INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA nr 296.II d.d. 1-4-1965

Onderzoek naar de mogelijkheid tot winning van grondwater voor beregening van tuinbouwgewassen in Tuindorp Wellerlooi (L.)

Dr. N.A. de Ridder en W.B. Verhaegh

Inhoud

ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEID TOT WINNING VAN GRONDWATER VOOR BEREGENING VAN TUINBOUWGEWASSEN IN TUINDORP WELLERLOOI (L)

Dr. N.A. de Ridder en W.B. Verhaegh

1. Inleiding

Eén van de problemen op de tuinbouwbedrijven in Noord-Limburg en met name op die in Tuindorp Wellerlooi, is de kwaliteit van het gebruikte beregeningswater. In vele gevallen wordt dit water gekenmerkt door een hoog ijzergehalte, een lage pH en soms een relatief hoog chloridegehalte, waardoor directe schade (verbranding) aan de beregende gewassen ontstaat.

In opdracht van de Cultuurtechnische Dienst te Roermond werd een nader onderzoek ingesteld naar de mogelijkheden tot winning van grondwater in dit gebied. Doel van het onderzoek was na te gaan in hoeverre hier grondwater in voldoende hoeveelheid en van geschikte kwaliteit aanwezig is, teneinde vanuit een centraal gelegen punt het gehele tuinbouwcentrum van beregeningswater te kunnen voorzien.

In het kader van een geohydrologische verkenning van Noord-Limburg door DE RIDDER en HONDIUS (1958) waren in de onmiddellijke omgeving van Tuindorp Wellerlooi reeds twee diepboringen, P 60 en P 122 uitgevoerd, waaruit gegevens werden verkregen met betrekking tot het geologisch profiel, het doorlatend vermogen van de watervoerende lagen en de chemische samenstelling van het grondwater uit deze lagen.

2. Het verrichte onderzoek

Voor het onderhavige onderzoek zijn twee nieuwe exploratieboringen, P 138 en P 139 uitgevoerd, waarvan de ligging op bijlage 1 is aangegeven. De locaties van de oudere, in dit gebied bekende, boringen zijn eveneens op deze bijlage vermeld. De nieuwe exploratieboringen zijn als pulsboring uitgevoerd, waarbij op regelmatige afstanden monsters van het profiel zijn genomen. Deze pulsmonsters zijn op granulometrische samenstelling onderzocht. Met behulp van deze gegevens is een schatting gemaakt van de doorlaatfactoren van deze monsters, zodat een indruk kon worden verkregen van het doorlatend vermogen van het gehele watervoerende pakket. Boring P 138 bereikteeen diepte van 32 m en boring P 139 van 36 m beneden maaiveld.

Beide boringen zijn tijdelijk als pompput ingericht. Doordat in P 139 fijnzandige lagen en klei binnen het watervoerend pakket zijn aangetroffen, is het pompfilter eerst in de grove zanden onder de klei geplaatst en daarna in de grofzandige lagen boven de klei (zie bijlage 2).

1. Inleiding

In beide boringen zijn capaciteitsproeven gehouden, waarbij met verschillende debieten water aan de grove zandlagen is onttrokken. De potentiaalverlagingen in de pompput en aan de buitenkant van het putfilter zijn regelmatig gemeten. De diameter van het putfilter bedroeg 3".

Tijdens deze proefpompingen zijn watermonsters genomen, die door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek op chemische samenstelling zijn onderzocht. Van duplo monsters zijn op het laboratorium van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding de pH, het chloride- en ijzergehalte bepaald.

3. Geologische gesteldheid

De oudste afzettingen die zijn aangeboord, behoren tot het Mariene Mioceen (bijlage 2). Deze serie komt algemeen verbreid in de ondergrond voor en bestaat uit glauconiet- en glimmerrijke, slibhoudende, fijne zanden en kleien. De dikte van deze slecht doorlatende afzettingen is niet nauwkeurig bekend, maar zal zeker meer dan 200 m bedragen. Niet alleen door hun lithologische eigenschappen zijn deze afzettingen voor de grondwaterexploitatie ongeschikt, maar ook door hun wijze van ontstaan, namelijk in een marien milieu.

Zoals uit de geologische profielen in bijlage 2 blijkt, ligt de bovenzijde van de Miocene sedimenten niet overal op eenzelfde niveau. Zo ligt in P 122 en P 138 het Mioceen op 2 à 3 m - N.A.P., in P 60 op ca 17 m - N.A.P., in P 139 op ca 8,5 m - N.A.P. en in een nabijgelegen boring van de Rijkswaterstaat (no. 49) op ca 3,5 m + N.A.P. Deze variaties in diepteligging van de bovenzijde van deze serie zijn deels toe te schrijven aan erosie door latere rivieren die dalen hebben uitgeslepen in deze afzettingen. Anderzijds moet ook aan tektonische oorzaken gedacht worden. De niveauverschillen zijn dan ontstaan door bewegingen langs breukvlakken, waarbij de ene schol t.o.v. de andere is gedaald of gerezen. Een dergelijke breuk is de storing van Arcen, die tussen P 104 en 49 aanwezig is. Het lijkt waarschijnlijk, - gezien de relatief grote niveauverschillen - dat zich ook tussen de boringen P 139 en 49 en tussen P 60 en P 138 storingen bevinden.

Nadat de zee zich tegen het einde van het Mioceen uit dit gebied had teruggetrokken, trad gedurende het Plioceen sedimentatie op door rivieren vanuit het zuiden. De Kiezeloöliet formatie die toen werd gevormd, bestaat uit materiaal van zeer verschillende korrelgrootte, variërend van zware, humeuze kleien en fijne zanden tot grove, grindrijke zanden. In de boringen P 138 en P 139 reiken deze afzettingen tot ca 9,5 en 7,5 m + N.A.P. In het onderste deel zijn zij overwegend grofzandig en grindhoudend. In het bovenste deel overheersen fijne zanden.

Met een groot stratigrafisch hiaat rusten op deze jong Tertiaire formatie de grofzandige sedimenten van de Formatie van Veghel, die grotendeels gedurende het Riss-glaciaal door de Maas werd afgezet. In het oosten van het gebied ligt deze formatie aan/of dicht aan maaiveld, maar in boring P 139 wordt hij afgedekt door een 5 à 6 m dikke laag fijne zanden. Na de vorming van de Formatie van Veghel sneed de Maas zich in zijn eigen afzettingen in, waarbij een betrekkelijk smal dal werd gevormd ongeveer ter plaatse van de huidige rivierloop.
Dit dal werd later weer opgevuld met grove, grindrijke zanden, de z.g. Formatie van Grubbenvorst (boring P 104).

Samenvattend kan worden gesteld dat voor grondwaterwinning in Tuindorp Wellerlooi de Formatie van Veghel en de Kiezeloöliet Formatie eventueel in aanmerking komen. De totale dikte van het watervoerend pakket bedraagt in P 138 ongeveer 21 m en in P 139 ongeveer 25 m.

4. Capaciteitsproeven

De hoeveelheid water die aan een bepaalde geologische formatie kan worden onttrokken, is voornamelijk afhankelijk van het doorlatend vermogen (kD-waarde) van de betreffende formatie. Deze bodemconstante kan worden berekend uit de verlagingen die in de grondwaterspiegel op verschillende afstanden van de pompput optreden, indien gedurende langere tijd met een constant debiet water aan het pompfilter wordt onttrokken. Wanneer de kD-waarde bekend is, kan worden berekend hoeveel water aan een willekeurige pompput onttrokken kan worden.

Het verrichten van een pompproef is echter tijdrovend en kostbaar, omdat behalve een goed ingerichte pompput nog een aantal peilputten nodig is, gelegen op verschillende afstanden van de pompput. De beschikbare tijd en middelen lieten niet toe een dergelijke uitgebreide pompproef te verrichten, zodat volstaan is met het uitvoeren van capaciteitsproeven. Bij een capaciteitsproef wordt het debiet sprongsgewijze opgevoerd, waarbij de potentiaalverlaging wordt gemeten die aan de buitenkant van het putfilter optreedt. Voor de potentiaal verlaging (Δh) op het filter van een volkomen put in spanningswater of semi-spanningswater geldt:

$$\Delta h = - \frac{Q}{2 \pi kH} \cdot \ln \frac{R}{r_o}$$

waarin Q de putopbrengst, r_o de straal van het putfilter en R en kH geohydrologische constanten zijn.

Uit deze formule volgt dat de putopbrengst lineair toeneemt met Δh, en slechts weinig groter wordt wanneer de diameter van het putfilter 2" groter wordt gekozen. De putopbrengst neemt slechts 10% toe, wanneer een 6" putfilter wordt vervangen door één van 12".

Bijlage 3 geeft de resultaten weer van de capaciteitsproeven die in de putten P 138, P 139 I en P 139 II zijn gehouden. Het blijkt dat alleen bij de proef in put P 139 II een lineair verband is gevonden tussen putopbrengst (Q) en potentiaalverlaging (Δh). Het niet-lineaire verband dat voor de proeven in P 138 en P 139 I is gevonden, kan veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van freatisch water in plaats van spanningswater of semi-spanningswater.

Behalve door putfilters met grote diameter te gebruiken, kan de opbrengst van een put dus vergroot worden door een grotere potentiaalverlaging op de rand van het filter toe te laten. Met het toenemen van de onttrekking aan een put neemt echter ook de toestromingssnelheid van het grondwater naar het filter toe. Bij grote stroomsnelheden neemt de kans dat fijne bodemdeeltjes meegevoerd worden toe en kan verstopping van het filter optreden. Welke grootste stroomsnelheid nog kan worden toegelaten, zonder dat gevaar voor transport van fijne deeltjes bestaat, hangt af van de korrelgrootte-verdeling van het bodemmateriaal. Een exacte berekening van deze snelheid is echter niet mogelijk. Wel bestaan practijkcijfers, die aangeven dat voor permanente putten volgens Sichardt

$$V_{max} < 10 \sqrt{k}$$

waarin k de gemiddelde doorlaatfactor van het bodemmateriaal is waarin het putfilter gesteld is. Ervaringen uit de practijk hebben echter geleerd dat bij deze snelheid toch nog dikwijls verstopping van het putfilter optreedt. Daarom houdt men voor V_{max} de helft aan van de waarde die volgens deze formule wordt gevonden. Indien V_{max} bekend is, kan de maximale opbrengst van de put berekend worden met de formule

$$Q_{max} = 2 \pi r_o H \times V_{max}$$

waarin r_o = straal van de put en H = lengte pompfilter.

Aangezien betrouwbare gegevens betreffende de doorlatendheid der watervoerende lagen ontbreken (de uit de korrelgrootte geschatte k-factoren zijn niet meer dan grove benaderingen), lijkt het onder de gegeven omstandigheden zinvoller bij het bepalen van de maximale putopbrengst, uit te gaan van de resultaten der capaciteitsproeven (bijlage 3).

Zoals reeds werd opgemerkt, mogen de stroomsnelheden naar de put niet te groot worden. In de practijk zal men daarom geen grotere afpomping toelaten dan ca 2 m.

Indien echter bij het stellen van het pompfilter alle regels in acht worden genomen, kan de afpomping tot ca 3 m worden opgevoerd. Wanneer pompfilters van 6" zouden worden gebruikt, kunnen de putopbrengsten bij een bepaalde afpomping als aangegeven in bijlage 3, globaal met 15% toenemen. Er van uitgaande dat 6" filters van ongeveer dezelfde lengte worden gebruikt als bij de capaciteitsproeven, is de hoeveelheid water die onttrokken kan worden aan

put 138	, filter van	6.2 - 21.2 m - mv.	$Q \approx 40\ m^3/uur$
put 139 I,	" "	20.0 - 32.0 m - mv.	$Q \approx 35\ m^3/uur$
put 139II,	" "	6.2 - 11.2 m - mv.	$Q \approx 30\ m^3/uur$

5. De kwaliteit van het grondwater

De geschiktheid van een grondwater voor beregening van gewassen hangt af van de uitwerking die de minerale bestanddelen van het water op de plant en de grond hebben. Zouten kunnen de plantengroei fysisch belemmeren doordat, als gevolg van veranderingen in de osmotische processen, de opname van water door de plant wordt beperkt. In chemisch opzicht kunnen zouten schadelijk zijn omdat zij het metabolisme van de plant kunnen verstoren hetgeen de groei belemmert of remt. Het effect dat zouten op de bodem hebben, komt tot uiting in een verslechtering van de structuur, doorlatendheid en aëratie, die de plantengroei nadelig beïnvloedt.

In de literatuur zijn weinig gegevens bekend over de kwaliteit waaraan het water moet voldoen om geschikt te zijn voor beregening van gewassen. Dit vindt zijn oorzaak in het feit dat sommige bestanddelen van het water voor de ene plant schadelijker zijn dan voor de andere. Zo is bijvoorbeeld voor sommige planten sulfaat schadelijker dan chloride, maar voor andere planten geldt het omgekeerde.
Ook is bekend dat bij overigens gelijke concentraties, magnesiumzouten voor bonen schadelijker zijn dan natrium- of calciumzouten. Het is daarom moeilijk scherpe grenzen op te geven van toelaatbare concentraties van de diverse bestanddelen in beregenings- of irrigatiewater.

Een belangrijk gegeven bij de kwaliteitsbeoordeling van een grondwater is de totale zoutconcentratie, die wordt uitgedrukt in termen van het geleidingsvermogen voor electriciteit (EC). Dit geleidingsvermogen wordt gemeten in mhos per cm (reciproke ohms). Deze eenheid is groot en daarom maakt men gewoonlijk gebruik van kleinere eenheden zoals EC x 10^3 of millimhos per cm en EC x 10^6 of micromhos per cm. De EC waarde in millimhos per cm kan omgezet worden in grammen zout per liter door deze waarde met een factor 0.6 te vermenigvuldigen (EC = 10 millimhos per cm komt overeen met een zoutgehalte van 6 gram per liter). Uit de beschikbare analyses valt af te leiden dat de concentratie van het totaal aan opgeloste zouten in het grondwater in Tuindorp Wellerlooi en omgeving nogal varieert.

De EC waarden lopen uiteen van ca 120 tot 430 micromhos/cm (tabel 1). Opvallend is dat het zoutgehalte van het ondiepe grondwater in de putten P 60 en P 139 belangrijk hoger is dan dat van het diepe grondwater. Het ondiepe grondwater bevindt zich in de Jong Pleistocene Formatie van Veghel, het diepe grondwater in de Jong Tertiaire de Kiezeloöliet Formatie. Het watermonster uit P 138, afkomstig uit beide formaties, heeft echter eveneens een relatief hoog zoutgehalte (EC = 410 micromhos/cm).

De belangrijkste mineralen bestanddelen in het grondwater zijn calcium, magnesium, chloride en vooral sulfaat. Het water uit P 138 bevat zelfs 248 mg sulfaat per liter. Bijna alle watermonsters vertonen dan ook kenmerken van secundaire saliniteit (bijlage 4). In dit diagram, geïntroduceerd door PIPER (1944), wordt het chemische karakter van het watermonster door een enkel punt weergegeven, namelijk als de verhouding, uitgedrukt in % mval, van de Na + K, Ca + Mg, CO_3 + HCO_3 en Cl + SO_4 ionen. Het punt geeft dus de relatieve samenstelling van de monsters weer in termen van de kation-anion paren die langs de vier zijden van de grafiek zijn uitgezet. Uit de grafiek blijkt dus dat met uitzondering van P 60 I de watermonsters tot één en hetzelfde type behoren.

Van de andere bestanddelen in het grondwater is vooral het ijzer van belang, omdat dit bij hogere concentraties tot aanslag op en verkleuring van plantendelen en in sommige gevallen tot verbranding aanleiding geeft (ROORDA VAN EYSINGA, 1947). Uit proeven is gebleken dat sulfaat en chloride, in combinatie met ijzer verbranding kunnen veroorzaken. Het toelaatbare gehalte aan ijzer wordt op 10 mg/l geschat indien het water bovendien nog chloride en/of sulfaat bevat in gehalten van meer dan 50 mg/l.

Genoemde auteur wijst er verder op dat bij aanwezigheid van bicarbonaat in het water een hoog gehalte aan ijzer (grens bij 4 mg Fe per liter) geen verbranding, maar ijzeraanslag doet ontstaan.

Bij een nadere beschouwing van de analyseresultaten blijkt dat het watermonster uit put P 138 een zeer hoog gehalte aan ijzer bezit (ca 20 mg/l). Het gehalte aan sulfaat en chloride bedraagt in totaal 276 mg/l. Deze hoge concentraties, gecombineerd met een zeer lage pH = 3.4, maken dit water voor beregening van tuinbouwgewassen ongeschikt.

De beide watermonsters uit put P 139 vertonen een duidelijk verschillende samenstelling. Het monster uit de Formatie van Veghel op een diepte van 6 tot 11 m is vrij ijzerrijk (Fe-gehalte 9 mg/l), terwijl ook de concentraties aan sulfaat en chloride betrekkelijk hoog zijn (130 mg/l). Deze gehalten en de lage pH = 4 maken het gebruik van dit water riskant.

Grondwater van goede kwaliteit blijkt aanwezig te zijn in de Kiezeloöliet Formatie op 20 tot 32 m diepte in put P 139. Het gehalte aan ijzer bedraagt 4.7 mg/l, terwijl dat aan sulfaat en chloride slechts 45 mg/l bereikt. Deze concentraties gecombineerd met een pH = 6.2, maken dat dit water zonder risico's voor beregening gebruikt kan worden.

Tabel 1. Chemische analysen van het grondwater in Tuindorp Wellerlooi en de naaste omgeving

Boring nr.	P138		P139 I		P139 II		P60		P60		P104		P122	
Filterdiepte in m-m.v.	6,00 - 21,00		20,10 - 32,10		6,20 - 11,20		23,18 - 24,13		5,59 - 6,55		14,10 - 15,05		18,77 - 19,77	
Elektr.geleidingsverm.(micromhos/cm)		410		178		432		118		296		120		236
Waterstofexponent (pH)		3,4		6,2		4,0		6,5		6,5		5,75		5,8
Chemisch onderzoek	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l
Kalium permanganaat verbruik	24		24		44		20,1		69,8		6,5		3,0	
Chloride (Cl')	28	0,79	24	0,68	45	1,27	12,5	0,35	34,5	0,79	20,0	0,56	30,0	0,85
Nitriet (NO_2')	0,07		0,07		0,1		0		0		sp		0	
Nitraat (NO_3')	2	0,03	3	0,05	0		0		0		sp		0	
Sulfaat (SO_4'')	248	517	21	0,44	85	1,77	8,8	0,18	108,4	2,26	35,0	0,73	81,2	1,70
Bicarbonaat HCO_3')	0	0,00	9	0,15	0	0,00	36,6	0,60	9,0	0,14	6	0,10	9,0	0,15
Vrij koolzuur (CO_2)	0	5,99	4	1,32	0	3,04	29,2	1,13	40,0	3,37	25,3	1,39	24,0	2,70
Carbonaat (CO_3'')	0		0		0		0		0		0		0	
Fosfaat (PO_4''')	0		0		0,7		0,5		0,19		0,05		0,04	
Kiezelzuur (SiO_2)	18		7		0		34,0		34,8		6,4		8,4	
Zwavelwaterstof(H_2S)	-		-		-		-		-		-		-	
Ammonium (NH_4^+)	2,4	0,13	1,2	0,07	1,06		0,62	0,03	sp.		0,07		0,09	0,01
Org.ammonium(NH_4)	0,6		0,5		0,4		0,14		0,84		0,03		0,09	
IJzer (Fe)	19,8		4,7		9,0		4,8		16,7		2,8		6,9	
Mangaan (Mn)	0,4		0		0,5		0,05		0,17		0,26		0,09	
Calcium (Ca^{++})	58,6	2,93	12,1	0,61	26,8	1,34	10,4	0,52	30,9	1,54	9,2	0,46	20,2	1,01
Magnesium (Mg^{++})	26	2,17	6,0	0,50	9,0	0,75	1,9	0,16	12,8	1,06	3,1	0,26	11,9	0,99
Alkali Natrium (Na^+)	10	0,43	3,3	0,14	7,8	0,34	9,5	0,41	19,9	0,87	14,5	0,63	16,4	0,72
Alkali Kalium (K^+)	9,5	0,24	0,0	0,0	2,1	0,05								
	-	5,90	-	1,32	-	2,48		1,12		3,47		1,35		2,73
Agressiviteit t.o.v. $CaCO_3$	-		-		-		zeer agressief		zeer agressief		zeer agressief		zeer agressief	
Totale hardheid in °D	11,5		1,1		4,6		1,9		7,3		2,0		5,6	
Tijdelijke hardheid in °D	0		0,5		0		1,7		0,4		0,3		0,4	
Blijvende hardheid in °D	11,5		0,6		4,6		0,2		6,9		1,7		5,2	

Het feit dat in put P 139 het diepe grondwater een aanmerkelijk betere kwaliteit bezit dan het ondiepe grondwater is in overeenstemming met de situatie in put P 60. In deze put bevat het diepe grondwater uit de Kiezeloöliet Formatie slechts 4.8 mg Fe per liter, tegen 16.7 mg Fe per liter in het water uit de Veghel Formatie. Ook de gehalten aan sulfaat en chloride zijn voor het water uit eerstgenoemde geologische formatie belangrijk lager dan in het ondiepe water uit de Veghel Formatie.

Het water uit de Kiezeloöliet Formatie in P 122 vertoont analoge kenmerken, al zijn de concentraties aan sulfaat, chloride en ijzer wat hoger dan in de monsters uit de andere putten in deze formatie.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat voor de grondwaterwinning uitsluitend de Kiezeloöliet Formatie in aanmerking komt, omdat het grondwater dat zich hierin bevindt, van redelijke tot goede kwaliteit is.

6. Conclusies en aanbevelingen

1. In de ondergrond van Tuindorp Wellerlooi komen boven de slecht doorlatende Miocene basislaag grofzandige afzettingen voor behorend tot de Jong Pleistocene Formatie van Veghel en de Pliocene Kiezeloöliet Formatie.
2. De totale dikte van deze formaties,die voor grondwaterwinning eventueel in aanmerking komen, bedraagt ongeveer 20 tot 25 m. De variaties in dikte van dit watervoerend pakket zijn een gevolg van tektonische bewegingen langs breuken, waardoor sommige schollen zijn opgeheven en andere afgezonken. Tot deze verschillen in dikte kunnen ook erosieverschijnselen (daluitschuring) hebben bijgedragen.
3. Op grond van de resultaten van capaciteitsproeven is de maximale hoeveelheid water, die bij gebruik van 6" pompfilters aan put P 138 onttrokken kan worden, globaal op 40 m^3/uur te stellen en aan put P 139 op 65 m^3/uur. Bij deze debieten zal de afpomping ongeveer 3 m bedragen.
4. Het grondwater in het watervoerend pakket vertoont kenmerken van secundaire saliniteit, met als belangrijkste bestanddelen calcium, magnesium, chloride en sulfaat.
5. Er bestaan duidelijke aanwijzingen dat het grondwater uit de Veghel Formatie van inferieure kwaliteit is. Behalve door relatief hoge gehalten aan chloride en vooral sulfaat, kenmerkt dit ondiepe grondwater zich door een lage pH en een hoog ijzergehalte.
6. Het grondwater dat zich in de Kiezeloöliet Formatie bevindt, is van redelijke tot goede kwaliteit. De gehalten aan chloride en sulfaat zijn laag (in P 139 resp. 24 en 21 mg/l), evenals het gehalte aan ijzer (4.7 mg/l). De pH bedraagt 6.2. Dit diepe grondwater zal zonder risico's gebruikt kunnen worden voor beregening van tuinbouwgewassen.

7. Doordat de Formatie van Veghel niet voor grondwaterwinning in aanmerking komt, zal bij gebruik van 6" pompfilters van dezelfde lengte als bij de capaciteitsproef werden gebruikt en een maximaal toelaatbare potentiaalverlaging op de rand van de put van 3 m, de maximale hoeveelheid water die aan de Kiezeloöliet Formatie in put P 139 kan worden onttrokken, globaal 35 m^3/uur bedragen.
8. Gezien de grote hoeveelheden water die voor beregening nodig zijn - voor een kas van 30 are naar schatting 18 à 25 m^3/uur - is het duidelijk dat voor het stichten van een centrale waterwinplaats van waaruit de tuinbouwbedrijven van water moeten worden voorzien, een aantal pompputten nodig zijn.
9. Het verdient aanbeveling, bij eventuele stichting van een dergelijke centrale waterwinplaats, voorshands niet meer dan 3 of 4 pompputten in te richten, met putfilters in Kiezeloöliet Formatie op ca 20 tot 32 m beneden maaiveld. Er van uitgaande dat de geohydrologische omstandigheden overeenkomen met die in P 139, zullen deze putten in totaal 100 tot 140 m^3/uur kunnen leveren. Deze putten zouden geprojecteerd kunnen worden in een ZO - NW lopende raai over P 139, op onderlinge afstanden van ca 50 à 75 m. Met het oog op de slechte kwaliteit van het grondwater in P 138 verdient een raai in ZO - NW richting de voorkeur boven één in de richting naar P 138.
10. De putfilters dienen van een goede omstorting te worden voorzien. Aan de buitenkant van het putfilter moet een klein peilfilter in de omstorting worden gesteld. Tijdens de proefpomping dient met een tweemaal grotere capaciteit te worden gepompt dan die welke uiteindelijk bij de permanente waterwinning zal worden aangehouden. Een en ander is nodig om het filter schoon te pompen en verstopping te voorkomen. Tijdens het pompen dienen de potentiaalverlagingen in de put en in het peilfilter buiten de put gemeten te worden, terwijl het verder aanbeveling verdient in ondiepe peilbuizen in de omgeving van de put de eventuele peilverlagingen van het freatisch vlak te meten. Treden geen te grote verlagingen op en blijkt de kwaliteit van het water aan de gestelde eisen te voldoen, dan kan het aantal putten worden uitgebreid tot de benodigde hoeveelheid water is verkregen.

7. Literatuur

Hem, J.D. (1959)	Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, Geol. Survey Water-supply paper 1473, Washington, 269 pag.
Hydrologisch Colloquium (1962)	Permanente grondwaterstroming naar putten. Gem. Waterleiding Amsterdam, 273 pag.
Piper, A.M. (1944)	A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. Trans. Amer. Geoph. Union, pag. 914 - 923.
Ridder, N.A. de en P. Hondius (1958)	De geohydrologische gesteldheid van Noord-Limburg. Med. 4, I.C.W., pag. 1 -15.
Roorda van Eysinga, J.P.N.L. (1961)	Problemen met ijzerhoudend sproeiwater in de groenteteelt onder glas. Med. Dir. Tuinbouw 24, 11, pag. 641 - 644.
Todd, D.K. (1959)	Groundwater hydrology, New York, 336 pag.

Wageningen, april 1965