

NN31545.0704

NOTA 704

19 oktober 1972

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

DE INVLOED VAN DE GRONDWATERWINNING OP
WESTERSCHOUWEN OP HET ONDIEPE GRONDWATER

G.W. Bloemen Ing.

BIBLIOTHEEK
STARINGBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemid-
delen, dus geen officiële publikaties. .
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de
conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog
niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking.

JSN 172573-01

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. DE VERLAGING VAN DE STIJGHOOGTE VAN HET DIEPE GRONDWATER	3
2.1. Invloed van waterwinning op de stijghoogte van ondiep en diep grondwater is gecamoufleerd door de veranderlijke weersomstandigheden	3
2.2. Eliminatie van andere invloeden dan de waterwinning op de stijghoogte van het diepe grondwater	5
2.3. De verlaging van de stijghoogte van het diepe grondwater door de waterwinning	6
2.4. De waarden van kD en c	6
3. DE VERLAGING VAN DE STIJGHOOGTE VAN HET ONDIEPE GRONDWATER	10
3.1. Het principe van de toepassing van een rekenmodel van de waterbalans	10
3.2. Afleiding van de samenhang van de grootte van de waterwinning met de verlaging van de stijghoogte van het ondiepe grondwater, oostelijk van het pompstation de Blinkert	12
3.3. Conclusie	15
4. SAMENVATTING	16
5. LITERATUUR	17

1. INLEIDING

In de omgeving van een pompstation bestaat in droge zomers gauw de neiging om diepe grondwaterstanden te wijten aan de waterwinning. Vooral bij oudere pompstations ontbreken grondwaterstandsgegevens van voor het begin van de waterwinning en daardoor wordt het onmogelijk om de invloed van de waterwinning op het ondiepe grondwater vast te stellen door vergelijking met recente grondwatergegevens. Overigens is als gevolg van de grote invloed van de zeer variabele weersomstandigheden een dergelijke vergelijking toch ook riskant.

In de volgende beschouwing blijkt dat men met grondwaterstandsgegevens van de huidige toestand de daling van het grondwater door waterwinning kan berekenen met putformules, als men enige waarnemingspunten van de stijghoogte van diep en ondiep grondwater heeft op toenemende afstand van het pompstation. Bovendien moet de opbrengst van het pompstation bekend zijn. Aan deze voorwaarden is voldaan voor het deel van de potentiële invloedssfeer van het pompstation de Blinkert waar een veenlaag in de ondergrond voorkomt, die geohydrologisch van grote betekenis is. Het onderzoek is hierop geconcentreerd omdat in het grootste deel van de cultuurgronden die oostelijk langs de duinen liggen, deze veenlaag aanwezig is.

De gegevens die werden gebruikt zijn:

1. stijghoogten van het diepe en van het ondiepe grondwater in de jaren 1960 tot en met 1970 op drie punten, respectievelijk op 1, 1,6 en 2,3 km vanaf een punt in het pompstation de Blinkert gelegen. De situatie blijkt uit Bijlage 1, de putten zijn genummerd 42B33, 42E8 en 42E13.
2. opbrengsten van de pompstations de Blinkert en Vliegveld in m^3 per maand vanaf januari 1960 tot en met november 1970.
3. neerslagcijfers van Haamstede.
4. verdampingscijfers van Vlissingen.

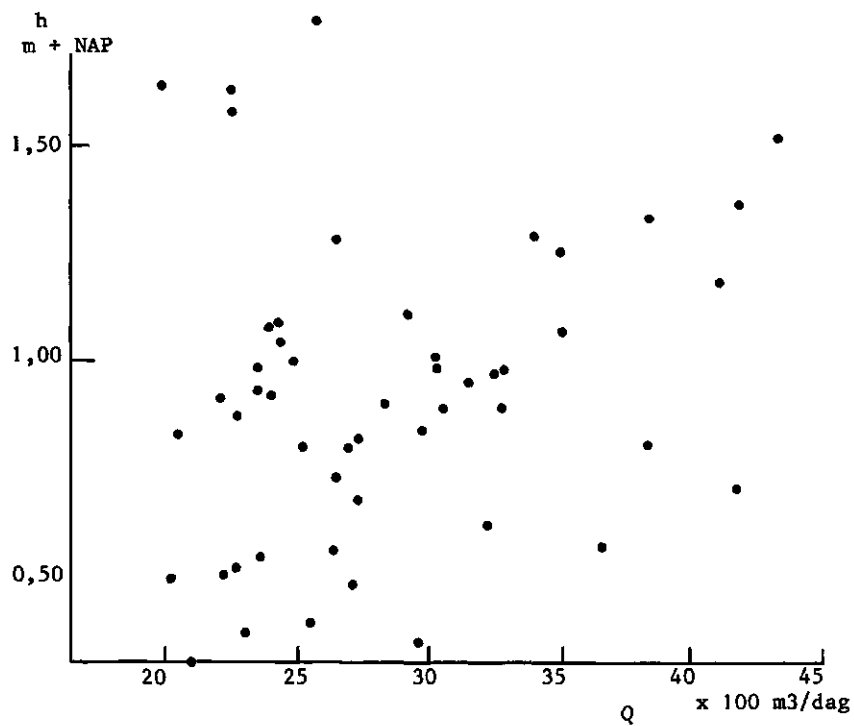


Fig. 1. Tussen de stijghoogte h van het ondiepe grondwater en de grootte Q van de waterwinning bestaat geen directe samenhang

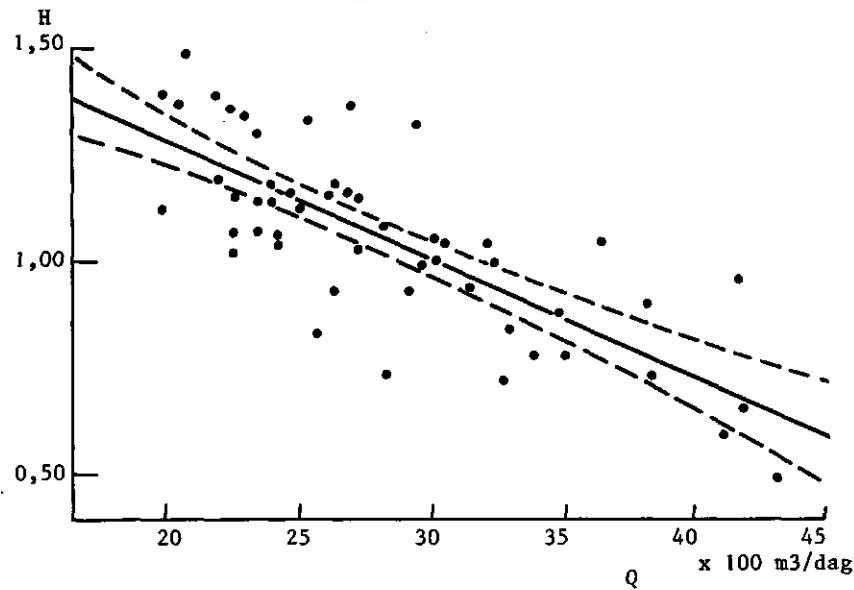


Fig. 2. Tussen de stijghoogte H van het ondiepe grondwater en de grootte Q van de waterwinning bestaat een samenhang, die gedeeltelijk wordt gecamoufleerd door fluctuaties als gevolg van fluctuaties van het ondiepe grondwater

2. DE VERLAGING VAN DE STIJGHOOGTE VAN HET DIEPE GRONDWATER

2.1. Invloed van waterwinning op de stijghoogte van ondiep en diep grondwater is gecamoufleerd door de veranderlijke weersomstandigheden

Na 1960 stijgt de opbrengst van het pompstation regelmatig. Er is ook een duidelijke seizoensfluctuatie in de opbrengsten. Tussen deze opbrengsten omgerekend per dag en de stijghoogte van het ondiepe grondwater bestaat echter geen duidelijke samenhang. Dit blijkt uit fig. 1, die evenals de fig. 2, 3 en 4 betrekking heeft op het meetpunt 42B33, op ongeveer 1000 meter afstand van de Blinkert. Het ondiepe grondwater wordt sterk beïnvloed door een ongelijke neerslagverdeling en seizoenschommelingen in verdamping, afvoer en grondwateronttrekking. Een daling van de stijghoogte van het ondiepe grondwater als gevolg van de waterwinning wordt hierdoor sterk gecamoufleerd en zou alleen kunnen worden vastgesteld als deze seizoensinvloeden zouden kunnen worden geëlimineerd.

De stijghoogte van het diepe grondwater is veel minder aan deze grillige seizoensinvloeden onderhevig. Waterwinning zal een verlaging kunnen veroorzaken, die evenredig met de opbrengst van het pompstation zal toenemen maar geen grote fluctuaties zal vertonen. Negatieve of positieve diepe infiltratie zal een vrij constante verlaging of verhoging veroorzaken. Fluctuaties in de stijghoogte van het ondiepe grondwater zullen door het diepe grondwater worden gevolgd maar zullen door dempings verschijnselen sterk worden gereduceerd. De samenhang tussen de grootte van de waterwinning en de stijghoogte van het diepe grondwater is veel minder gecamoufleerd zoals blijkt in fig. 2. De stijghoogte H in meters kan als een functie van de grootte van de waterwinning Q in m^3/dag worden berekend als

$$H = 1.84 - 0.000278 Q$$

De spreiding van H bij regressie op Q is niet groot nl. 0.14 m.

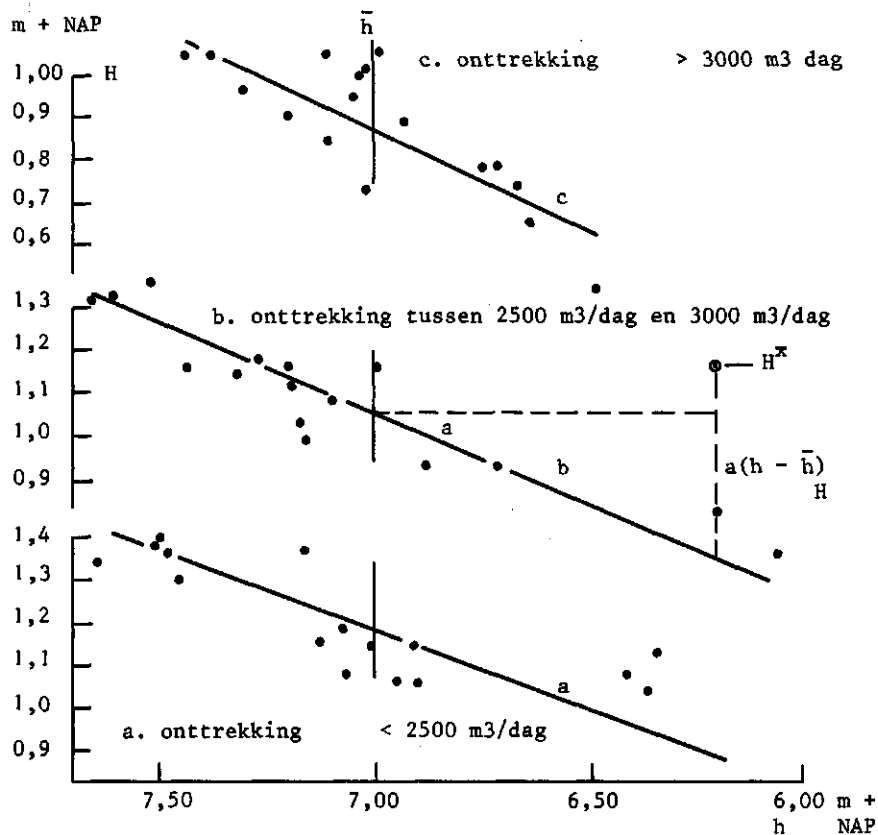


Fig. 3. De samenhang tussen de stijghoogten van het diepe (H) en van het ondiepe (h) grondwater bij binnen nauwe grenzen dezelfde grondwateronttrekking door waterwinning

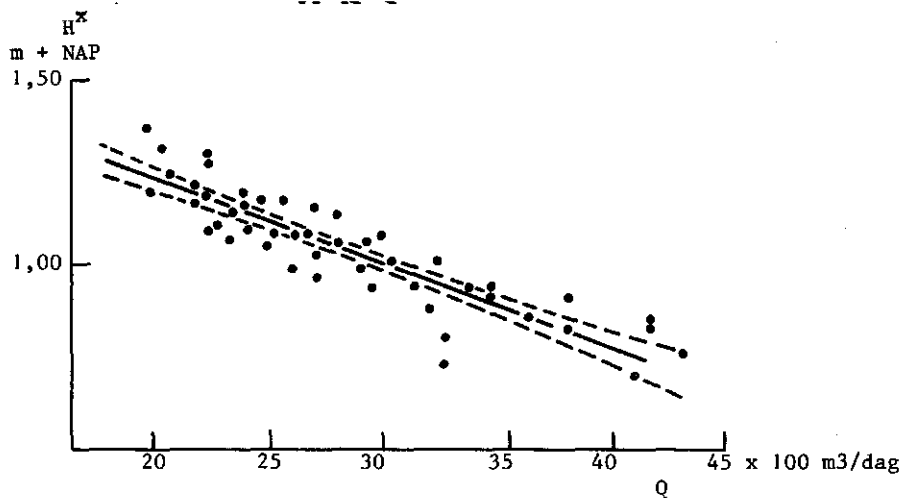


Fig. 4. De samenhang tussen de stijghoogte H van het diepe grondwater en de grootte Q van de waterwinning na eliminatie van andere invloeden $\bar{h} = 7,00 \text{ m} + \text{NAP}$

Toch speelt hier nog een indirecte invloed van sterk veranderlijke neerslagsaldo's op het diepe grondwater een rol. Deze invloed wordt doorgegeven door schommelingen van het ondiepe grondwater. Zonder de neerslagsaldo's te kennen kan hun invloed op de stijghoogte van het diepe grondwater worden uitgeschakeld door eliminatie van de invloed van schommelingen van h op de stijghoogte H . Als gezorgd wordt dat variaties van Q hierbij geen rol spelen dan kan daarna de samenhang tussen H en Q nauwkeuriger dan in figuur 2 worden bepaald.

2.2. E l i m i n a t i e v a n a n d e r e i n v l o e d e n d a n d e w a t e r w i n n i n g o p d e s t i j g h o o g t e t e v a n h e t d i e p e g r o n d w a t e r

In fig. 3 zijn de stijghoogten van het diepe en van het ondiepe grondwater tegen elkaar uitgezet. Ze werden berekend uit vier metingen per 2 maanden. Januari werd samengevat met februari, maart met april, enz., enz. Bovendien werd voor deze tweemaandelijke perioden de opbrengst van het pompstation de Blinkert gesommeerd en omgerekend per dag. De perioden werden verdeeld in drie groepen met binnen bepaalde grenzen dezelfde water opbrengst. Per groep bestaat blijkens fig. 3, een duidelijke samenhang tussen H en h , waarin de waterwinning alleen nog een rol speelt in de niveaus van H en h waarop de fluctuaties plaatsvinden. Dit is bij een grote onttrekking lager dan bij een kleine. De fluctuaties van H en h in fig. 3 zijn echter onbeïnvloed door fluctuaties van betekenis in de wateronttrekking en dus alleen door variërende verhoudingen tussen neerslag, afvoer en verdamping. De invloed hiervan op H en h kan worden beschreven als ΔH en Δh , waarbij Δ staat voor het verschil in stijghoogte bij een gegeven en bij een gemiddelde verhouding. Deze is onbekend maar kan worden vervangen door een gemiddelde stijghoogte \bar{h} van het ondiepe grondwater. De fluctuatie van H kan nu worden gezuiverd van de invloed van variërende neerslagsaldo's door berekening van

$$H^* = H - a(h - \bar{h}) \quad (1)$$

Hierin is H^* de gecorrigeerde stijghoogte van het diepe grondwater en a is de hellingstangens van de regressielijnen in fig. 3.

Met een punt in figuur 3b is één en ander verduidelijkt.

2.3. De verlaging van de stijghoogte van het diepe grondwater door de waterwinning

In fig. 4 is de opbrengst van het pompstation de Blinkert uitgezet tegen de stijghoogte van het diepe grondwater, gezuiverd van de invloed van variaties in het verschil tussen neerslag, afvoer en verdamping, door herleiding naar een gemiddelde stijghoogte van het ondiepe grondwater van 1 meter onder maaiveld, zoals aangegeven in 2.2. De spreiding van H bij regressie op Q is aanzienlijk afgenomen n.l. tot 0,07 m. De stijghoogte H in meters onder maaiveld kan als een functie van de grootte van de waterwinning Q in m³ per dag en van de stijghoogte h van 1 meter onder maaiveld voor het punt 42B33 op 1000 meter van de Blinkert worden berekend als

$$H = 1.694 - 0.000230 Q$$

Aangezien volgens de formule van DE GLEE de verlaging S door grondwateronttrekking op een gegeven afstand r van de pompput recht-evenredig met de opbrengst toeneemt, kan nu voor iedere waterwinningsintensiteit worden berekend hoe groot de verlaging is ten opzichte van voor het begin der waterwinning. Dit was in februari 1957 nog slechts 46 cm, in januari 1970 66 cm, maar in augustus 1970, toen alleen het pompstation de Blinkert een opbrengst had van 5100 m³ per dag, al 120 centimeter. Aangezien de randvoorwaarde van de formule van DE GLEE, dat de stijghoogte van het ondiepe grondwater niet verandert, niet vervuld zal zijn, moeten deze cijfers beschouwd worden als schattingen.

2.4. De waarden van kD en c

De in het voorgaande beschreven bewerking is ook uitgevoerd voor de grondwaterstandsmmeetpunten 42E8 en 42E13 die evenals het punt 42B33 in ongeveer noordoostelijke richting van de Blinkert liggen, maar op grotere afstand daarvan. De bewerkingen leverden de volgende uitkomsten op.

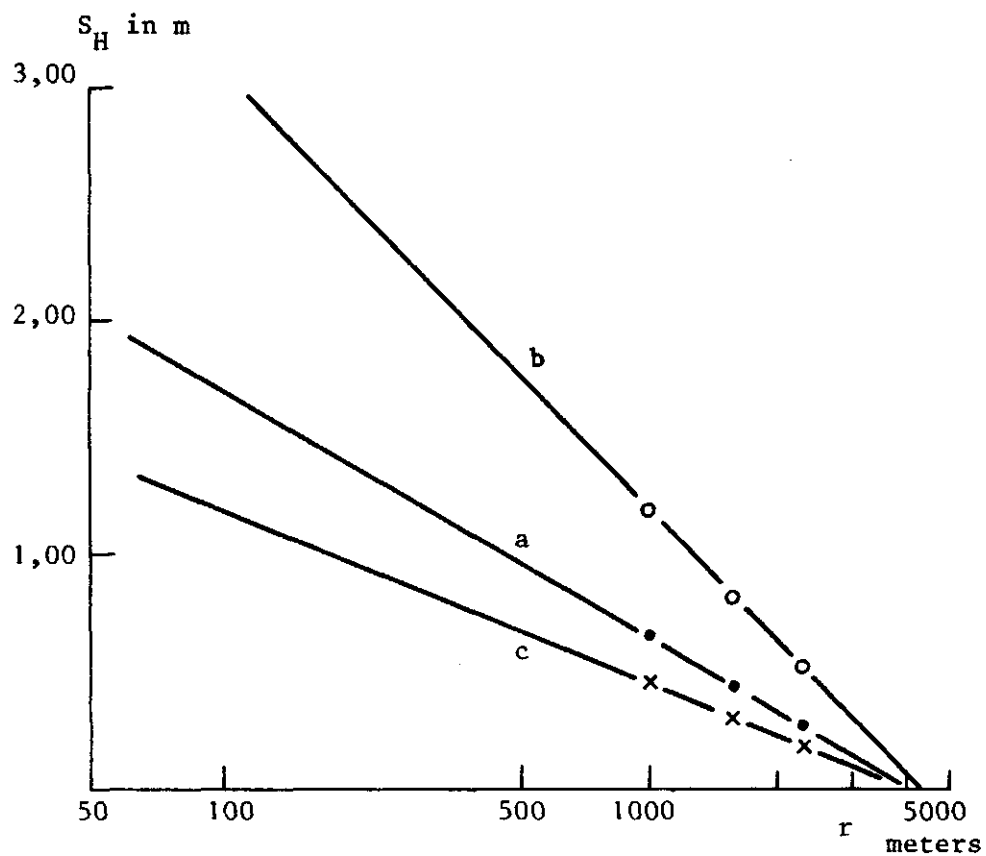
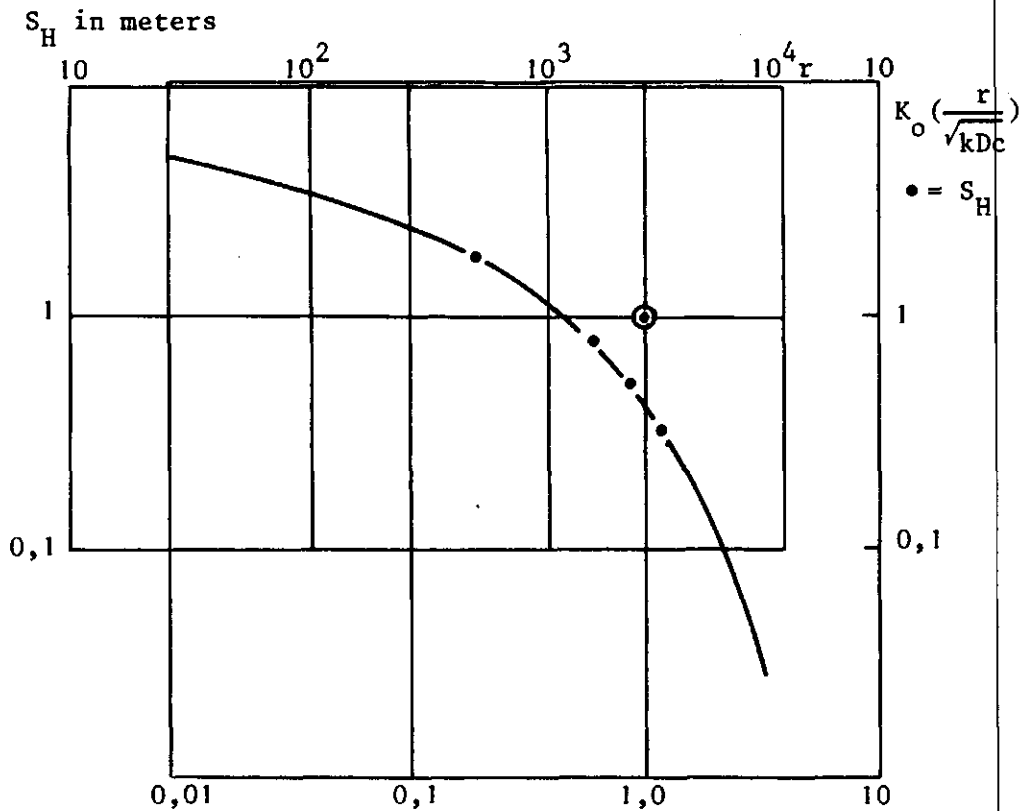


Fig. 5. De samenhang tussen de vergelijking S_H van de stijghoogte van het diepe grondwater en de afstand r vanaf de Blinkert

- a. januari 1970 2800 m³ per dag
- b. augustus 1970 5100 m³ per dag
- c. februari 1957 2160 m³ per dag



$$\odot = K_0 \left(\frac{r}{\sqrt{kDc}} \right) = 1$$

$$\frac{r}{\sqrt{kDc}} = 1$$

$$S = 1$$

$$r = 2600$$

$$kD = \frac{5100}{628 \times 1} = 810 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$c = \frac{2600^2}{810} = 834 \text{ dagen}$$

Fig. 6. Berekening van de waarde van kD en van c volgens De Glee. • = verlaging S_H van het diepe grondwater bij een onttrekking van 5100 m³/dag, volgens fig. 5.

De curve in de relatie $K_0(x)$ v x : $x = \frac{r}{\sqrt{kDc}}$

Tabel 1. De toenemende daling ΔS van de stijghoogte van het diepe grondwater bij toeneming van de waterwinning met 820 m^3 per dag, en de daling veroorzaakt door de onttrekking door de Blinkert in augustus 1970 (S_{max}) en door de onttrekking in januari 1970 (S_{min}); op verschillende afstand r

Nr	r	ΔS	S_{max}	S_{min}
42B33	1000 m	0,19 m	1,20 m	0,66 m
42E 8	1600 m	0,13 m	0,82 m	0,44 m
42E13	2300 m	0,08 m	0,51 m	0,28 m

De afstand r in tabel 1 werd gemeten ten opzichte van een willekeurig punt in de Blinkert. Uit tabel 1 blijkt dat in noord-oostelijke richting ΔS met toenemende afstand vrij regelmatig afneemt hetgeen op een grote homogeniteit wijst. In fig. 5 zijn r , op logaritmische schaal en ΔS op metrische schaal, tegen elkaar uitgezet. Uit de bij benadering rechtlijnige relaties voor verschillende onttrekkingsintensiteiten valt af te leiden dat de waterwinning in deze richting invloed uitoefent tot op een afstand van ongeveer 4200 meter.

Met de methode van DE GLEE (vgl. KRUSEMAN en DE RIDDER, 1970) is uit de cijfers in tabel 1 de waarde voor KD en c berekend. In figuur 6 is aangegeven hoe een diagram, waarin op dubbel logaritmisch papier enige punten op de lijn b in figuur 5 zijn uitgezet, moet worden verschoven ten opzichte van een zelfde diagram, waarin de waarden van $\frac{r}{\sqrt{KDc}}$ en $K_0(\frac{r}{\sqrt{KDc}})$ tegen elkaar zijn uitgezet om de lijnen in beide diagrammen zo goed mogelijk samen te laten vallen. Uit deze verschuiving, waarbij de assen parallel blijven, volgt dat bij een onttrekking van 5100 m^3 , $\frac{r}{\sqrt{KDc}} = 1$ en $K_0(\frac{r}{\sqrt{KDc}}) = 1$ de waarden van $S = 1.01 \text{ m}$ en $r = 2600 \text{ m}$ bij elkaar behoren. Volgens

$$KD = \frac{Q}{2\pi S} \cdot K_0\left(\frac{r}{\sqrt{KDc}}\right) \quad (2)$$

is

$$KD = \frac{5100}{2 \times 3.14 \times 1.01} \times 1 = 804 \text{ m}^2/\text{dag}$$

meterwaarden en de onafhankelijk gevonden c-waarde de stijghoogte van het ondiepe grondwater wordt gereconstrueerd alsof de waterwinning niet bestond. Deze simulatie komt tot stand door op basis van de opbrengsten van de Blinkert met (3) S_H te berekenen en hieruit met (5) het deel van de infiltratie P, dat het gevolg is van de grondwaterwinning, n.l. de onttrekking q aan het freatisch water. Deze q wordt nu op de waterbalans gebracht alsof geen grondwaterwinning bestond zodat (7) verandert in

$$h_k = h_{k-1} - \frac{N_k - A_k - E_k - P_k + q_k}{\mu_k} \quad (8)$$

Vergelijking van de volgens (8) berekende tijdstijghoogtelijn met die berekend volgens (7) toont de verlaging door de waterwinning van de stijghoogte van het ondiepe grondwater. Aangezien q berekend volgens (5) wat te hoog uitvalt, is deze verlaging ook wat overschat.

3.2. Afleiding van de samenhang van de grootte van de waterwinning met de verlaging van de stijghoogte van het ondiepe grondwater, oostelijk van het pompstation de Blinkert

De in 3.1. bedoelde berekeningen werden uitgevoerd voor het waarnemingspunt 42B33 omdat dit van de drie bestudeerde punten het dichtst bij het pompstation lag. De oplossing van de parameterwaarden in het waterbalansmodel werd gebaseerd op de grondwaterstanden, die werden gemeten in de jaren 1960 tot en met mei 1967, omdat in juni 1967 ook het pompstation Vliegveld in werking trad. Ook in hoofdstuk 2 bleef de studie beperkt tot de invloed van de waterwinning van de Blinkert.

Minimisatie van de kwadraatsom van de verschillen tussen gemeten en berekende grondwaterstanden leverde een verklaringspercentage van de variantie van de gemeten grondwaterstanden van 94 % op. De standaardafwijking van de gemeten grondwaterstanden ten opzichte van de berekende grondwaterstand was daarbij 10,3 centimeter. De som T van de afwijkingen tussen 169 gemeten (h^*) en berekende(h) stijghoogten van het freatisch water ten opzichte van N.A.P., dus

$$T = \sum (h^* - h) \quad (9)$$

bedroeg + 15,9 centimeter. Dit betekend dat de berekende grondwaterstanden gemiddeld 0,094 centimeter te laag zijn uitgevallen.

De simulatie volgens (8) levert een tijdstijghoogtelijn van het freatisch grondwater, die een schatting is van wat er zou zijn veranderd als op 14 januari 1960 de waterwinning plotseling voorgoed zou zijn gestaakt. Deze berekening levert een som T berekend volgens (9) op van - 1065,7 centimeter over 169 steekproeven. Dit betekend dat de gereconstrueerde tijdstijghoogtelijn, berekend alsof geen waterwinning bestond, gemiddeld 6,3 cm hoger was dan de gemeten grondwaterstanden. Dit geeft de gemiddelde verlaging van het ondiepe grondwater als gevolg van de waterwinning in die jaren aan. Van jaar tot jaar traden echter grote verschillen op. Dit blijkt uit tabel 2. Hierin is voor het punt 42B33 de gemiddelde verlaging per jaar volgens 24 steekproeven en de grootte van de grondwateronttrekking gegeven. Deze berekening is ook voor de jaren 1967 tot en met 1970 uitgevoerd alsof de waterwinning door het pompstation Vliegveld vanaf juni 1967 door het pompstation de Blinkert was verricht.

Tabel 2. Grondwateronttrekking (q) en verlaging van de stijghoogte van het ondiepe grondwater S_h op 1000 meter afstand van de Blinkert

Jaar	q in mm	S_h in cm
1960	0.0640	1.6
1961	0.0668	5.9
1962	0.0682	3.9
1963	0.0710	7.8
1964	0.0735	9.9
1965	0.0803	12.5
1966	0.0880	2.9
1967	0.0958	3.4
1968	0.1042	9.7
1969	0.1110	13.5
1970	0.1167	8.8

Verlaging van het
 ondiepe grondwater op
 1000 m afstand
 cm

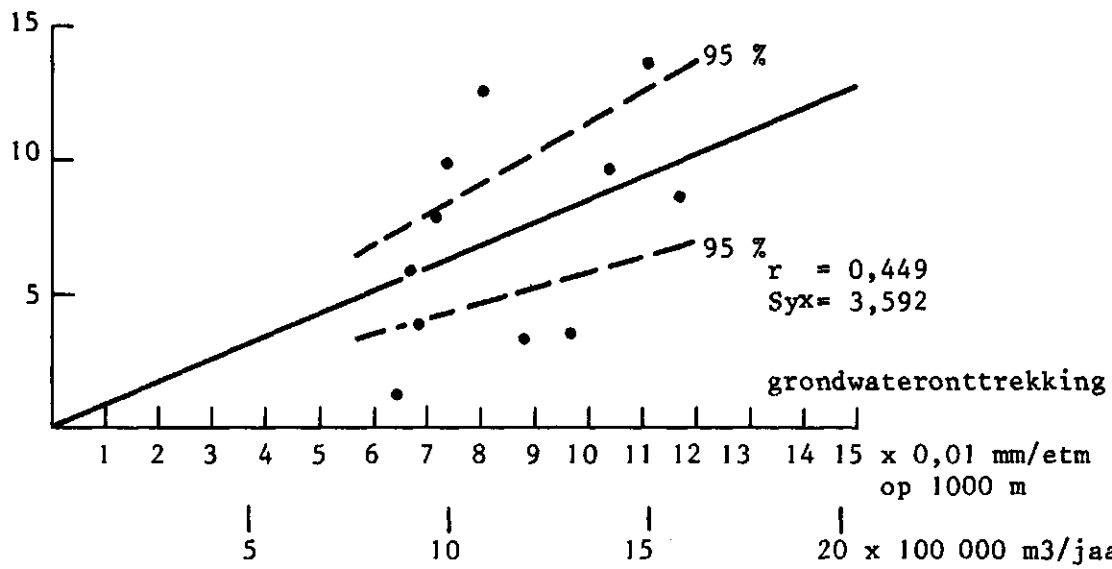


Fig. 7. Samenhang tussen de grondwateronttrekking en de verlaging van de stijghoogte van het ondiepe grondwater

In tabel 2 blijkt dat de grondwateronttrekking langzaam maar zeker toenam, terwijl de grondwaterstandsverlaging van jaar tot jaar zeer veranderlijk is. Een duidelijke samenhang is niet aanwijsbaar. Het staat echter vast dat als er geen waterwinning is er ook geen verlaging van de stijghoogte van het ondiepe grondwater als gevolg daarvan is. Van deze zekerheid kan gebruik worden gemaakt om uit de gegevens in tabel 2 de samenhang tussen q en S_h voor gemiddelde weersomstandigheden af te leiden. Bij de berekening van de lineaire regressie van S_h op q geldt nu dat het intercept $b = 0$. Nu kan worden berekend dat

$$S_h \text{ cm} = 85,479 q \text{ mm}$$

In fig. 7 is deze samenhang weergegeven. De correlatiecoëfficiënt is niet hoog en het 95% betrouwbaarheidsinterval is nogal breed. Een schatting van de verlaging S_h die van een gegeven grondwateronttrekking het gevolg is, heeft dan ook geen grote nauwkeurigheid. In feite vindt deze onnauwkeurigheid zijn oorzaak in het feit dat van jaar tot jaar de weersomstandigheden zo verschillend zijn. Het geringe aantal gegevens laat echter niet toe om de invloed van q op S_h te differentiëren naar deze omstandigheden.

De verlaging S_h is volgens figuur 7 klein en zal in verhouding tot de verlaging S_H ook van weinig betekenis zijn. Daaruit volgt dat q volgens (5) niet veel hoger kan zijn geschat dan volgens (4). De verlaging S_h zal dan ook niet veel zijn overschat. Met een iteratieve berekening zou een correctie gegeven kunnen worden maar aangezien S_h toch al van weinig betekenis is, leek dit van weinig belang.

3.3. C o n c l u s i e

In fig. 6 blijkt dat de verlaging van de stijghoogte van het ondiepe grondwater van weinig betekenis is. Door de waterwinning van de Blinkert zal tot 1967 het ondiepe grondwater op 1000 meter afstand niet meer dan gemiddeld 7 cm zijn verlaagd. Daarna zal dit wat zijn toegenomen en in de toekomst zal dit verder gebeuren. Als men gemakshalve aanneemt dat het effect van de in 1967 gestarte waterwinning Vliegveld op dat van de Blinkert gesuperponeerd mag worden dan zal bij een gezamenlijke onttrekking van 2 000 000 m³ per jaar de

verlaging gemiddeld 12 centimeter bedragen. Op grotere afstand wordt dit uiteraard minder. Aangezien uit de gegevens van de drie gebruikte waarnemingspunten slechts één c-waarde kan worden berekend moet de berekende verlaging van h met toenemende afstand kleiner worden in evenredigheid met de afnemende verlaging van H. Daarom kan met (3) berekend worden dat de verlaging op 2000 en 3000 meter afstand respectievelijk 0,6 en 0,3 van die op 1000 meter afstand bedraagt. Op afstanden van 500 en 150 meter is de verhouding respectievelijk 1,5 en 2. Op bijlage 1 is de verlaging van h schematisch weergegeven, ervan uitgaande dat de in par. 2.4. gesignaleerde homogeniteit in het gebied waar de veenlaag voorkomt, overal zo groot is dat de resultaten van de bewerking van de drie waarnemingspunten overdraagbaar zijn.

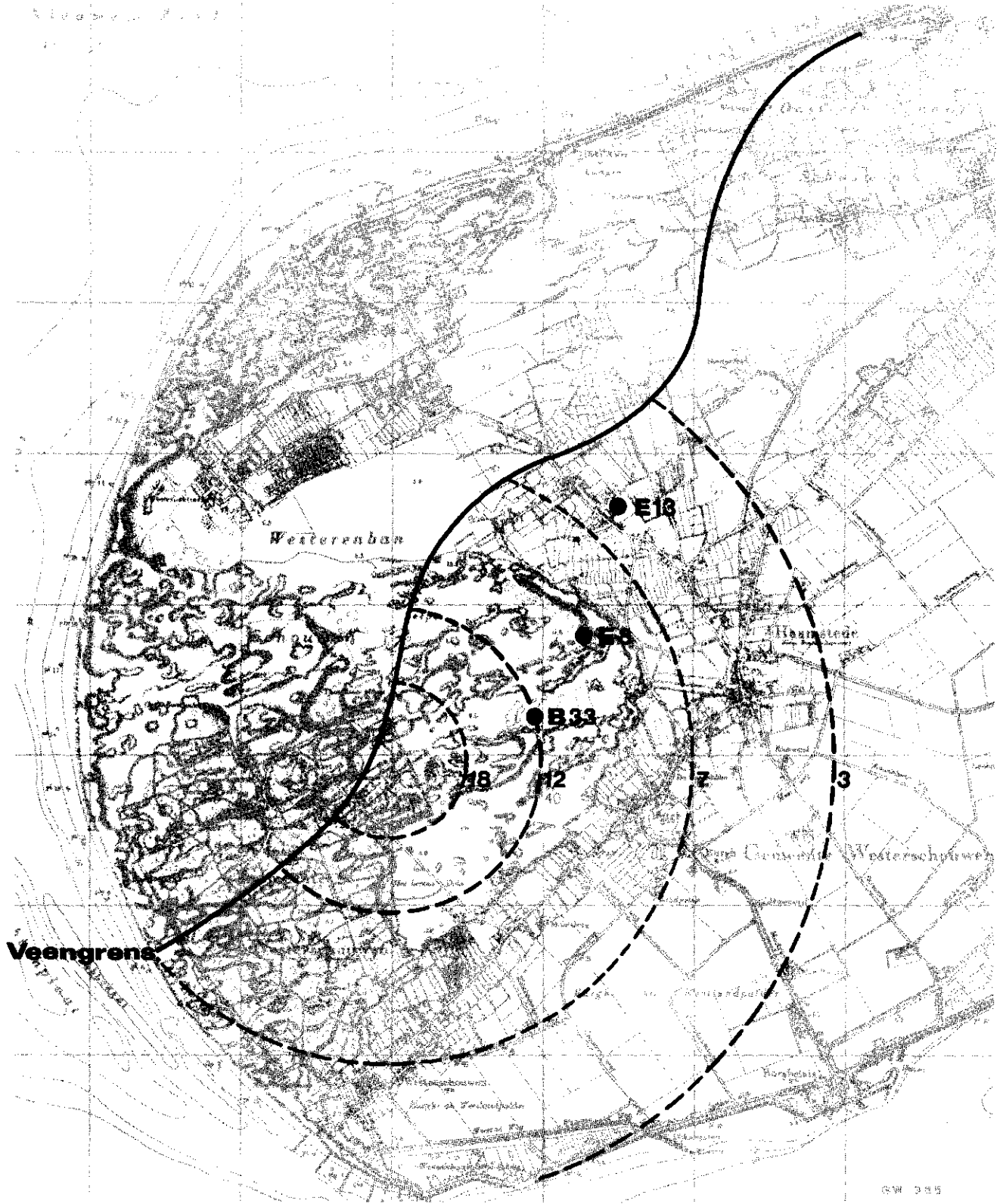
Voor het deel van de potentiële invloedssfeer van de waterwinning, waar geen veenlaag in de ondergrond voorkomt is op Bijlage 1 geen verlaging aangegeven. In dit gebied dat overwegend duinen omvat is geen studie verricht.

4. SAMENVATTING

Als gevolg van de aanwezigheid van een veenlaag in de ondergrond is de verticale weerstand oostelijk van het pompstation de Blinkert hoog. Hierdoor verwekt grondwateronttrekking een groot potentiaalverschil tussen de stijghoogte van het diep en van het ondiep grondwater. De verlaging van de stijghoogte van het diepe grondwater is aanzienlijk en de toeneming ervan als gevolg van een langzaam toenemende waterwinning is gemakkelijk te scheiden van fluctuaties als gevolg van andere invloeden. Dit maakt het mogelijk om voor het oostelijk gebied een c-waarde en een kD-waarde te bepalen. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid om met een rekenmodel van de waterbalans het staken van de waterwinning te simuleren en zodoende vast te stellen welke invloed de waterwinning op de stijghoogte van het ondiepe grondwater heeft. Het blijkt dat deze invloed gering is en oostelijk van het duingebied, voor zover de veenlaag in de ondergrond voorkomt, bij een onttrekking tot 2 000 000 m³ per jaar, gemiddeld 12 centimeter zal bedragen.

5. LITERATUUR

- BLOEMEN, G.W. Een numerieke oplossing van de parameters in de waterbalansvergelijking I. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, nota 664 1972.
- KRUSEMAN, G.P. and N.A. DE RIDDER. Analysis and evaluation of pumping test data. Intern. Inst. for Landrecl. and Improvement. Bulletin 11. Wageningen, 1970.
- VISSER, W.C. Mathematisch onderzoek naar de watertoedeling aan landbouw en waterwinning en de waterschapstaak daarbij. Commissie voor hydrologisch onderzoek TNO, 1972.



Bijlage 1. ● B33 Grondwaterstandsmeetpunt

gemiddelde verlaging van de stijghoogte van het
 ondiepe grondwater in cm, als $Q = 2\ 000\ 000\ m^3/jaar$

ERRATA NOTA 704

1. In onderschrift van fig. 2 staat: 'Tussen de stijghoogte H van het ondiepe grondwater enz.';
o n d i e p e moet zijn d i e p e

2. In fig. 6

$$kD = \frac{5100}{6,28 \times 1} = 810 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$C = \frac{2600^2}{810} = 8340 \text{ dagen}$$

3. Onderaan blz. 9: boven de deelstreep, S100 = 5100