien Mioceen meer dan 20 m - NAP

Het grondwater wordt onttrokken tussen circa 25 en 35 m, diepte (-5 tot -15 m - NAP) dat wil zeggen vanuit de ter

Afb. 1 - Pompstation en natuurterreintjes bij Lichtenvoorde.



TABEL I - Op 21 maart 1978 op het pompstation Lichtenvoorde genomen monsters.

Monster punt	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		Redoxpot. (mV)	MFI (gemiddeld) (s/12)
	a	b	a	b		
Put P ₂	6,1	5,9	0,25	0,24	- 240	1,0 *
Put P ₃	3,3	3,3	0,21	0,21	- 313	0,58 *
Put P ₄	5,8	5,8	0,25	0,24	- 281	0,83

a. Analyse van ruwe grondwater;

b. Analyse van het grondwater na passage van Millipore membraanfilters met poriën van 0,45 micrometer;

* = gemiddelde uit tabel II.

plaatse grove en grindrijke Formatie van Drente. Aangezien de venige kleilagen van het Eemien niet in alle boringen zijn aangetroffen en het ondiepe grondwater sterk reageert op variaties in het diepe grondwater, moet van freatisch water worden uitgegaan.

Vooronderzoek

De belangrijkste oorzaken van verstopping bij het infiltreren van elders gewonnen grondwater zijn [lit. 1]:

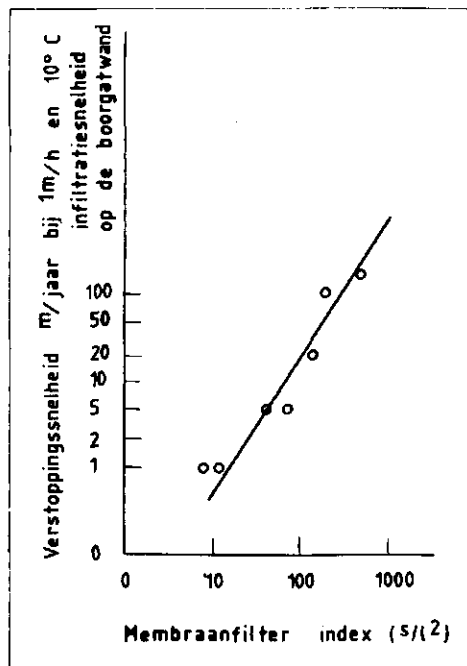
- neerslag van ijzerhydroxide en
- vrijkomen van methaangasbellen.

Het risico van neerslagvorming van het ijzerhoudende grondwater leek aanvaardbaar groot. Door het freatische karakter immers heeft zuurstofrijk neerslag- en slootwater direct toegang tot het watervoerend pakket, terwijl het grondwater daarin 3 tot ruim 6 mg ijzer per liter bevat (tabel I). Om beide mogelijke problemen te onderkennen en zonodig het ontwerp te kunnen aanpassen werd op 21 maart 1978 vooronderzoek uitgevoerd. Behalve de analyses in tabel I, werden tevens membraanfilterindices volgens Schippers en Verdouw [1978, lit. 9] bepaald. De membraanfilterindex is het resultaat van een verstoppingstest waarbij het te onderzoeken water onder 2 bar voor druk door een Millipore HFWP 4700 membraanfiltertje (diameter 47 mm, poriën 0,45 micrometer) wordt geperst.

De membraanfilterindex (MFI) is de tot nu toe meest relevante maat voor het verstoppend karakter van water (afb. 2). De verkregen lage waarde, gecombineerd met het feit dat geen ijzer of mangaan van betekenis op de membraanfilters achterbleef, leidde tot de conclusie dat het grondwater in het geheel geen zuurstof bevat. Op grond hiervan is verder afgezien van

TABEL II - Membraanfilterindex (MFI, dimensie: s/12) gemeten op het pompstation van de WOG te Lichtenvoorde op 21 maart 1978.

	1e meting	2e meting
Put P ₂	0,96	1,05
Put P ₃	0,58	0,57
Put P ₄	0,83	
Drinkwater	1,72	

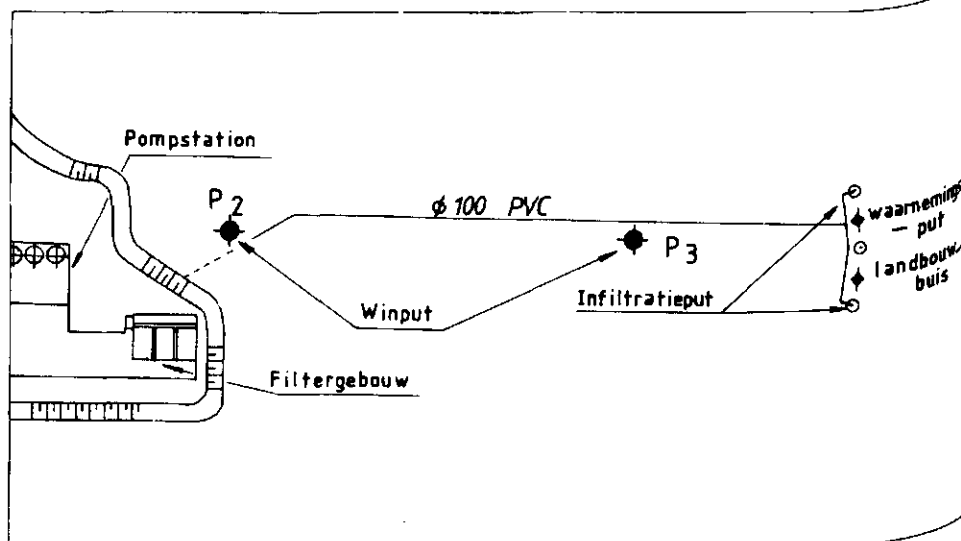


Afb. 2 - Verstoppingsnelheid van enkele Nederlandse infiltratieputten versus MFI van het infiltratiewater.

speciale maatregelen, als het gescheiden onttrekken van diep en ondiep grondwater en dergelijke.

De gastest, waarbij het grondwater onder atmosferische druk door een fles wordt

Afb. 3 - Proefopstelling op het waterwinterrein.



geleid om eventuele belvorming te kunnen waarnemen, gaf evenmin aanleiding tot ongerustheid.

Globaal ontwerp

Ter vergroting van de betrouwbaarheid van het proefresultaat is niet 1 maar zijn 3 putten geboord en ontworpen voor een infiltratiedebiet van respectievelijk 5, 10 en 25 m³/h.

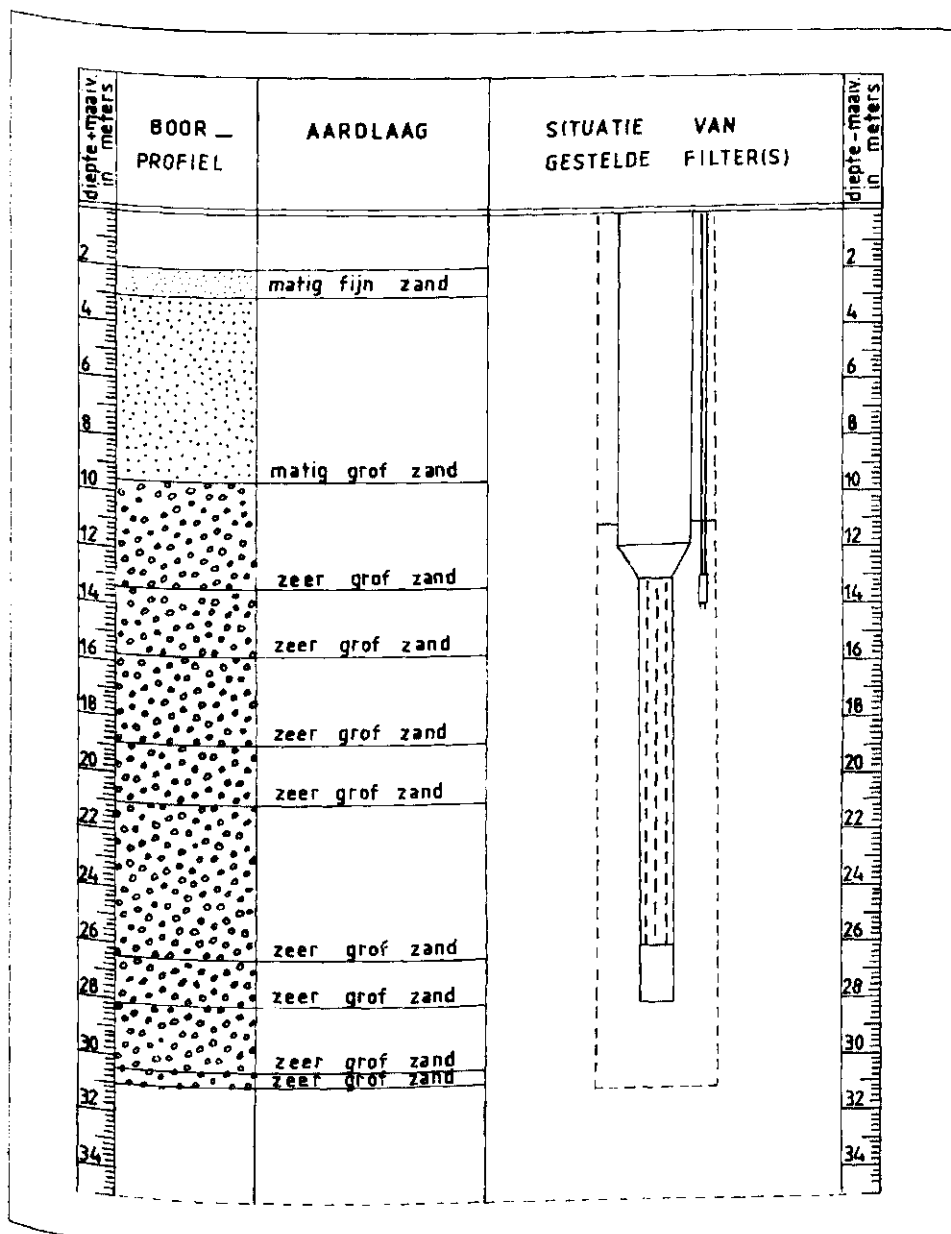
Wanneer, behalve het infiltratiedebiet van elke put, de watertemperatuur en de waterstanden in de putten en hun omstoring kunnen worden gemeten, is één extra waarnemingsput voldoende, om alle voor het verstoppingsonderzoek relevante gegevens te verkrijgen. Voorwaarde is dan wel, dat alle variaties door oorzaken van buiten, voor de drie putten en de waarnemingsput dezelfde zijn. De putten zijn daarom niet ver uiteen geplaatst. Ten behoeve van het chemische onderzoek is tevens een ondiepe landbouwbuis geplaatst. Om de invloed van de dichtstbijzijnde winningsput te elimineren, zijn de proefputten bovendien op een cirkel geplaatst met de dichtstbijzijnde winningsput als middelpunt. Beïnvloeding van de resultaten door rondpompen van water is voorkomen door het infiltratiewater van een verderweg gelegen onttrekkingsput (p2) te betrekken. De uiteindelijke lay-out van de proef is gegeven in afb. 3.

Detailontwerp

Het detailontwerp betreft in hoofdzaak de constructie van de toevoer naar de put (zie afb. 4 en 5).

De toevoer naar de put bevat achtereenvolgens:

- een ontluchtungskraan;



Afb. 4 - Boorbeschrijving van infiltratieput A.

- b. een kijkglas van doorzichtig perspexbuis;
- c. een watermeter;
- d. een manometer;
- e. een afsluiter (membraanafsluiter);
- f. een manometer;
- g. een 20 à 25 m lange inhangbuis.

Voorts zijn aanwezig:

- h. binnenpeilbuis met tegelijkertijd een overlooppunt;
- i. een buitenpeilbuis.

De constructie c t/m g is gedimensioneerd op het gewenste infiltratiedebiet. Dit deel van de constructie is uitwisselbaar gemaakt.

Toelichting op het detailontwerp

ad a.

Lucht kan een belangrijke oorzaak van verstopping zijn, omdat meegevoerde lucht-bellen in de omstorting van de retourput en tegen de boorgatwand vastlopen. Het is daarom van belang om het systeem goed te ontlichten voordat met de infiltratie wordt begonnen. Deze kraan dient tevens voor spuien en monsternamen.

ad b.

Daar het niet kan worden uitgesloten dat zich voor de infiltratie vuil in de toevoerleiding bevindt en tijdens de infiltratie vuil of lucht mee de retourput wordt ingevoerd, dan wel neerslagen ontstaan, is de toevoerleiding, ter controle van het water, van een stukje doorzichtig perspex

voorzien. Voorafgaand aan de infiltratie wordt zolang via de ontluiftingskranen gespuid, tot het vuil en de lucht zijn verdwenen. Deze voorziening heeft zijn nut duidelijk bewezen.

ad c.

De watermeter is toegevoegd voor meting van het momentane debiet en het totale volume dat is geïnfilteerd.

ad d.

Deze manometer dient ter controle van de druk in de toevoerleiding vóór de afsluiter.

ad e.

De afsluiter dient enerzijds om het infiltratiedebiet nauwkeurig af te regelen en anderzijds om elke put afzonderlijk te kunnen afsluiten, te demonteren en schoon te pompen. (Dit bleek tijdens de proef niet nodig.)

Daar in een geknepen afsluiter onderdrukken kunnen ontstaan, zou een lekkende afsluiter lucht kunnen aanzuigen. Behalve het reeds gesignaleerde probleem van lucht-bellen die zo in het water kunnen komen zou de zuurstof in de lucht het tweewaardige ijzer in het infiltratiewater oxyderen en laten uitvlokken, met verstopping van de retourput als gevolg. Om aanzuigen van lucht via de afsluiter te voorkomen zijn membraanafsluiters gebruikt.

ad f.

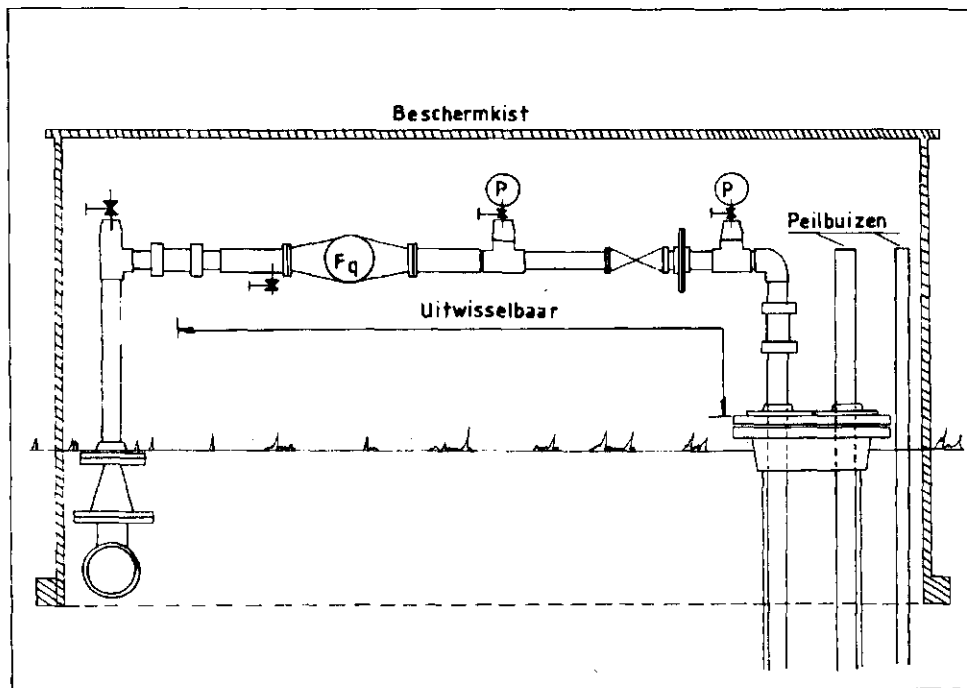
De manometer na de afsluiter dient ter controle van de druk in de inhangbuis. Deze buis moet onder druk blijven om te voorkomen dat het infiltratiewater vrij in de put valt en ook op deze manier bellen zouden ontstaan.

ad g.

De inhangbuis is lang gemaakt om hem ook als luchtleiding ten behoeve van het eventuele schoonpompen (luchtfliten) te kunnen gebruiken. Om een hoog schoonpompedebiet te kunnen krijgen moet het inblaaspunt van de perslucht zich immers voldoende diep bevinden. De inhangleiding is verder zodanig gedimensioneerd dat de wandwrijving bij het gewenste infiltratiedebiet de leiding onder voldoende druk houdt.

ad h.

Met de korte binnenpeilbuis kan de waterstand in de put worden gemeten. Deze peilbuis heeft tevens een overstortfunctie. Hij voorkomt dat de druk in de put te hoog oploopt als de put zou verstopen. Een drukhoogte van meer dan enkele meters waterkolom boven het maaiveld



Afb. 5 - Watertoevoer en Putkop.

bergt het gevaar in zich, dat de bodem rond de put splijt en het injectiewater zich een directe weg naar het maaiveld baant (onderloopsheid).

ad i.

De buitenpeilbuis dient om de verstopping van de filterspleten apart te kunnen meten. De gehele toevoerconstructie is met behulp van een kist beschermd tegen moedwillige beschadiging. Deze beschermingsconstructie kan bij de latere praktijkopstelling naar behoefte aan het landschap worden aangepast.

Zo nodig kan de constructie geheel of gedeeltelijk ondergronds worden afgewerkt.

Resultaten en conclusies

De hydrologische waarnemingen, de watertemperatuur en de membraanfilterindex (MFI) zijn gegeven in tabel III.

De infiltratiedebieten en de watertemperatuur zijn zeer constant geweest. De membraanfilterindex varieerde minder dan een factor 2 en bleef steeds erg laag (vergelijk afb. 2). Zoals de voor temperatuurs- en debietsveranderingen gecorrigeerde toename van het waterstandsverschil tussen de waarnemingsput en de 3 infiltratieputten aantoont (zie tabel III), was er van verstopping van enige betekenis geen sprake. Verstoppingstechnisch moet deze wijze van infiltreren derhalve mogelijk worden geacht.

Uit de chemische analyses (tabel IV) blijkt, dat het ondiepe grondwater door het dieper geïnfiltreerde grondwater wordt

verdrongen (de samenstelling van het monster in de ondiepe landbouwbuis verandert in de richting van die van het geïnfiltreerde water).

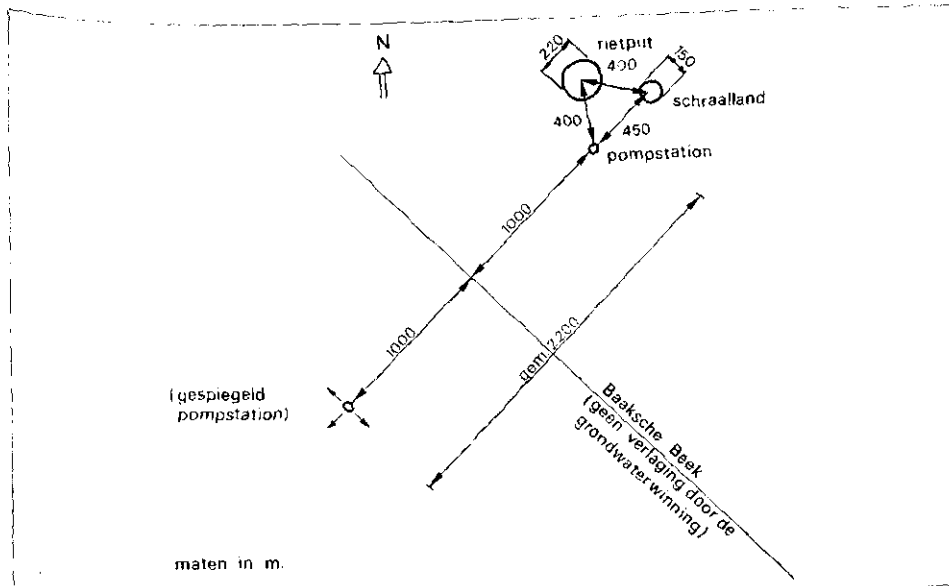
Ook bij een praktijkstelsel zal het oorspronkelijke grondwater in de buurt van de putten worden verdrongen door het infiltratiewater. Op grotere afstand van de

put wordt het geïnfiltreerde water echter door een laag neerslagwater bedekt met de samenstelling van die van het van oorsprong aanwezige grondwater. In situaties waar het infiltratiewater een te afwijkende kwaliteit heeft, verdient het aanbeveling om de infiltratieputten niet te dicht bij het natuurterrein te plaatsen, maar bijvoorbeeld minstens 50 m er vandaan en uitsluitend benedenstrooms van het natuurterrein. Aangezien het grondwater freatisch is, werkt een verhoging van de onttrekking, die ook in dit pakket plaatsvindt, relatief sterk door. Indien, zoals hier, het benodigde infiltratiewater extra aan de grondwaterwinplaats moet worden onttrokken impliceert dit, dat, bij een zo geringe afstand tot het natuurterrein, het merendeel van het water zou worden rondgepompt (afb. 3).

Uit de parallel uitgevoerde hydrologische studie kwam naar voren dat in de winterperiode, wanneer alle kleinere en grotere sloten watervoerend zijn, geen compensatie nodig is. In de zomerperiode echter fungeert uitsluitend de op 1000 m afstand gelegen Baaksche Beek als vaste rand (afb. 6). De wederzijdse beïnvloeding van de pomp- en de retourputten, die zich op slechts ca. 400 m in hetzelfde watervoerende pakket zouden bevinden is dan zo groot, dat het overgrote deel van het water zou worden rondgepompt. De voor de Rietput en het Schraalland benodigde in-

TABEL III - Infiltratieproef met 3 retourputten op het pompstation Lichtenvoorde (WOG).

Datum	30-6	15-8	26-10	15-12	7-2	26-4
Tijd	1015	1600	1115	1245	1130	1630
Temperatuur van het infiltratiewater (°C)	10,8	11,7	10,2	9,7	9,5	10,0
Membraanfilterindex (s/12)	0,67	0,51	0,53	0,91	-	0,69
Waarnemingsput (W)						150
Inpeiling (cm)	192	197	191	152	100	
Put A						
Totaal geïnfiltreerd (m ³)	106	5682	14299	20191	26744	36066
Momentsaan infiltratiedebiet (m ³ /h)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Inpeiling binnenpeilbuis (cm)	268	272	267	228	176	226
Inpeiling buitenpeilbuis (cm)	270	273	267	228	176	226
Toename van het waterstandsverschil tussen waarnemingsput en buitenpeilbuis ten opzichte van 2e dag (cm)	+1	+3	+3	+3	+3	+3
Put B						
Totaal geïnfiltreerd (m ³)	207	11328	28681	40759	53746	72429
Momentsaan infiltratiedebiet (m ³ /h)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Inpeiling binnenpeilbuis (cm)	279	285	278	239	188	237
Inpeiling buitenpeilbuis (cm)	280	285	278	239	187	236
Toename van het waterstandsverschil tussen waarnemingsput en buitenpeilbuis ten opzichte van 2e dag (cm)	+1	+1	+2	+3	+3	+2
Put C						
Totaal geïnfiltreerd (m ³)	520	27644	68426	96374	126435	170497
Momentsaan infiltratiedebiet (m ³ /h)	25	25	23	23	23	23
Inpeiling binnenpeilbuis (cm)	238	246	237	198	145	197
Inpeiling buitenpeilbuis (cm)	243	253	241	203	150	197
Toename van het waterstandsverschil tussen waarnemingsput en buitenpeilbuis ten opzichte van 2e dag (cm)	+1	-4	-1	-2	-1	+1



Afb. 6 - Schematisatie van het grondwatersysteem in het zomerseizoen.

filtratiecapaciteit zou 's zomers tweemaal zo hoog zijn als de productie, een hoeveelheid waarmee de huidige onttrekkings-

capaciteit dus zou moeten worden vergroot om de bestaande netto productie te handhaven.

TABEL IV - Uitgevoerde chemische analyses op het infiltratiewater (= grondwater van put 3) en het ondiepe grondwater uit de landbouwvuis. De getallen tussen haakjes hebben betrekking op het ondiepe grondwater, de overige op het infiltratiewater.

	26/9 1978	5/7 1978	25/8 1978	7/2 1979
geleidingsvermogen (S, 20 °C)	614 (1173)	569 (1160)	559 (739)	550 (550)
waterstof exponent (pH)	7,2 (7,6)	7,2 (7,3)	7,1 (7,1)	7,1 (7,2)
chloride (Cl ⁻)	35 (23)	34 (24)	35 (34)	34 (34)
nitriet (NO ₂ ⁻)	< 0,02 (< 0,02)	< 0,02 (< 0,02)	< 0,02 (< 0,02)	< 0,02 (< 0,02)
nitraat (NO ₃ ⁻)	< 1 (< 1)	< 1 (< 1)	< 1 (< 1)	< 1 (< 1)
sulfaat (SO ₄ ²⁻)	60 (248)	53 (266)	48 (130)	54 (48)
bicarbonaat (HCO ₃ ⁻)	276 (549)	268 (543)	261 (261)	266 (259)
kooldioxyde (CO ₂)	34 (32)	38 (51)	49 (41)	36 (26)
fosfaat (PO ₄)	0,80 (0,32)	0,81 (0,84)	0,99 (0,31)	0,60 (0,20)
ammonium (NH ₄ ⁺)	0,78 (0,68)	0,76 (0,82)	1,0 (0,81)	0,86 (0,09)
ijzer (Fe)	5,8 (9,8)	6,3 (13,5)	5,8 (6,6)	5,5 (9,2)
mangaan (Mn)	0,32 (1,00)	0,30 (1,4)	0,30 (0,82)	0,24 (0,52)
calcium (Ca ²⁺)	108 (245)	97 (250)	96 (136)	101 (106)
magnesium (Mg ²⁺)	5 (12)	9 (13)	3 (8)	6 (5)
natrium (Na ⁺)	15 (23)	17 (27)	16 (19)	19 (18)
kalium (K ⁺)	1,6 (1,6)	1 (2)	1 (1)	1 (1)
totale hardheid (°D)	16,4 (37,2)	15,8 (38,1)	14,2 (20,8)	15,7 (16,0)
hydrocarbonaathardheid (°D)	12,7 (25,2)	12,3 (24,9)	12,0 (12,4)	12,2 (11,9)
agressiviteit t.o.v. CaCO ₃	4	7	5	5
kaliumpermanganaat (KMnO ₄)	18 (15)	17 (12)	18 (14)	17 (30)

Compenseren met infiltratieputten vergt in de zomer erg veel water. In hoeverre injectie van water uit ecologisch oogpunt in de zomer noodzakelijk is - immers de grondwaterstanden zijn dan van nature reeds beneden de slootbodems gedaald - valt buiten het kader van dit onderzoek. Overigens zij opgemerkt dat in Lichtenvoorde door in het verleden uitgevoerde cultuurtechnische werken (diepe sloten), slechts een gedeeltelijke compensatie van verlagingen mogelijk is. Zodra de grondwaterstanden namelijk boven de slootbodems worden uitgetild, wordt al het daarboven geïnfiltraerde water via deze sloten afgevoerd.

Het belang van een goede samenwerking tussen cultuurtechnici en de waterleiding kan daarom niet genoeg worden onderstreept.

Desondanks kan deze compensatietechniek elders wel geschikt zijn. Met name is dit het geval wanneer de onttrekking in een dieper pakket plaatsvindt en slechts plaatselijk verlagingen in een ondiep pakket behoeven te worden voorkomen. In zo'n situatie zal de retourcapaciteit slechts een fractie van de onttrekkingscapaciteit uitmaken.

Literatuur

1. Brandes, M. C. et al. *Rejourbemaling*. Eindrapport van de Studiegroep Retourbemaling van de Sectie Tunneltechniek van het KIVI. Den Haag, november 1978, ± 200 pp.
2. Dekkers, J. H. J. en Holst, A. F. van. *Natuurreservaat 'Koolmansdijk (Lichtenvoorde)'*. Profielopbouw en doorlatendheid ICW-rapport nr. 1265. Wageningen 1976.
3. Nes, van de, Th. J. et. al. *Commissie Bestuuring Waterhuishouding Gelderland*. Modelonderzoek 1971-1974; Rapport nr. 2, Grondslagen. Arnhem, 1976; 381 pp.
4. *Idem*. Bijlage behorende bij deel 2 Grondslagen.
5. Olsthoorn, T. N. *Bescherming van het natuurterrein 'De Zandbrink' met behulp van persputten bij grondwateronttrekking in de Glindehorst (Gelderse Vallei)*. KIWA NV, Rijswijk, 1973, 26 pp.
6. Olsthoorn, T. N. *Bescherming van het natuurterrein Koolmansdijk met behulp van infiltratieputten*. Deel 1, Experimentele studie. KIWA NV, Rijswijk, augustus 1980 (SWI-284).
7. Olsthoorn, T. N. *Bescherming van het natuurterrein Koolmansdijk met behulp van infiltratieputten*. Deel 2a, Hydrologische studie (Algemeen). KIWA NV, Rijswijk, augustus 1980 (SWI-285).
8. Olsthoorn, T. N. en De Jonge, H. G. *Bescherming van het natuurterrein Koolmansdijk met behulp van infiltratieputten*. Deel 2b, Hydrologische studie (Computerberekeningen). KIWA NV, Rijswijk, augustus 1980 (SWI-286).
9. Schippers, J. C. en Verdouw, J. *De membraanfiltratie-index als kenmerk voor de filterbaarheid van water*. H₂O (12) 1979, nr. 4, pp. 104-108.
10. Waterleidingmij. Oostelijk Gelderland. *Het grondwaterstandsverloop in de omgeving van het pompstation 'Lichtenvoorde' in de jaren 1969, 1970 en 1971*. Doetinchem 1972, 4 pp.

