

# Kenmerken van grondwaterwinningen

Voordracht gehouden tijdens de 31e Vakantiecursus in Drinkwatervoorziening 'Drinkwater in breder verband', die op 11 en 12 januari 1979 te Delft werd gehouden.

## Inleiding

In 1916 verscheen er een rapport over de drinkwatervoorziening in Oostelijk Gelderland. Dat rapport beschrijft de toen heersende situatie, waarin handpompen in de woningen en de dorpspomp de watervoorziening uitmaakten, als volstrekt onvoldoende en geeft vervolgens aan, op welke wijze deze omstandigheden zouden kunnen worden verbeterd.

Het is de moeite waard eens te bezien, op welke manier de auteur van het rapport over de centrale drinkwatervoor-

stoffen verkeert grondwater in het voordeel boven oppervlaktewater.

Ook nu weer zien we af van wat er staat en bepalen we ons tot hoe het er staat. We constateren dan dat we thans met veel grotere voorzichtigheid de eigenschappen van grondwater beschrijven en verder, dat we ons in voornamelijk relatieve zin uitdrukken, bijv. door het grondwater met z'n eigenschappen te stellen tegenover het oppervlaktewater.

Uit ons voorbeeld kunnen we afleiden, dat de omstandigheden en ook onze kennis van zaken in de loop der tijden zodanig zijn veranderd, dat we onze aanduidingen omtrent de betekenis van het grondwater in kwantitatieve en kwalitatieve zin moesten wijzigen.

Nu is dat op zich niets bijzonders, toch hechten we eraan er op te wijzen, omdat niet alleen de omstandigheden en onze kennis ter zake met de tijd veranderd zijn, maar mede daardoor ook de inzichten ten aanzien van de maatschappelijke betekenis van een activiteit als grondwaterwinning. Het is van belang dat in het oog te houden, als we over kenmerken van grondwaterwinnig komen te spreken. We zullen voorzichtig moeten omspringen met het begrip 'kenmerk'. Kenmerken zijn maar zelden

absoluut, ze berusten veelal op vergelijking met andere waarden en aldus zijn ze vaak niet vrij van subjectiviteit. Kenmerken berusten ook vaak op inzichten en omstandigheden van het ogenblik en zijn daardoor tijdafhankelijk. Men zal goed doen in het navolgende zoveel mogelijk deze aspecten in het oog te houden.

## De mogelijkheden van grondwaterwinning in Nederland

Vershillende malen is in de vakantiecursus over de mogelijkheden van grondwaterwinning gehandeld. In 1960 was het Santing, die de grondwaterbalans van Nederland behandelde. Hij concludeerde dat geo-hydrologische omstandigheden in ons land zodanig zijn, dat vrijwel overal grondwater gewonnen kan worden. Hij gaf daarbij de kaart van Nederland, waarop aangegeven de zoet- en zout-grens van het grondwater, en liet zien dat de winning van grondwater vrijwel uitsluitend geschiedde in die landsgedeelten, waar het grondwater zoet is.

Dit algemene beeld is sinds 1960 niet gewijzigd, de onderstaande afb. 1, afkomstig uit het Structuurschema, laat dat zien.

Een algemeen inzicht in de mogelijkheden



IR. H. HAVERKATE  
NV Waterleidingmij Oostelijk  
Gelderland, Doetinchem

ziening schreef. Dat ging namelijk als volgt:

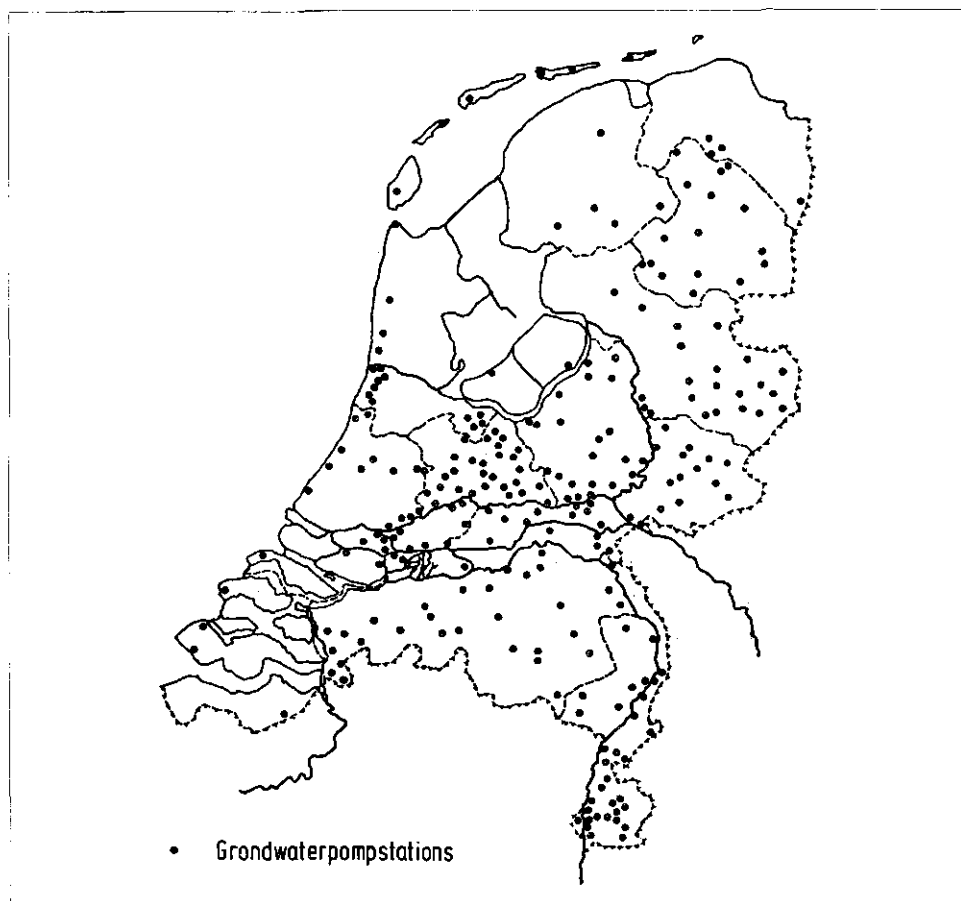
Alleen een centrale drinkwaterleiding kan hierin afdoende verbetering brengen, omdat zij altijd water leveren kan, ook in de droogste en heetste tijden als er overigens watergebrek is en de behoefte aan water bijzonder groot en algemeen is en omdat zij te allen tijde frisch en smakelijk water kan leveren van superieure kwaliteit, uit de zuivere diepe grindlagen van de bodem opgepompt en onder hoogen druk door de buisleidingen geperst, zonder dat het op eenige wijze verontreinigd wordt.

Wij willen ons niet begeven in een uitvoerige analyse van het citaat, maar slechts wijzen op één in het oog vallend aspect ervan en dat is de stelligheid, om niet te zeggen de absoluutheid, die de auteur bezigt als hij zowel de kwantitatieve als in kwalitatieve zin over grondwater spreekt. Het is niet moeilijk om aan te tonen, dat onze hedendaagse inzichten een dergelijke absolute waardering niet meer toelaten. Bezien wij bijv. uit het Structuurschema voor de Drink- en Industrierwatervoorziening de paragraaf, welke handelt over de kwaliteitsaspecten van zoet grondwater, dan vinden we daar onder meer de volgende twee uitspraken:

a. In het algemeen is grondwater microbiologisch betrouwbaar en duidelijk in het voordeel ten opzichte van het oppervlaktewater.

b. Ook in algemeen opzicht, met name ten aanzien van de aanwezigheid van reuk- en smaakstoffen, toxische metaalverbindingen, organische bestrijdingsmiddelen, kankerwekkende stoffen en radio-actieve

Afb. 1 - Spreiding van de grondwaterpompstations van de waterleidingbedrijven over Nederland.



tegenstelling tot de drie, hiervoor genoemde, categorieën — niet de te onttrekken hoeveelheid voorop staat en ook niet de kwaliteit van het te onttrekken water, maar de verlaging van het grondwaterpeil. Voorts is de bronbemaling een tijdelijke onttrekking. De omvang varieert van jaar tot jaar, voor 1975 bedroeg de hoeveelheid 20 miljoen m<sup>3</sup>.

Een bijzonder aspect, dat bij de bronbemaling in de laatste tijd aandacht kreeg, is de retour-bemaling, waarbij het water weer in de grond wordt teruggebracht. Daarbij speelden niet alleen factoren als landbouw en natuurschade een rol, maar ook de mogelijkheid — of beter gezegd — de onmogelijkheid het onttrokken water bovengronds af te voeren.

We hebben hiermee alle categorieën van wateronttrekking gehad. Dat wil zeggen, we hebben een algemeen beeld waar grondwater gewonnen wordt. Een inzicht in de intensiteit, waarmee dat gebeurt, hebben we echter met de tot dusver vergaarde gegevens nog niet verkregen. We willen dat nu eens nader bezien aan de hand van afb. 4.

Als basis voor deze figuur fungeert de kaart van Nederland, met daarop aange-

geven de geografisch-economische gebieden, als door het CBS gehanteerd. Daarop is met arceringen aangegeven de onttrekking per gebied door waterleidingen en industrie (dus exclusief de landbouw) in het jaar 1975, uitgedrukt in mm.

Vooreerst vallen dan op de gebieden rond Maastricht, Eindhoven, Nijmegen, Arnhem, Groningen en het Gooi, waar meer dan 100 mm wordt onttrokken. We wijzen daarnaast op het nog relatief groot aantal gebieden met een gemiddelde onttrekking van minder dan 40 mm.

Overigens geeft deze kaart nog eens op andere wijze aan dat grondwater gemakkelijk daar te winnen is, waar het nodig is. Dat geeft, te zamen met de kaart, waarop de lokaties zijn aangegeven, nog een afgeleid kenmerk, namelijk dat transport van grondwater over een afstand van enige betekenis in ons land nauwelijks voorkomt. We concluderen tenslotte, dat we voorzichtig moeten zijn met de uitspraak, dat grondwaterwinning verspreid over Nederland plaatsvindt, zeker als we de intensiteit in het oog vatten.

De vraag kan nu rijzen, hoe voor de toekomst deze kaart eruit zal komen te zien. We kunnen daaromtrent enig inzicht krijgen,

als we het Tienjarenplan wat nader bestuderen. Voor het Tienjarenplan is namelijk op basis van de tot nu toe bereikte onderzoeksresultaten door de Geo-Hydrologische Afdeling van het RID eind 1977 een raming van de winbaar geachte hoeveelheid grondwater opgesteld. De ramingen hebben tot basis hydrologische eenheden, die uiteraard niet samenvallen met de geografisch-economische eenheden. Niettemin is, wanneer op overeenkomstige wijze op deze ondergrond van hydrologische eenheden de ramingen van de winbaar geachte hoeveelheden in mm worden ingetekend, een goede vergelijking mogelijk. Dat is gedaan in afb. 5.

We zien op deze afbeelding, dat er een groot aantal gebieden is, waar 100 mm en meer kan worden gewonnen. Ook het gebied, waar tussen de 70 en 100 mm gewonnen kan worden, is omvangrijk. In het Tienjarenplan wordt nu de geraamde waterbehoefte naast de winbaar geachte hoeveelheid gesteld en geconcludeerd, dat in het algemeen in het zuiden en het oosten de totale grondwaterwinning beneden de door het RID winbaar geachte hoeveelheden zal blijven. En voorts, dat plaatselijk tekorten kunnen optreden.

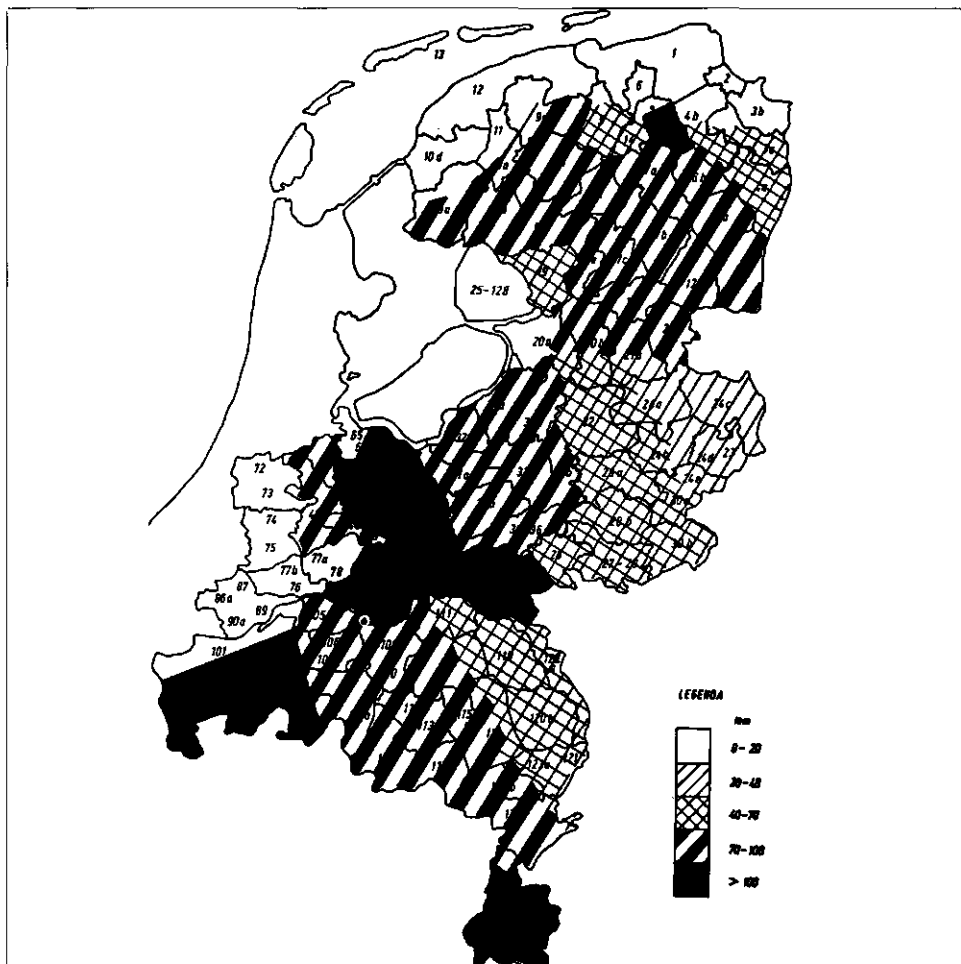
In de gebieden, waar dat het geval is, zal nader onderzoek uitsluitsel moeten geven over de werkelijk te winnen hoeveelheden. Bij deze conclusie willen wij aantekenen, dat in het Tienjarenplan de waterbehoefte voor berekening niet in de beschouwing is betrokken. Het is toch wel van belang dat te doen. Dat moge blijken uit tabel IV. Nu is in het Tienjarenplan duidelijk gesteld dat de winbare hoeveelheden moeten worden opgevat als indicatieve waarden en dat uit lokaal winplaatsenonderzoek en een nadere belangenafweging de werkelijk winbare hoeveelheid grondwater moet worden vastgesteld. Dat is een gezichtspunt, dat wij geheel kunnen onderschrijven.

Bij alles, wat we tot dusver over grondwaterwinning hebben gezegd, zouden we haast vergeten, dat grondwaterwinning een lokaal gebeuren is en dat de plaatselijke omstandigheden van zeer groot belang zijn bij de uiteindelijke bepaling van wat kan en wat niet en eigenlijk is een van de belangrijkste kenmerken van grondwaterwinning het feit, dat het een lokaal gebeuren is. Wij willen daarom nu onze aandacht geven aan de grondwaterwinning als lokaal gebeuren en we doen dat onder het hoofd 'Ruimtebeslag'.

#### Ruimte-beslag

In de brief van 25 juni 1975, waarmee de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne en de Minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening het

Afb. 5 - Raming winbaar geachte hoeveelheden, uitgedrukt in mm (raming RID 1977).



TABEL IV - Raming winbare hoeveelheid grondwater, vergeleken met raming grondwateronttrekking in 1990 + landbouwonttrekking in 1976.

Provincie	Raming 1990 Waterleiding + Particulieren	Landbouw 1976	Totaal	Indicatie winbaar volgens Tien jarenplan
Groningen	63	—	63	+
Friesland	94	—	94	++
Drenthe	101	2	103	++
Overijssel	122	21	143	++
Gelderland	282	74	356	+
Utrecht	147	5	152	—
Noord-Holland	60	2	62	—
Zuid-Holland	103	—	103	+
Zeeland	5	—	5	±
Noord-Brabant	384	110	494	—
Limburg	146	58	204	—

Ontwerp-Structuurschema Drink- en Industrieruimtevoorziening 1972 aan de Tweede Kamer aangeboden, wordt als een van de belangrijke oogmerken van het Structuurschema genoemd: Het verkrijgen van een zo breed mogelijk inzicht in de factoren, die de ruimtelijke structuur op lange termijn beïnvloeden. Wij willen in het navolgende trachten tot enige kwantificering van het ruimtebeslag te geraken.

Bij het beslag, dat door grondwaterwinning op de ruimte wordt gelegd, onderscheiden we:

- het technische beslag;
- het schade-beslag;
- het beschermings-beslag.

#### Het technisch beslag

Onder het technisch ruimtebeslag verstaan we het grondoppervlak, nodig tot het inrichten van de winningsmiddelen. Wij mogen, dunkt ons, zonder veel toelichting stellen, dat de techniek van de grondwaterwinning eenvoudig is en weinig ruimte-vragend. Het boren van een put kosten een gering oppervlak en als de put eenmaal gereed is, dan is hij nauwelijks meer in het veld terug te vinden. De winningstechniek is op zich ook niet bepalend voor het ruimtebeslag. Factoren als het aantal putten en de onderlinge putafstand, die voornamelijk door geo- en hydrologische omstandigheden worden beïnvloed, zijn van groter belang. Maar ook als we daarmee rekening houden mag gesteld worden, dat het technisch ruimtebeslag relatief gering is, zeker als we het vergelijken met het hierna te bespreken schade- en beschermings-beslag.

#### Het schade-beslag

Een goede behandeling van het schade-beslag dient te beginnen met een beschouwing over de manier, waarop schade wordt berekend, dat wil zeggen over de manier, waarop verlagingen van grondwaterstanden worden vertaald in opbrengst-depressies. In algemene zin handelde

Wesseling in de 28ste Vakantiecursus hieromtrent en in deze cursus zal Oosterbaan daarop zeker verder gaan.

Wij willen ons hier bepalen tot een korte verhandeling van de praktische gang van zaken bij schadeberekeningen.

Uiteraard wordt voor een schadeberekening de basis gelegd door eerst en vooral vast te stellen, welke de verlagingen zijn, die als gevolg van de grondwateronttrekkingen optreden. Dat kan op twee manieren, te weten:

- door metingen;
- door berekeningen.

#### ad a.

Het meten van verlagingen als gevolg van de onttrekking geschiedt indirect. Zowel binnen het door de grondwateronttrekking beïnvloede gebied als daarbuiten worden grondwaterstandsmetingen verricht. Uit het beeld van de grondwaterstandsbewegingen dat uit de grondwaterstandsmetingen verkregen wordt is de verlaging ten gevolge van de onttrekking te bepalen. Het is een vrij eenvoudig principe dat, als het aantal metingen over het gebied en in de tijd voldoende groot is, een zeer betrouwbaar uitgangspunt geeft voor de verdere schadebepaling.

#### ad b.

Indien niet zoveel gegevens beschikbaar zijn dan is met behulp van formules, die de grondwaterstroming beschrijven, de invloed van een grondwateronttrekking te berekenen. In dergelijke formules moeten echter wel gegevens omtrent de bodem ingevuld worden.

De Ridder beschreef in de 28ste Vakantiecursus een aantal methoden, waarmee op eenvoudige manier de basisgegevens globaal verkregen kunnen worden. Het moge duidelijk zijn, dat berekeningen aldus uitgevoerd slechts een indicatieve waarde hebben. Ze zijn als benadering zeer goed bruikbaar, maar zeker niet als basis voor een schade-uitkering.

Alvorens relaties te kunnen leggen tussen grondwaterstandsverlagingen en gewas-opbrengst, is een inzicht in de processen die de gewasgroei bepalen en die met water te maken hebben noodzakelijk.

Voor de groei neemt een plant via de wortels water, lucht en mineralen op. De laag, waarin de wortels zitten (de wortelzone), kan afhankelijk van de opbouw en de dikte ervan een bepaalde hoeveelheid vocht bevatten. Er wordt van uitgegaan, dat deze hoeveelheid vocht (de vochtvoorraad) de planten ter beschikking staat. De vochtvoorraad in de wortelzone wordt aangevuld door de neerslag. Valt er geen of onvoldoende neerslag, dan kan de vochtvoorraad worden aangevuld door aanvoer via capillaire opstijging van grondwater. De mate, waarin dit laatste kan gebeuren, is afhankelijk van de ligging van de grondwaterspiegel ten opzichte van de onderkant van de wortelzone en van de opbouw van de ondergrond gelegen tussen de wortelzone en de grondwaterspiegel.

De ligging van de grondwaterspiegel ten opzichte van de wortelzone is afhankelijk van klimatologische omstandigheden en van het waterbeheer, dat door middel van cultuurtechnische ingrepen mogelijk is. In z'n algemeenheid kan gesteld worden: een stijging van het grondwater in het najaar en de winter en een daling van het grondwaterniveau in het voorjaar en de zomer.

In de bodemkunde worden gronden niet alleen ingedeeld naar de opbouw van de bodem, maar ook naar het gemiddelde grondwaterstandsverloop, de zgn. Grondwatertrappen (Gt). In tabel V is een voorbeeld gegeven van de indeling, zoals die in Oost-Gelderland bij de afwikkeling van landbouwschadeclaims wordt gebruikt.

Door de Stiboka zijn een aantal relaties gelegd, waarmee het verloop van de grondwaterstand gedurende het groeiseizoen met de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) als parameter kan worden beschreven.

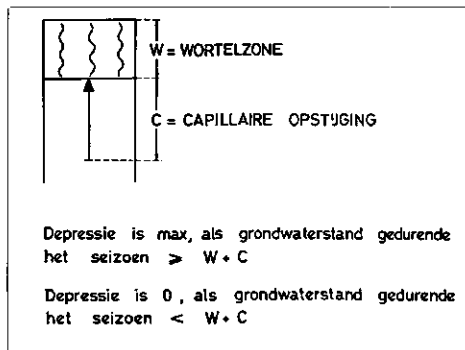
Zoals reeds vermeld, wordt de vochttoevoer vanuit het grondwater naar de wortelzone bepaald door de opbouw van de bodem en de afstand tussen het grondwaterniveau en de wortelzone.

In de relatie grondwaterstand - vochtvoorziening plantengroei zijn nu twee situaties te onderscheiden en wel:

- die, waarbij vochttekorten in de wortelzone gedurende het gehele groeiseizoen aangevuld kunnen worden vanuit het grondwater; dat wil zeggen, waarbij het grondwaterniveau gedurende het gehele groeiseizoen relatief dicht bij de wortelzone

TABEL V - Bodemkundige gegevens van enkele bodemtypen (als gebruikt bij de afwikkeling van schadeclaims in Oost Gelderland).

Type Code	1 Hn 53.54 Zb 52 t Zn 54, t Zd 53	2 t Zg 45.55 t Zg 56	3 cHn 53.54	4 E 53.54
Textuur	Humeus Zwak Lemig	Humeus Sterk Lemig	Humeus Zw-St Lemig	Humeus Zw-St Lemig
Eff. wortelzone, cm	30	30	50	70
Vochtinhoud, %	16	22	20	20
Vochtinhoud, mm	50	65	80	150
Gt.	G.H.G. G.L.G. G.F.	G.L.G. ÷ wortelzone		
II	10 70 60	40	—	—
III	20 105 85	75	—	—
V	30 135 105	105	85	65
VI	65 170 105	140	120	100
VII	100 205 105	175	155	135
VIII	160 265 105	—	—	195



Afb. 6 - Schematische aanduiding van wortelzone en capillaire zone.

ligt. In dit geval zal er dus geen verminderde gewasgroei zijn door vochttekort.

b. die, waarbij gedurende het gehele groeiseizoen de grondwaterstand zo laag ligt, dat de capillaire opstijging de wortelzone niet kan bereiken. In dit geval is de vochttoevoer geheel bepaald door de vochtinhoud bij aanvraag van het groeiseizoen, de neerslag en de afvoer. Vochttoevoer anderszins vindt niet plaats en in deze situatie spreekt men van maximale opbrengstdepressie. In afb. 6 zijn deze twee gevallen schematisch gegeven.

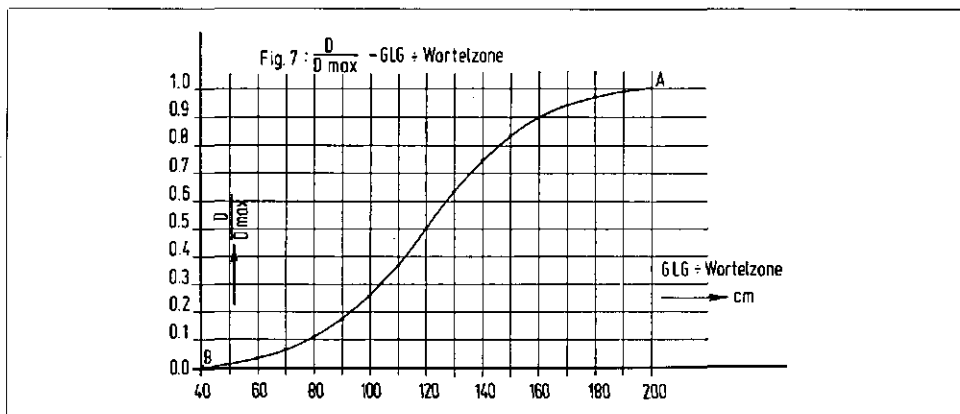
Voor Oost-Gelderland kan gesteld worden, dat nooit vochttekorten optreden als de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand niet dieper ligt dan 40 cm beneden de onderkant van de wortelzone. Eveneens kan gesteld worden dat, als de GLG dieper ligt dan 200 cm beneden de onderkant van de wortelzone, er nimmer door capillaire opstijging water de wortelzone bereikt. In afb. 7 is grafisch het verband gegeven tussen de ligging van de GLG en de depressie in de gewasgroei. De maximale depressie treedt op, als aanvulling uit het freatisch vlak niet mogelijk is, dat wil zeg-

gen: de gewasgroei wordt in dit geval bepaald door de vochtinhoud van de wortelzone, de neerslag, de verdamping en eventueel de afvoer. Omdat de neerslag, de verdamping en de afvoer van jaar tot jaar verschillen zal ook de maximale depressie van jaar tot jaar verschillen. De maximale depressie in een bepaald jaar is te berekenen door gedurende het groeiseizoen per decade de balans op te maken van het in de wortelzone aanwezige vocht.

In tabel VI is de gehele vochtbalans en de berekening van de maximale depressie voor het jaar 1978 gegeven. De gang van zaken daarbij is als volgt.

Vooreerst wordt aangenomen, dat voor een optimale groei van het gewas een hoeveelheid vocht nodig is, die gelijk is aan  $0,8 P_e$ , waarin  $P_e$  de openwaterverdamping is, berekend volgens de methode Penman. Is in een decade de neerslag  $N$  groter dan de voor het gewas benodigde hoeveelheid vocht, dan wordt dit meerdere toegevoegd aan de vochtvoorraad in de wortelzone (B) of, zodra deze de maximale hoeveelheid ( $B_o$ ) overschrijdt, als afvoer (A) afgeboekt.

Afb. 7 - Relatie tussen diepteligging van de GLG en de opbrengstdepressie.



Neerslagtekorten worden geput uit de in de wortelzone aanwezige hoeveelheid vocht en, zodra deze uitgeput is, als vochttekort (V) geboekt. De op deze wijze uitgevoerde waterbalans voor bijv. het groeiseizoen 1978 geeft voor bodemtype 1 (zie tabel VI) de volgende resultaten.

Neerslag 327 mm (N).  
Potentiële gewasverdamping 400 mm ( $E_p$ ).  
Vochttekort 57 mm (V).  
Ingeteerd in de wortelzone 16 mm.  
Werkelijke gewasverdamping:  
 $E_w = E_p - V = 343$  mm.

Aangenomen wordt dat de gewasopbrengst evenredig is met het kwadraat van de

$$\text{relatieve verdamping } E_r = \left(\frac{E_w}{E_p}\right)^2$$

Als het berekende vochttekort niet wordt aangevuld vanuit het grondwater, dan is de maximale opbrengstdepressie:

$$D_{max} = 100 \times \left(1 - \frac{E_w}{E_p}\right)^2 = 100 \times \left(1 - \frac{E_p - V}{E_p}\right)^2$$

en in het voorbeeld  $D_{max} = 26,4\%$  \*.

\* Bij de berekening van de opbrengst is uitgegaan van de aanname, dat de gewasopbrengst evenredig is met het kwadraat van de relatieve verdamping. Wesseling wees er in de 28e Vakantiecursus al op, dat er aan het verband tussen relatieve verdamping en de gewasgroei binnen het ICW en de Stiboka bijzondere aandacht werd gegeven. Dit nader beraad en overleg heeft ertoe geleid, dat thans wordt uitgegaan van een lineair verband in plaats van, zoals in het voorbeeld nog gebruikte kwadratisch verband tussen  $E_r$  en de gewasgroei. Dit is niet zonder betekenis. In ons voorbeeld (tabel VI - Bodemtype 1) wordt dan namelijk de maximale depressie niet:

$$1 - \left(\frac{400 - 57}{400}\right)^2 = 26,4\%$$

maar:

$$D_{max} = 1 - \left(\frac{400 - 57}{400}\right) \times 100 = 16,4\%$$

TABEL VI - Vochtbalans en berekening van de maximale depressie voor het jaar 1978. Gegevens WOG distr. 9.

Decade a	Jaar 1978 Distr. 9				Berekening maximale depressie												
	Pe	0,8 Pe	N	N-0,8 Pe	Bodem 1 Bo = 50 mm			Bodem 2 Bo = 65 mm			Bodem 3 Bo = 80 mm			Bodem 4 Bo = 150 mm			
					B	A	V	B	A	V	B	A	V	B	A	V	
April	1	21	17	0	÷ 17	50			65			80			150		
	2	21	17	8	÷ 9	33			48			63			133		
	3	27	21	12	÷ 9	24			39			54			124		
			69	55	20	÷ 35	15			30			45			115	
Mei	1	27	21	31	10	25			40			55			125		
	2	27	22	14	÷ 8	17			32			47			117		
	3	39	31	1	÷ 30	0		13	2			17			77		
			93	74	46	÷ 28											
Juni	1	40	32	26	÷ 6	0		6	0		4	11			81		
	2	38	30	7	÷ 23	0		23	0		23	0		12	58		
	3	30	24	43	19	19			19			19			77		
			108	86	76	÷ 10											
Juli	1	25	20	51	31	50			50			50			108		
	2	31	25	6	÷ 19	31			31			31			89		
	3	45	36	6	÷ 30	1			1			1			59		
			101	81	63	÷ 18											
Augustus	1	23	18	21	3	4			4			4			62		
	2	28	23	12	÷ 11	0		7	0		7	0		7	51		
	3	27	22	18	÷ 4	0		4	0		4	0		4	47		
			78	63	51	÷ 12											
September	1	22	18	14	÷ 4	0		4	0		4	0		4	43		
	2	18	14	14	0	0			0			0			43		
	3	11	9	43	34	34			34			34			77		
			51	41	71	30											
Totaal	500	400	327	÷ 73		0	57		0	42		0	27		0	0	
Dmax = 1 ÷ ( $\frac{0,8 Pe - V}{0,8 Pe}$ ) <sup>2</sup> in %					1 ÷ ( $\frac{343}{400}$ ) <sup>2</sup> = 26,4			1 ÷ ( $\frac{358}{400}$ ) <sup>2</sup> = 19,9			1 ÷ ( $\frac{373}{400}$ ) <sup>2</sup> = 13,0			1 ÷ ( $\frac{400}{400}$ ) <sup>2</sup> = 0,0			

Als er nu van een perceel de bodemgegevens bekend zijn, d.w.z.:

type bodem }  
dikte wortelzone } vochtinhoud  
Grondwatertrap (Gt; G.H.G. — G.L.G.)

en voor een bepaald jaar uit de vochtbalans het vochttekort en de maximale opbrengstdepressie bepaald zijn, dan is met behulp van de grafiek uit afb. 7 de werkelijk opgetreden opbrengstdepressie te berekenen.

Als nu van hetzelfde perceel bekend is, dat de grondwaterstand als gevolg van de grondwaterwinning een bepaald aantal centimeters gedaald is, kan wederom een opbrengstdepressie berekend worden. Het verschil van deze twee berekende opbrengstdepressies is dan de opbrengstdepressie, die het gevolg is van de grondwaterstandsverandering.

Uit het voorgaande moge blijken, dat het niet mogelijk is de schade ten gevolge van grondwaterwinning in een bepaalde winplaats met een eenvoudige vuistregel vast te stellen. Er is een uitgebreide kennis

van de bodemkundige situatie ter plaatse nodig.

En dit heeft weer consequenties voor de bepaling van het schadebeslag in een regio of groter deel van het land.

Willen we tot een inzicht in het schadebeslag in een groot gebied komen, dan zit er niets anders op dan van winplaats tot winplaats het schadebeslag te berekenen. Voor 17 winplaatsen in Oostelijk Gelderland nu is een dergelijke berekening uitgevoerd. Deze berekening geschiedde volgens de formule van Ernst en de resultaten ervan werden door Rijtema in een rapport van het ICW beschreven.

Per winplaats werden berekend de oppervlaktes van de gebieden, waarin een verlaging optrad van meer dan resp. 5 cm, 10 cm, 20 cm en 40 cm (F<sub>i</sub>).

Vervolgens werd voor deze 17 winplaatsen de verhouding F<sub>i</sub> : Q berekend. Deze verhouding geeft dus de oppervlakte F, waarin per m<sup>3</sup> onttrekking een verlaging van meer dan i cm optreedt.

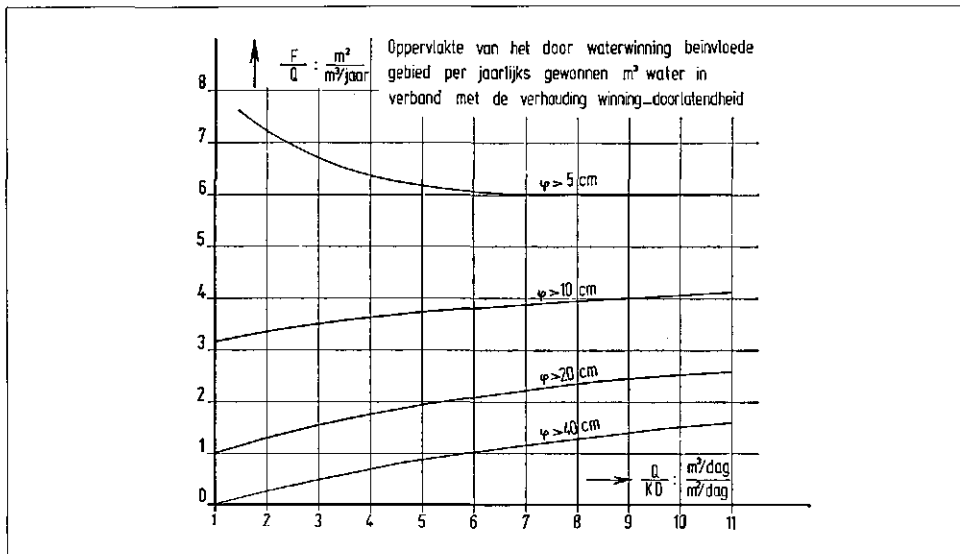
Tenslotte werden per winplaats de waarden

$\frac{Q}{kD}$  berekend (kD = doorlatendheid van de bodem).

De aldus verkregen  $\frac{F}{Q}$  en  $\frac{Q}{kD}$ -waarden

werden tegen elkaar uitgezet en de resultaten ervan zijn gegeven in afb. 8. Deze afbeelding laat zien dat de lijnen nagenoeg horizontaal lopen; dat wil zeggen, dat de invloed van de doorlatendheid bij de beschouwde pompstations slechts gering is.

Voor alle 17 winplaatsen te zamen wordt in een gebied van 30.500 ha de grondwaterstand ten minste 5 cm verlaagd. Anders gezegd: per m<sup>3</sup> onttrokken grondwater zou over een oppervlakte van 6 à 7 m<sup>2</sup> een verlaging van meer dan 5 cm ontstaan. Bij de hiervoor gegeven berekeningsresultaten merken wij nog het volgende op. Ten behoeve van de afhandeling van land-



Afb. 8 - Relatie tussen  $\frac{F_i}{Q}$  en  $\frac{Q}{kD}$  voor 17 pompstations.

bouwschadeklachten zijn voor 7 winplaatsen uitgebreide onderzoeken verricht.

Voor deze pompstations konden dus de  $F$  —waarden op basis van metingen worden  $Q$  bepaald.

In afb. 9 zijn nu zowel de gemeten als de  $F$  berekende —waarden uitgezet. Het blijkt  $Q$

dan dat de uit de metingen bepaalde  $F$  —waarden voor de 7 winplaatsen belang-  $Q$  rijk lager zijn dan de berekende.

De verschillen, die hieruit naar voren komen, moeten naar alle waarschijnlijkheid verklaard worden doordat in de formules de invloed van de waterlopen niet voldoende tot gelding komen.

Met de gegevens, welke verzameld zijn voor de bepaling van de landbouwschade in de omgeving van 7 waterwinterreinen, is voor Oostelijk Gelderland een gemiddelde landbouwschade te bepalen, welke optreedt bij een onttrekking van 1.000.000 m<sup>3</sup> per jaar.

Gemiddeld over de 7 wingebieden en gemiddeld over 6 jaren kwam bij een onttrekking van 1.000.000 m<sup>3</sup> per jaar de landbouwschade overeen met het verlies aan opbrengst van 3 ha landbouwgrond ('total loss'). Ten einde dit kengetal enige betekenis te geven maken we een aantal vergelijkingen.

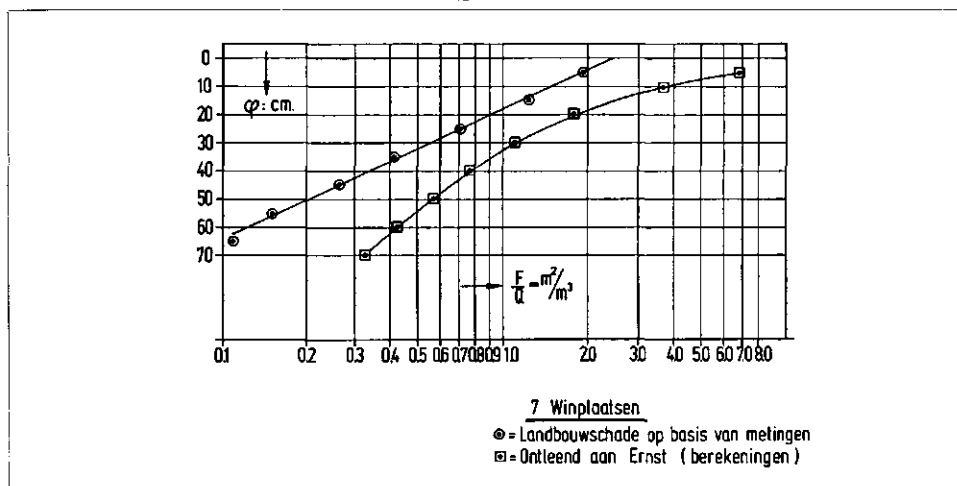
Wanneer alle thans in behandeling zijnde vergunningsaanvragen tot onttrekking in Oostelijk Gelderland volgens de adviezen van de Cograwa zouden worden gehonoreerd, dan zou een totale winning van 45.000.000 m<sup>3</sup> kunnen volgen.

Met de genoemde 3 ha 'total loss' per 1.000.000 m<sup>3</sup> komt men dan op 135 ha. Het totaal landbouwareaal in Oostelijk Gelderland bedraagt 120.000 ha en aldus is de schade, uitgedrukt in ha 'total loss', slechts 0,11 %.

Dat is zeer weinig als men bedenkt dat in de afgelopen jaren aan wegen, woningbouw, etc. jaarlijks 380 ha aan voornamelijk landbouwgrond verloren ging. Zou deze ontwikkeling in de komende 10 jaar op dezelfde voet voortgaan, dan zou dat betekenen 3800 ha of ruim 3 %.

Dat wil zeggen, dat door wegen, woningbouw, etc. 30 x zoveel aan landbouwgrond verloren gaat als door onttrekkingschade. Dit grote verschil wordt nog eens versterkt als men bedenkt dat de gevolgen van wateronttrekking werden gecompenseerd tot ha's 'total loss', terwijl in werkelijkheid de

Afb. 9 - Vergelijking gemeten en berekende  $\frac{F}{Q}$  waarden van 7 waterwinplaatsen.



schade diffuus is en de grond voor landbouw behouden blijft.

We kunnen ook nog eens bekijken, hoe de zaken er voor komen te staan, indien we de 45.000.000 m<sup>3</sup> middels een spaarbekken uit oppervlaktewater zouden onttrekken. Als we aannemen, dat het spaarbekken 1/4 van de jaarproductie moet kunnen bevatten, en we rekenen verder in het bekken met een spiegelvariatie van 10 m, dan komen we aan een oppervlakte van 120 à 150 ha. Dat komt nagenoeg overeen met het totale verlies aan landbouwgrond door grondwaterwinning. En ook hier valt weer te bedenken, dat het spaarbekken de grond geheel aan ander gebruik onttrekt, terwijl bij grondwaterwinning de grond voor landbouw behouden blijft.

Bij het onderwerp schadebeslag hoort tenslotte ook nog een korte blik op de mogelijkheden van compenserende maatregelen.

Compenserende maatregelen worden — afgezien van duininfiltratie — op dit ogenblik nog maar weinig toegepast. Ze zullen echter meer en meer van belang worden. Reeds zijn een aantal waterleiding bedrijven met studies en proeven bezig. Infiltratievergroting door een eenvoudige aanpassing van de waterstaatkundige toestand kan in vele gevallen al een belangrijke verbetering ten aanzien van het schadebeslag betekenen. Putfiltratie is op het ogenblik in studie. Deze methode biedt de mogelijkheid om zeer lokaal de grondwaterstand op peil te brengen en te houden. Aldus lijkt deze methode bijzonder aangewezen om te worden toegepast als het gaat om de invloed van grondwateronttrekking te compenseren: bij natuurgebieden van geringe omvang. In het algemeen mogen we stellen dat compenserende maatregelen mogelijk zijn.

met werken van zodanig volume en karakter, dat ze in het landschap niet opvallen en niet te onderscheiden zijn van de waterlopen, zoals die tot dusver voor andere doeleinden werden aangelegd. De betekenis hiervan wordt algemeen erkend. Vele waterschappen bestuderen na de zomer van 1976 de mogelijkheden van water-inlaat. Een samenwerking met de wateronttrekkers lijkt op dit gebied voor de hand te liggen. Het is merkwaardig, dat het Structuurschema — als het over het oppervlaktewater gaat — zegt:

**Conclusie 2:**

Het waterbeheer dient er op gericht te zijn, dat de beschikbaarheid van de grondstof naar kwantiteit en kwaliteit is gewaarborgd.

Over grondwater wordt in het Structuurschema in deze zin niets geconcludeerd. Voor het grondwater zou echter evenzeer moeten gelden, dat het waterbeheer er op gericht dient te zijn, dat de beschikbaarheid van de grondstof naar kwantiteit en kwaliteit gewaarborgd is.

Hoe dit overigens ook zij, op het punt van de kwaliteitswaarborgen zijn we voor wat grondwater betreft een eindweegs gevorderd. Aan dit aspect zullen we thans aandacht geven.

**Beschermings-beslag**

Voor een beschouwing over het beschermingsbeslag bezien we nog eens, wat het Structuurschema zegt omtrent de kwaliteitsaspecten van het zoete grondwater. Kort samengevat komt het er op neer, dat we het grondwater zodanig als grondstof voor de drinkwatervoorziening appreciëren, dat we er extra zuinig op willen zijn. Dat brengen we op twee manieren tot uiting en wel door te stellen, dat we bescherming tegen verontreiniging noodzakelijk achten en voorts dat we op grond van de kwaliteitsaspecten een toedelingsbeleid nodig achten. Deze beide zaken monden tenslotte uit in de Conclusies 5 en 6 van het Structuurschema, welke luiden:

**Conclusie 5:**

Grondwater dient waar mogelijk te worden bestemd voor huishoudelijk gebruik en die industriële doeleinden, waarvoor hoge kwaliteit een voorwaarde is en als reservevoorraad.

**Conclusie 6:**

Voor de handhaving van de kwaliteit van het grondwater is een stringente bescherming van de waterwingebieden en het grondwater in het algemeen vereist.

Alvorens nader op het beschermingsaspect in te gaan willen we eerst nog iets in het algemeen omtrent het reserverings- en toedelingsbeleid opmerken.

Niet alleen in Nederland, maar ook — zoals onder meer blijkt uit het General Rapport, dat Pierre Guy op het Kyoto-Congres van de IWSA in oktober 1978 uitbracht — in vele andere landen, geldt: Grondwater moet worden gereserveerd voor de drinkwatervoorziening.

Pierre Guy beziet deze stelling echter kritisch en komt tot de uitspraak dat de absolute redenen om grondwater voor de drinkwatervoorziening te reserveren vervallen zijn, zodra waterleidingbedrijven in staat zijn van oppervlaktewater drinkwater te maken.

Hoewel wij in beginsel de redenering van Pierre Guy onderschrijven, willen wij toch nog het volgende aantekenen.

Als we zijn uitspraken in alle opzichten konsekwent zouden doorvoeren, komen we tenslotte bij de vraag of we het grondwater nog moeten beschermen, nu we in staat zijn uit water van heel wat mindere kwaliteit even goed drinkwater te maken.

Het is een vraagstelling, die in sterke mate misleidend is. De vraag suggereert namelijk dat we al zo ver zijn, dat we bij de bereiding van drinkwater een mindere kwaliteit van het oppervlaktewater niet als hinderlijk ervaren.

Dat is natuurlijk niet zo. Om dezelfde redenen, als we pogen het oppervlaktewater weer schoon te maken en te houden, proberen we het grondwater schoon te houden.

Kortom, het streven om grondwater tegen vervuiling te beschermen is en blijft noodzaak.

Voor een aanduiding van het beschermingsbeslag gaan we uit van de gedachten, zoals die zijn ontwikkeld (en in een eerste rapport zijn neergelegd) door de RID-VEWIN-Commissie Bescherming Waterwingebieden.

Wij maken daarbij gebruik van uitkomsten, die met name door de Werkgroep Berekening van die Commissie uit een enquête zijn verkregen, en van een groot aantal berekeningen. Wij veronderstellen bekend, dat de beschouwing van de Commissie tot basis had de tijd, die het water — en dus de met het water meegevoerde stoffen — nodig heeft om vanaf het punt van verontreiniging de winningsmiddelen te bereiken. Het principe zal duidelijk zijn: des te verder de verontreinigingsmogelijkheden van het winningspunt kunnen worden gehouden, des te langer is de tijd die beschikbaar is om maatregelen te nemen.

Op grond van verschillende overwegingen, welke wij hier verder onbesproken laten,

is de Commissie gekomen tot de aanbeveling om in principe een drietal concentrische zones in te stellen en binnen deze zones verschillende activiteiten aan banden te leggen. Dat zijn dan de 60 dagen-zone, de 10 jaars-zone en de 25 jaars-zone. Voor de berekening van de verblijftijden zijn een aantal berekeningsmethoden ontwikkeld, welke zijn beschreven in het rapport van de Commissie.

Het is hier overigens hetzelfde als met het schadebeslag: een inzicht in de omvang van het beschermingsbeslag voor een groot gebied kan slechts verkregen worden door winplaats voor winplaats door te rekenen. Zo werden voor 111 pompstations de straal en de oppervlakte van de 10- en 25-jaarszones berekend. De voor de berekening benodigde gegevens werden grotendeels verkregen uit een enquête, die 187 pompstations besloeg.

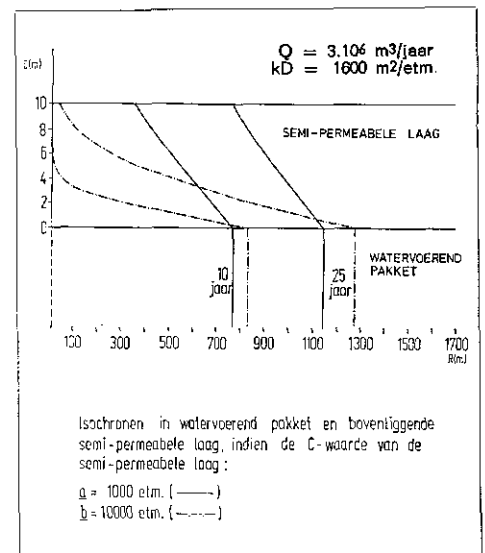
De gemiddelde straal van de 10-jaarszone kwam op 800 m, hetgeen overeenkomt met een oppervlakte van 200 ha.

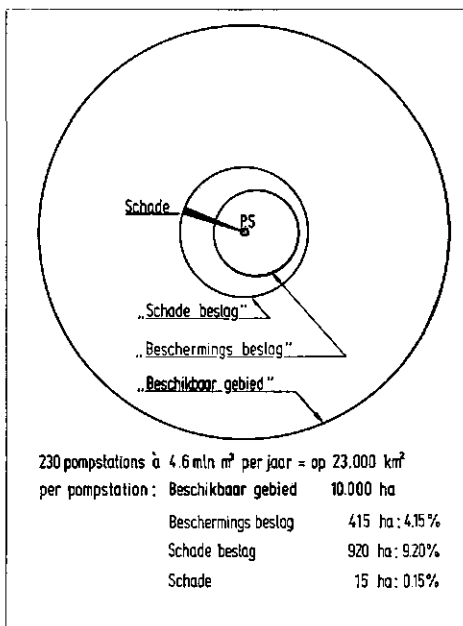
Voor de 25-jaarszone kwam de berekende straal op gemiddeld 1150 m, dat wil zeggen op een oppervlakte van 415 ha.

Het rapport berekent voor de toekomst het totaal-oppervlak, dat de 10- en 25-jaarszones gezamenlijk zullen beslaan op 2,5 resp. 5 % van de oppervlakte van Nederland, waar zoet water aanwezig is. Een paar opmerkingen hierbij.

Het ruimtebeslag, nodig ter bescherming van waterwingebieden, werd berekend op basis van een homogeen watervoerend pakket. Uit de enquête is echter gebleken, dat bijna 80 % van de totaal — ten behoeve van de drinkwatervoorziening — onttrokken hoeveelheden grondwater wordt verkregen uit pakketten met semi-spanningswater, dat wil zeggen pakketten met daar-

Afb. 10 - Invloed van de C-waarde van de semi-permeabele laag op beschermingszone.





Afb. 11 - Schematische weergave van schadebeslag en beschermingsbeslag.

boven een min of meer slecht doorlatende laag.

Men kan nu bij de berekeningen deze omstandigheden in aanmerking nemen. Dat zou dan leiden tot kleinere zones en hoe dat eruit komt te zien wordt getoond in afb. 10, welke afkomstig is uit het rapport van de Commissie Berekeningen. Uit deze afbeelding blijkt, dat in het gegeven geval — bij een dikte van de semi-permeabele laag van 10 m een c-waarde van de laag van 1000 etm. — de straal van van de 10-jaarszone terugloopt van 780 m tot 325 m en die van de 25-jaarszone van 1150 tot 800 m.

Dat is een aanzienlijke reductie. Helaas moeten wij melden, dat uit de enquête kwam vast te staan, dat in ruim 80 % van de gevallen, waar een semi-permeabele laag aanwezig is, de c-waarde onbekend is. Als we dan nog bedenken, dat niet alleen de c-waarde bekend dient te zijn, maar dat ook voldoende moet vaststaan dat de laag in het beschouwde gebied overal aanwezig is, lijkt het voorlopig nog maar het beste de semi-permeabele laag bij de vaststelling buiten beschouwing te laten.

### Conclusie

Alhoewel we hebben vastgesteld, dat pas een goed overzicht en inzicht gegeven kan worden als we winplaats voor winplaats hebben doorgerekend, wagen we het er op het voorgaande samen te vatten met een aanduiding van de betekenis van het schade- en beschermingsbeslag, dat door grondwaterwinning ten behoeve van de openbare watervoorziening op de ruimte in ons land wordt gelegd.

Wij redeneren dan aldus.

Nederland is bezaaid met pompstations. Als deze pompstations keurig netjes gelijkmatig over Nederland verdeeld waren, was er 10.000 ha per pompstation beschikbaar.

Uit de berekeningen volgde, dat de 25-jaarszone gemiddeld 415 ha besloeg, dit is 4,15 % van het beschikbare oppervlak.

Uit WOG-berekeningen volgde, dat het schadebeslag per pompstation gemiddeld 920 ha, dit is 9,2 %, besloeg.

Het schadebeslag is te comprimeren tot ha's 'total loss', dat levert 15 ha gemiddeld per pompstation, dit is dan 0,15 %.

Deze cijfers tenslotte zijn in afb. 11 samengebracht.



## Symposium 'Bemaling van Grondwater'

4 juni 1980 TH Delft

Voor het presenteren van in Nederland aanwezige computerhulpmiddelen bij het berekenen van bemalingen voor bouwputten mede ten behoeve van vergunningsaanvragen, organiseert CIAD, vereniging voor computertoepassingen in de ingenieurspraktijk, een symposium 'Bemaling van Grondwater: vergunningsprocedures en computerprogramma's' op 4 juni 1980 aan de TH Delft.

Ingegaan wordt op procedures voor vergunningsaanvragen, doel en plaats van (computer)berekeningen in de procedures, aanwezige computerprogramma's in Nederland en de toepassing van de computerprogramma's GROW 1 en GROMULA. Het symposium is voorbereid door de CIAD-projectgroep 'Bemaling van Grondwater' in samenwerking met de Sectie voor Grondmechanica en Funderingstechniek van het KIVI, de Hydrologische Kring, het Hydrologisch Centrum en het Hydrologisch Colloquium.

Na een inleiding door prof. ir. A. F. van Weele, voorzitter van de sectie voor Grondmechanica en Funderingstechniek van het KIVI, zal ir. J. G. Hulsbergen van het Adviesbureau voor Bouwtechniek BV ingaan op de procedures voor vergunningsaanvragen. Ir. H. J. Vinkers van het Adviesbureau Arnhem BV zal de relatie leggen tussen het gebruik van computers en de vergunningsaanvragen. Ir. A. P. M. Broks van IWACO BV zal de resultaten presenteren van een inventarisatie van beschikbare computerprogramma's in Nederland voor het berekenen van bemalingen voor de uitvoering van werken. Ir. H. Hiemstra en G. P. Beugelink (PWS Zuid-Holland) zullen het gebruik van het analytisch programma GROW 1 toelichten terwijl ir. J. W. Wesseling het eindigelementenprogramma GROMULA van het Waterloopkundig Laboratorium zal behandelen.

Aanmelding dient te geschieden door overmaking van de deelnemingskosten (f 95,— per persoon, studenten f 25,— per persoon) op de girorekening no. 1.56.56.56 van CIAD te Zoetermeer met vermelding van 'symposium 4 juni' en de naam van de deelnemer.

Voor nadere inlichtingen: ir. B. Pieters, CIAD, Postbus 74, 2700 AB Zoetermeer, tel. 079 - 219324.

## Symposium 'Pomptechniek en automatisering'

Evenals in mei 1977 organiseert Verder-Vleuten, in samenwerking met dochteronderneming Tarco op 6 mei a.s. in Vleuten een symposium voor bedrijfsingenieurs.

Vanaf 9.30 uur zullen lezingen worden gehouden over het verpompen en bemonsteren van afvalwater, het doseren van zuren en logen, de automatische doseringen en procesbesturing, gasbemonstering, energiebewaking en -besparing in milieu door middel van het nieuwe systeem voor warmwatervoorziening in bedrijven en grote gebouwen. Als gastspreker zal de heer ir. T. S. Tielkema van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft een lezing houden over cavitatie in pompen.

Belangstellenden kunnen zich aanmelden bij ing. A. L. Schram, Verder-Vleuten BV, Postbus 1, 3450 AA Vleuten. Inlichtingen telefonisch op (03407) - 1641 tst. 3, of per telex op 47338.