mei 1972

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN DE GRONDBERGING EN ZANDWINNING OP DE TEELTOMSTANDIGHEDEN OP EEN GLASTUINBOUWBEDRIJF IN DE TWISKEPOLDER

ir A.L.M. van Wijk en J. Buitendijk

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, 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

---

I N H O U D

1. INLEIDING

Op verzoek van de Rijkswaterstaat, het arrondisement Alkmaar, en de firma Vrijbloed te Den Ilp heeft het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding aan onderzoek ingesteld naar een eventueel verband tussen de activiteiten van de Rijkswaterstaat, zandwinning en specieberging, in de Twiskepolder en een verslechtering van de teeltomstandigheden op het tuinbouwbedrijf van bovengenoemde firma eveneens gevestigd in de Twiskepolder. Vanaf 1964 heeft zich een dusdanige verslechtering in teeltomstandigheden voorgedaan, dat naar bevinding van het Rijkstuinbouwconsulentschap te Hoorn in het voorjaar van 1971 geen verwachtingen ten aanzien van de produktie gekoesterd mogen worden. Door de firma Vrijbloed wordt de verslechtering geweten aan de zandwinning en specieberging, die sinds 1964 in de polder plaatsvinden. Van de zijde van de Rijkswaterstaat, de firma Vrijbloed en de Provinciale Waterstaat Noord-Holland werd de toezegging verkregen, dat alle beschikbare gegevens die voor het onderzoek van belang konden zijn, ter beschikking werden gesteld.

2. PROBLEEMSTELLING

In de Twiskepolder is 30 augustus 1964 door de Rijkswaterstaat begonnen met het winnen van zand voor de aanleg van de Coentunnelweg en het bergen van onbruikbare bovengrond in het noordelijke deel van de polder. Deze activiteit heeft als gevolg een diepe put met een bepaalde waterstand in het centrum van de polder en ten noorden en westen hiervan een ophoging tot ca. 2 meter boven het oude maaiveld, waarin een wisselende doch ten opzichte van de oude situatie sterk verhoogde grondwaterstand voorkomt. (fig. 1)

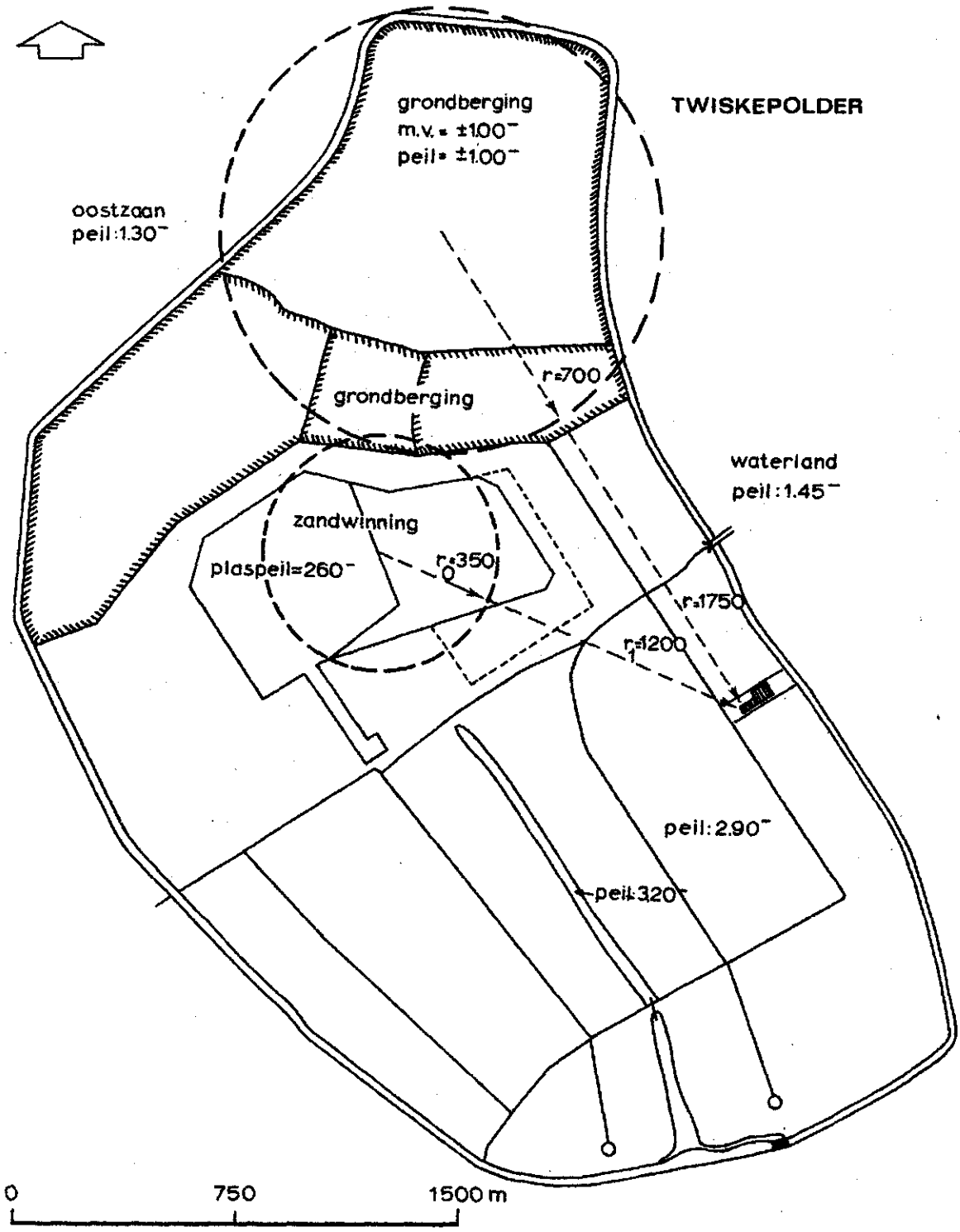


Fig. 1. Situatie en uitgangspunten voor de berekening van de verandering van de stijghoogte van het diepe grondwater

De vraag die naar aanleiding van de klacht van de firma Vrijbloed ter oplossing staat is: in welke mate kunnen de genoemde veranderingen ten opzichte van de oorspronkelijke toestand aanleiding geven tot een verhoging van de grondwaterstand en het zoutgehalte van de grond of het bodemwater ter plaatse van het tuinbouwbedrijf, daar deze als oorzaken worden aangegeven van de verslechtering in de teeltomstandigheden.

Aangezien geen gegevens omtrent de stijghoogte van het diepe grondwater in de polder over een voldoende lange periode voorafgaande aan de zandwinning beschikbaar zijn, is het niet mogelijk een verandering van de hydrologische situatie in de polder ten gevolge van de zandwinning direct af te leiden uit een vergelijking van de toestand vóór en na (of tijdens) het maken van de put. Wel is het mogelijk met behulp van de ter beschikking staande gegevens via een berekening na te gaan wat de invloed is van de grondberging en de zandwinning op de stijghoogte van het diepe grondwater in de rest van de polder, in casu het tuinbouwbedrijf en daarmee op de kwel en het phreatisch grondwaterniveau (het ondiepe grondwater).

Een ander aspect dat kan bijdragen tot een verklaring van de verslechtering in teeltomstandigheden is de omschakeling van platglasteelt naar kassenteelt. Deze omschakeling is begonnen in 1963 en valt ongeveer samen met de aanzet van de zandwinning. Deze omschakeling kan eveneens een oorzaak zijn van de toename van het zoutgehalte in de grond. Vanouds heeft het grond- en slootwater in de Twiskepolder een hoog zoutgehalte. Bij platglas kan de neerslag, die op het perceel valt, enerzijds worden benut om de waterbehoefte van het gewas te dekken en anderzijds om een geleidelijke verzilting van de grond tegen te gaan. Bovendien kan door het regelmatig verplaatsen van het platglas steeds over uitgespoelde grond worden beschikt. Bij staand glas wordt de neerslag weggevangen en treedt onder invloed van de wateronttrekking door het gewas een opwaartse beweging van het grondwater op. Dit kan waar het grondwater met een hoog zoutgehalte betreft aanleiding geven tot een sterke verzilting van de bovengrond. Door toepassing van kunstmatige beregening met goed water zal gedurende de teelt om zoutaccumulatie te voorkomen dusdanig water moeten worden gegeven dat de opwaartse beweging van het te zoute grondwater tenminste wordt gecompenseerd.

Het onderzoek betreffende bovenstaande problematiek is gesplitst in twee onderdelen, die afzonderlijk zullen worden behandeld. Aan deze onderdelen liggen de volgende vragen ten grondslag:

1. In welke mate is de grondwaterstand in de Twiskepolder en wel speciaal ter plaatse van het tuinbouwbedrijf beïnvloed door de grondberging en de zandwinning?
2. Heeft de zandwinning een aantoonbare stijging van het zoutgehalte van het polder- en slootwater in de Twiskepolder tot gevolg gehad?

3. GEGEVENS

De gegevens waarover bij het onderzoek kon worden beschikt zijn:

- gegevens betreffende het zoutgehalte van de grond en het bodemvocht van de toestand vóór de inpoldering, ontleend aan een rapport van het Bodemkundig Instituut Groningen (1937);
- een rapport over de bodemgesteldheid en de gebruiksmogelijkheden voor tuinbouw van een gedeelte van de Twiskepolder van de Stichting voor Bodemkartering (1956);
- tijdstijghoogtelijnen van het diepe grondwater over de periode november 1963 tot en met december 1970 voor een vijftal punten rond de zandwinning, waarvan twee in de polder en drie er buiten. De filters zijn geplaatst op een diepte van 10, 20 en 45 m -N.A.P. ter plaatse van de punten 276 en 277, op 20 en 45 m -N.A.P. ter plaatse van punt 275 en op 14 en 45 m -N.A.P. ter plaatse van de punten 274 en 337;
- gegevens, verzameld door de Provinciale Waterstaat Noord-Holland betreffende grondwaterstanden gemeten over de periode april 1971 tot en met december 1971 in buizen met een filterdiepte van 1,5 en 3,5 m -maaiveld. Deze buizen zijn geplaatst op de meest oostelijke percelen van de polder vanaf de specieberging tot aan de zuidelijke dwarsweg;
- gegevens over de stijghoogte van het grondwater op 1,5 en 3,5 m - maaiveld over de periode april 1971 tot en met december 1971 voor een drietal punten op het tuinbouwbedrijf;
- gegevens over het NaCl- en het totaal zoutgehalte van grondmonsters uit de kas vanaf 1963 tot en met 1971;
- het verloop van het zoutgehalte van het polderwater vanaf 1957 en van het boezemwater ter plekke van de Kerkebreek te Landsmeer vanaf 1930;
- gegevens betreffende het chloorgehalte van het beregeningswater d.d. 17 en 22 september 1970 en 6 april 1972;

- basisgegevens en resultaten van een onderzoek dat het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding heeft verricht naar de gevolgen voor de kwel en het zoutbezwaar van een eventuele toekomstige peilverlaging in het zuidelijke deel van de polder.

4. INVLOED VAN DE GRONDBERGING EN DE ZANDWINNING OP DE GRONDWATERSTAND TER PLAATSE VAN HET TUINBOUWBEDRIJF

4.1. Algemeen

De Twiskepolder is door het lagere peil, dat er sinds de inpoldering ten opzichte van de omgeving wordt gehandhaafd een gebied, dat kwel aantrekt. Het peil dat in de Nieuwe Twiske, de hoofdontwatering, wordt gehandhaafd ligt op circa 3,20 m -N.A.P. Het peil in de poldersloten is echter hoger, gemiddeld 2,90 m -N.A.P., doordat het water trapsgewijs aflopend naar de Nieuwe Twiske wordt opgehouden. Het peil in de omringende polders Oostzaan en Waterland is aanzienlijk hoger, respectievelijk ca. 1,30 en 1,45 m -N.A.P.

De kwel vanuit de omringende polders naar het zuidelijke deel van de polder, waarin het tuinbouwbedrijf is gelegen, is door WIJNSMA en WIT (1972) berekend op 0,5 mm/dag. Aangenomen dat het peil in het noordelijk deel van de polder destijds gelijk was aan dat in het zuiden dan is door de ophoging met de daarin voorkomende hoge grondwaterstand de hoeveelheid kwel verminderd. Dit geldt ook voor het gebied waar de plas is gelegen, daar het huidige plaspeil hoger is dan de stijghoogte van het diepe grondwater vóór de zandwinning.

4.2. Invloed van de grondberging op de stijghoogte van het diepe grondwater

Om na te kunnen gaan wat de invloed van de grondberging en de zandwinning is op de grondwaterstand in de Twiskepolder moeten zowel het polderpeil als de stijghoogte van het diepe grondwater over de periode vóór de zandwinning bekend zijn. Het peil in het zuidelijke deel van de Twiskepolder wordt volgens de mededeling van Domeinen door bemaling op een nagenoeg constant niveau gehandhaafd, gemiddeld 2,90 m -N.A.P. Hier is door de zandwinning geen verandering in gebracht. Aangenomen wordt, dat ook de noordelijke polderhelft vóór de ophoging en zandwinning dit zelfde

peil had. In feite zal het echter door de slechte afwateringsmogelijkheden in dat gebied wel hoger zijn geweest. Hoeveel hoger laat zich moeilijk schatten, vandaar de gedane aanname. Zeker is dat de aanname niet kan leiden tot een onderschatting van het uiteindelijk effect op de grondwaterstand.

De stijghoogte van het diepe grondwater in het centrum van de polder, gemeten in een buis nabij de huidige plas, bedroeg over een periode van 10 maanden (november 1963 tot en met augustus 1964) voorafgaand aan het begin van de zandwinning, 2,80 m -N.A.P. Aangenomen wordt dat deze waarde voor het gehele noordelijke deel van de polder geldt.

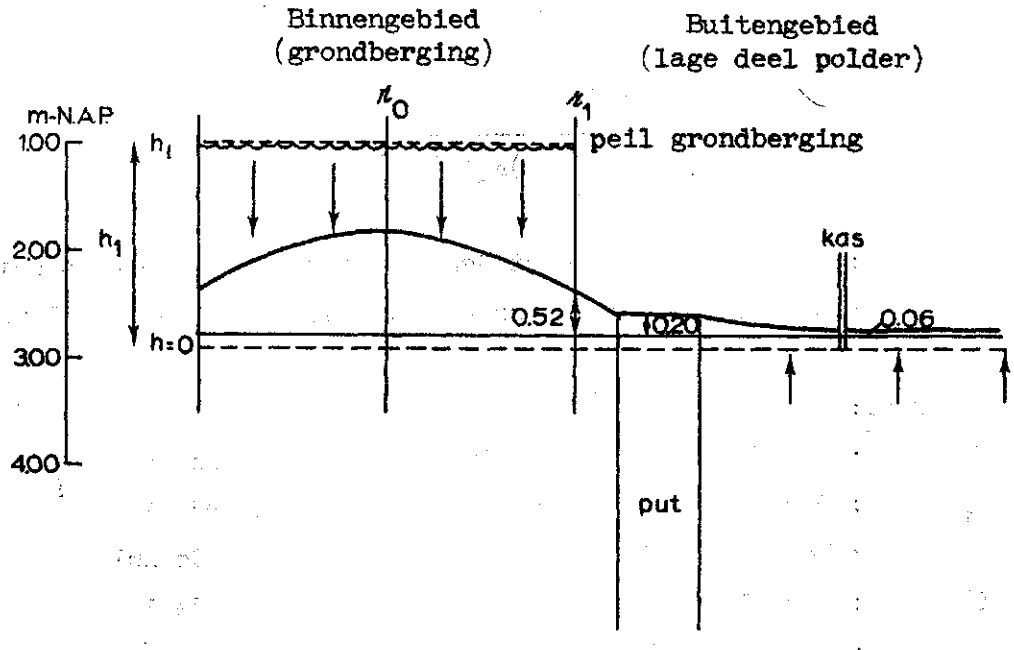
De veranderingen die zich ten opzichte van de uitgangstoestand hebben voorgedaan, is een ophoging met een circa 2 meter dikke laag venige specie van een groot deel van de noordelijke polderhelft . Hierin komen grondwaterstanden voor tot aan het maaiveld. Dit betekent, dat hier het peil met ca. 2 meter is gestegen. Tegelijkertijd moet ook de stijghoogte van het diepe grondwater zijn toegenomen, doch in mindere mate. Deze toename van de stijghoogte van het diepe grondwater is het grootst in de speciedepots, doch plant zich ook daarbuiten voort, waar het polderpeil constant is gebleven. Hierdoor neemt het verschil tussen de stijghoogte van het diepe grondwater en het polderpeil toe en daarmee de kwel en de stijghoogte van het ondiepe grondwater. In de speciedepots is daarentegen een wegzijgingssituatie ontstaan doordat de stand van het ondiepe grondwater boven de stijghoogte van het diepe grondwater is komen te liggen. Een en ander wordt geïllustreerd in fig. 2.

In het navolgende wordt berekend in welke mate de stand van het diepe grondwater ter plaatse van de grondberging, de zandwinput en het tuinbouwbedrijf gestegen is door de ophoging en de daarmee gepaard gaande peilverhoging.

Wordt de grondberging voorgesteld als een cirkelvormig gebied (fig. 1), dan kan de verandering van de stand van het diepe grondwater benaderd worden

in het binnengebied door: $h - h_1 = a_1 \, I_o(\frac{r}{\sqrt{kDc}})$

in het buitengebied door: $h = a_2 \, K_o(\frac{r}{\sqrt{kDc}})$, als het phreatisch vlak $h = 0$ wordt gesteld.



——— toename stijghoogte diepe grondwater t.g.v. grondberging
——— stijghoogte diepe grondwater vóór zandwinning
– – – – polderpeil

Fig. 2. De toename van de stand van het diepe grondwater ten opzichte van de toestand vóór de zandwinning als gevolg van de grondberging

Als onbekenden komen in de formules de constanten a_1 en a_2 voor. Op de grens tussen binnen- en buitengebied, dus op de rand van het cirkelvormig gebied met straat r_1 geldt dat beide formules voor de diepe grondwaterstand een gelijke waarde en een gelijke helling geven.

Gelijkstelling voor $r = r_1$ geeft:

$$h_1 + a_1 I_o\left(\frac{r_1}{\sqrt{kDc}}\right) = a_2 K_o\left(\frac{r_1}{\sqrt{kDc}}\right)$$

Differentiëren geeft: $a_1 I_1\left(\frac{r_1}{\sqrt{kDc}}\right) = - a_2 K_1\left(\frac{r_1}{\sqrt{kDc}}\right)$

Uit deze twee vergelijkingen met twee onbekenden kunnen a en b worden opgelost. Wordt $\left(\frac{r_1}{\sqrt{kDc}}\right) = (x)$ gesteld:

$$h_1 + a_1 I_o(x) + a_1 \frac{I_1(x)}{K_1(x)} \cdot K_o(x) = 0$$

$$a_1 = -h_1 \times \frac{K_1(x)}{I_o(x)K_1(x) + I_1(x)K_o(x)}$$

$$a_2 = h_1 \frac{I_1(x)}{I_o(x)K_1(x) + I_1(x)K_o(x)}$$

Hierin is: h : de toename van de stijghoogte van het diepe grondwater

h_1 : het peilverschil tussen grondberging en lage deel van die polder

a_1 en a_2: constanten

K_o : Besselfunctie van de tweede soort en orde nul

K_1 : Besselfunctie van de tweede soort en orde 1

I_o : Besselfunctie van de eerste soort en orde nul

I_1 : Besselfunctie van de eerste soort en orde 1

r_1 : straal van het cirkelvormig gebied

kD : doorlatend vermogen van de watervoerende laag

c : weerstand van het afdekkend pakket

Het peil in de grondberging varieert door de opspuitingswerkzaamheden. Het wordt daarom gelijk gesteld aan de maaiveldshoogte: ca. 1 m -N.A.P. Het peil in de polder vóór de grondberging en zandwinning is gesteld op 2,90 m -N.A.P., zodat het peilverschil ca. 2 meter is. De straal van het cirkelvormig binnengebied is 700 m. Door WIJNSMA en WIT (1972) wordt voor $\sqrt{kDc}$ in de Twiskepolder 635 m gevonden. Voor de constanten a_1 en a_2 wordt dan berekend:

$$a_1 = -2.0 \times \frac{0.51}{1.33 \times 0.51 + 0.64 \times 0.37} = -1.11$$

$$a_2 = 2.0 \times \frac{0.64}{1.33 \times 0.51 + 0.64 \times 0.37} = 1.40$$

De toename van de stijghoogte van het diepe grondwater als gevolg van de grondberging in het binnengebied (grondberging) en buitengebied (lage deel van de polder) kan dan met de volgende formules worden berekend:

binnengebied: $h_r - h_1 = -1.11\ K_o(\frac{r}{\sqrt{kDc}})$ (1)

buitengebied: $h_r = 1.40\ K_o(\frac{r}{\sqrt{kDc}})$ (2)

Door substitutie in formule 2 van 700, 1150 en 1750 m voor r, de respectievelijke afstanden tot de zuidgrens van de grondberging, de huidige plasrand en het tuinbouwbedrijf kan de toename van de stijghoogte van het diepe grondwater op die punten worden berekend.

Tabel 1. De toename van de stijghoogte van het diepe grondwater tengevolge van de grondberging ter plaatse van de rand van de grondberging, de zandwinput en het tuinbouwbedrijf

	r m	Toename stijghoogte m
Rand grondberging	700	0.52
zandwinput	1150	0.20
tuinbouwbedrijf	1750	0.06

Het verloop van de diepe grondwaterstand, zoals die is beïnvloed door de grondberging, is weergegeven in fig. 2.

Uit de berekening blijkt dat de diepe grondwaterstand het sterkst is gestegen ter plaatse van de grondberging en dat de invloed van de grondberging op de diepe grondwaterstand snel afneemt bij toenemende afstand tot de grondberging. Ter plaatse van het tuinbouwbedrijf is de stijging van het diepe grondwater nog slechts 6 cm, zodat de diepe grondwaterstand ca. 2,74 m -N.A.P. moet zijn. Ter plaatse van de zandwinput is door de ophoging in het noordelijk deel van de polder het diepe grondwater 20 cm gestegen, zodat het nu op ca. 2,60 m -N.A.P. ligt. Dit is ook het niveau waarop zich het gemiddeld plaspeil bevindt (fig. 3). De grondwaterstand gemeten in de buizen 6, 7 en 8, geplaatst door de Provinciale Waterstaat aan de oostzijde van de plas op 3,5 m -mv., is resp. 2,60; 2,70 en 2,60 m -N.A.P. De buis op het bedrijf met het filter op 3,5 m-mv. geeft als gemiddelde diepe grondwaterstand 2,75 m -N.A.P. Deze meetgegevens sluiten goed aan bij hetgeen is berekend.

4.3. Invloed van het plaspeil op de stijghoogte van het diepe grondwater

In het voorafgaande is nagegaan wat de invloed van alleen de grondberging is. Dit is een verhoging van de diepe grondwaterstand met 20 cm tot 2,60 m, het gemiddelde plaspeil, ter plaatse van de plas en met 6 cm op het bedrijf. Dit zou ook gebeuren, indien de plas er niet zou zijn. We kunnen ons echter ook nog afvragen wat de additionele stijging van het diepe grondwater ter plaatse van het bedrijf is, indien het plaspeil hoger dan 2,60 m -N.A.P. is, bijvoorbeeld 2,50 en 2,40 m -N.A.P.

We stellen ons daartoe het gebied waarin de plas ligt als een cirkel voor (fig. 1) waaromheen een homogeen pakket voorkomt afgedekt door een slecht doorlatende laag. In de Twiskepolder fungeert als zodanig een veenpakket van ca. 2 meter dikte, waaronder klei- en zovellagen voorkomen.

De toename van de stijghoogte van het diepe grondwater met de afstand tot de plas kan dan met dezelfde formule als in het voorafgaande voor het gebied buiten de grondberging is toegepast, worden berekend:

$$h = b\, K_o\left(\frac{r_o}{\sqrt{kDc}}\right)$$

De verhouding van de toename van de stijghoogte van het diepe grondwater op de rand van de put tot die op het bedrijf is dan:

$$\frac{h_1}{h_o} = \frac{K_o\left(\frac{r_1}{\sqrt{kDc}}\right)}{K_o\left(\frac{r_o}{\sqrt{kDc}}\right)}$$

waarin: h_o: toename van de stijghoogte op de putrand
h_1: toename van de stijghoogte op het bedrijf
r_o: straal van de put
r_1: afstand bedrijf tot centrum put
kD: doorlatend vermogen van het watervoerend pakket
c : de weerstand van het afdekkend pakket

Wordt voor r_o, r_1 en $\sqrt{kDc}$ de respectievelijke waarden van 350, 1200 en 635 m ingevuld dan volgt:

$$\frac{h_1}{h_o} \quad \frac{K_o\ (\frac{1200}{635})}{K_o\ (\frac{350}{635})} = \frac{0.130}{0.847} = \frac{1}{6.5}$$

Dat wil zeggen, een verandering in stijghoogte van het diepe grondwater ter plaatse van de plas, ofwel van het plaspeil, veroorzaakt een toename in stijghoogte op het bedrijf, welke 6,5 maal zo klein is. Stijgt het plaspeil met 10 resp. 20 cm van 2,60⁻ naar 2,50⁻ of 2,40⁻, dan stijgt de diepe grondwaterstand op het bedrijf met 1,5 resp. 3,0 cm.

Tabel 2. De toename van de stijghoogte van het diepe grondwater in cm op het bedrijf als gevolg van a) de grondberging en b) een verhoging van het plaspeil tot 2,50 respectievelijk 2,40 m - N.A.P.

Plaspeil	2,60⁻	2,50⁻	2,40⁻
a) grondberging	6.0	6.0	6.0
b) plaspeil	-	1.5	3.0
som (a+b)	6.0	7.5	9.0

Concluderend kan worden gesteld dat het diepe grondwater ter plaatse van het bedrijf door de grondberging 6 cm omhoog is gekomen en daar 1,5 tot 3,0 cm bijkomt, wanneer het plaspeil 10 tot 20 cm boven het gemiddelde peil ligt.

Tenslotte zij opgemerkt, dat de vertikale stromingsweerstand van de grondberging zelf, dus van de ca. 2 meter dikke laag venige specie buiten beschouwing is gelaten vanwege het ontbreken van gegevens daaromtrent. Bij enige weerstand van het opgebrachte pakket is het werkelijke effect van de grondberging op de toename van de stand van het diepe grondwater kleiner dan het hier berekende.

4.4. Kwel als gevolg van de grondberging en de zandwinning

Door de extra stijging van het diepe grondwater is de kwel ter plaatse van het bedrijf toegenomen, daar het polderpeil gelijk is ge-

bleven. Deze toename kan met de volgende formule worden berekend:

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{c}$$

waarin Δq: toename van de kwel

Δh: toename van de stijghoogte van het diepe grondwater

c: verticale weerstand van het afdekkend pakket

Van het afdekkend pakket ter plaatse van het perceel, dat direct ten zuiden van het bedrijf ligt en dezelfde bodemkundige opbouw heeft als het tuinbouwperceel, is door WIJNSMA en WIT (1972) een c-waarde berekend van 480 dagen. Gemiddeld voor het zuidelijke deel van de polder werd een c-waarde van 577 dagen gevonden. De grondberging heeft een extra verhoging van de diepe grondwaterstand (h) tot gevolg van 6 cm. Gecombineerd met een stijging van het plaspeil van 2,60⁻ naar 2,50⁻ resp. 2,40⁻ geeft dit een Δh van 7,5 resp. 9 cm.

Tabel 3. De extra kwel in cm/dag als gevolg van de stijging van het diepe grondwater in cm, veroorzaakt door de grondberging en een verhoging van het plaspeil, ter plaatse van het bedrijf

Plaspeil	Δh	Kwel
2,60⁻	6.0	0,013
2,50⁻	7.5	0,016
2,40⁻	9.0	0,019

De kwel die wordt berekend is gering en varieert bij de verschillende plaspeilen globaal tussen 0.010 en 0.020 cm/dag. De totale kwel zoals die ter plaatse van het bedrijf kan worden berekend uit het stijghoogteverschil tussen het diepe en ondiepe grondwater is 0.055 cm/dag.

4.5. Invloed van de kwel op de stand van het ondiepe grondwater (freatisch vlak)

Kwel kan tot gevolg hebben dat permanent hogere grondwaterstanden optreden. De mate waarin het phreatisch vlak wordt verhoogd, wordt bepaald

door de drainage-intensiteit. Is deze groot, wat het geval is bij een goede drainage, dan wordt het opstijgende kwelwater direct afgevoerd zonder te leiden tot een noemenswaardige grondwaterstandsverhoging. De verhoging van de grondwaterstand tengevolge van de extra kwel kan worden berekend door voor perioden zonder neerslag en verdamping de kwel gelijk aan de afvoer te stellen (PANKOW en RIJTEMA, 1970). Immers het water dat in dergelijke perioden via de drainage tot afvoer komt, kan alleen afkomstig zijn van kwel.

afvoer = kwel

$$\alpha(h_g - h_s) = \frac{h_d - h_g}{c}$$

waarin h_g: grondwaterstand
h_s: diepte van de ontwateringsbasis, i.c. drainage
h_d: stijghoogte van het diepe grondwater
c : verticale weerstand van het afdekkend pakket
α: drainage-intensiteit

Voor de drainage-intensiteit kan ook worden geschreven $\alpha = \frac{8\ Kd}{l^2}$

waarin K: doorlaatfactor
l: drainafstand
d: dikte aequivalentlaag

Bovenstaande formule is zowel van toepassing op de situatie vóór als na de veranderingen die in de Twiskepolder zijn aangebracht.

situatie na : $\alpha(h'_g - h_s) = \frac{h'_d - h'_g}{c}$

voor : $\alpha(h_g - h_s) = \frac{h_d - h_g}{c}$

$$\alpha(h'_g - h_g) = \frac{h'_d - h_d - h'_g + h_g}{c}$$

Hierin is $h'_d = h_d + \Delta h$, waarin Δh de toename is van de stijghoogte van het diepe grondwater ten gevolge van de grondberging en zandwinning. Verder uitwerken geeft:

$$h'_g - h_g = \frac{\Delta h}{\alpha c + 1}$$

Met behulp van deze formule kan de verhoging worden berekend van de ondiepe grondwaterstand ($h'_g - h_g$) als gevolg van de extra kwel, veroorzaakt door de toegenomen stijghoogte van het diepe grondwater (Δh). Hiervoor moet behalve de c-waarde ook α bekend zijn. C = 480 en α is berekend met de eerder gegeven formule. Hierbij is gerekend met een drainafstand van 3 meter, zoals deze in de kas voorkomt, een dikte van de aequivalentlaag van 0,5 m en een in de kas gemeten doorlaatfactor van 0,35 m/dag, zodat voor α wordt gevonden: 0,150. Doordat in de aldus berekende drainage-intensiteit de weerstand, die het water bij het binnendringen van de buis (intreeweerstand) ondervindt, niet is vertegenwoordigd is de grondwaterstandsverhoging ook nog berekend bij een veel lagere drainage-intensiteit, die is verkregen door 0,01 m/dag als doorlaatfactor te nemen. Voor α wordt dan gevonden: 0.0044.

Tabel 4. De extra verhoging van de grondwaterstand op het bedrijf als gevolg van de toename van de stijghoogte van het diepe grondwater door grondberging en een eventuele verhoging van het plaspeil

Plaspeil m - N.A.P.	Δh cm	Grondwaterstandsverhoging in cm $\alpha = 0.150$	$\alpha = 0.0044$
2.60	6.0	0.08	1.9
2.50	7.5	0.10	2.4
2.40	9.0	0.12	2.9

α is een maat voor de intensiteit van de afvoer van water via de grond en het drainagestelsel. De waarde van α, zoals die wordt berekend aan de hand van de drainage op het bedrijf en de doorlatendheid van de grond, wijst op een goede afvoermogelijkheid voor eventueel opstijgend kwelwater. Uit de tabel blijkt dat de toename van de stijghoogte van het diepe grondwater bij een goede ontwatering ($\alpha = 0.150$) gepaard gaat met een grondwaterstandsstijging op het bedrijf van ca. 1 mm. Zou de ontwatering van de kas zeer veel te wensen overlaten, door een slechte drainage of een geringe doorlatendheid van de grond, dus bij een kleine drainage-intensiteit ($\alpha = 0.0044$) dan nog ligt de stijging van het ondiepe grondwater in de orde van enkele centimeters. Bij het gemiddelde plaspeil van 2,60 m -N.A.P. is

dit bijna 2 cm. Zou het plaspeil stijgen tot 2,40 m -N.A.P., een niveau dat over de periode van waarneming (fig. 3) niet is bereikt, dan geeft dit een extra stijging van de stand van het ondiepe grondwater met bijna 3 cm.

De conclusie is dat de grondberging en de zandwinning in de Twiskepolder een verhoging van de grondwaterstand op het bedrijf kunnen hebben veroorzaakt van 0,1 tot maximaal 3 cm, een stijging die verwaarloosbaar is ten opzichte van de sterke fluctuaties zoals die normaal in de kas voorkomen (fig. 4).

4.6. Drainagediepte en grondwaterstand

Het ondiepe grondwater in de kas fluctueert zeer sterk, soms zelfs over meer dan 50 cm (fig. 4). Over de periode vanaf half april tot eind mei 1972 is een vergelijking mogelijk met de grondwaterstand in een nabij gelegen perceel grasland. De grondwaterstand is daar weliswaar hoger vanwege het ontbreken van drainage, maar beweegt zich rond een nagenoeg constant niveau. In de kas daarentegen treedt ter zelfder tijd een zeer sterke fluctuatie van de grondwaterstand op, terwijl kasteelten in het algemeen juist gebaat zijn bij een constante grondwaterstand. De verklaring voor deze sterke fluctuatie moet worden gezocht enerzijds bij de beregening, anderzijds bij de vochtonttrekking door het gewas. In de perioden waarin de vochtonttrekking en daarmee de aanvullende watergift vrij groot kan zijn geweest, sept. - okt. 1970 en april - mei 1971 is de fluctuatie sterk en in de periode januari - februari 1971 is de fluctuatie mede door een geringere wateronttrekking aan de grond geringer.

Ten aanzien van de hoogte van het ondiepe grondwater kan worden gesteld, dat deze in sterke mate is gekoppeld aan de diepte waarop de drainage ligt. Deze ligt in de kas niet diep, namelijk op gemiddeld 52 cm beneden maaiveld, zoals uit 60 waarnemingen werd vastgesteld. Door de drainage kan de grondwaterstand slechts tot deze diepte worden verlaagd. Grondwaterstanden beneden drainniveau kunnen slechts voorkomen ten gevolge van een sterke wateronttrekking door het gewas. Bij deze draindiepte kan een grondwaterstand van 48 cm beneden maaiveld, zoals die in maart 1971 door het Rijkstuinbouwconsulentschap Hoorn is gemeten, niet als hoog worden aangemerkt. Uit fig. 4

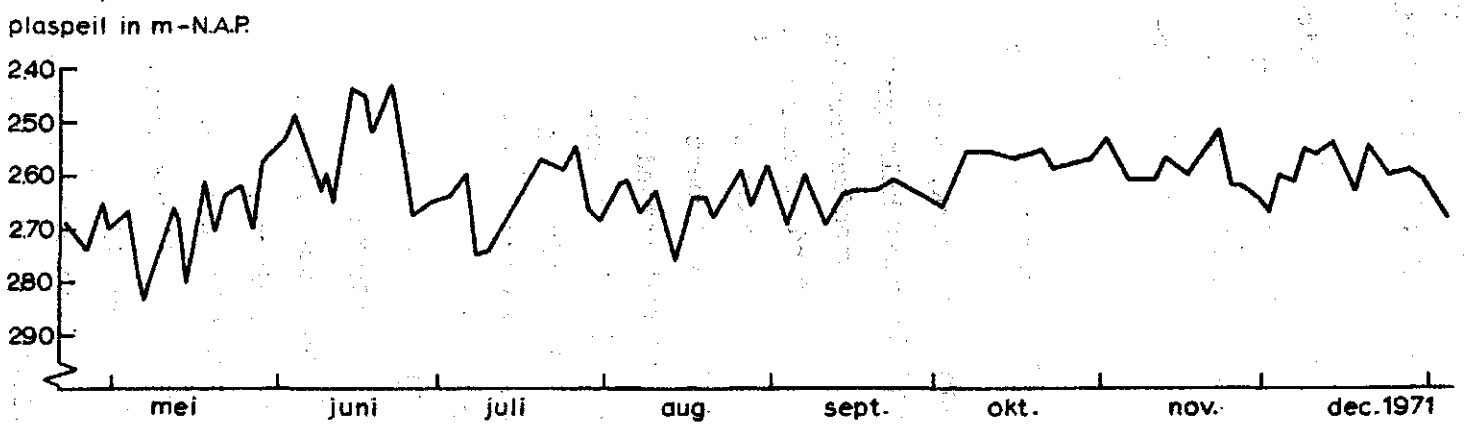


Fig. 3. Het verloop van het plaspeil over de periode 22 maart tot 31 december 1971 (gegevens Provinciale Waterstaat Noord-Holland)

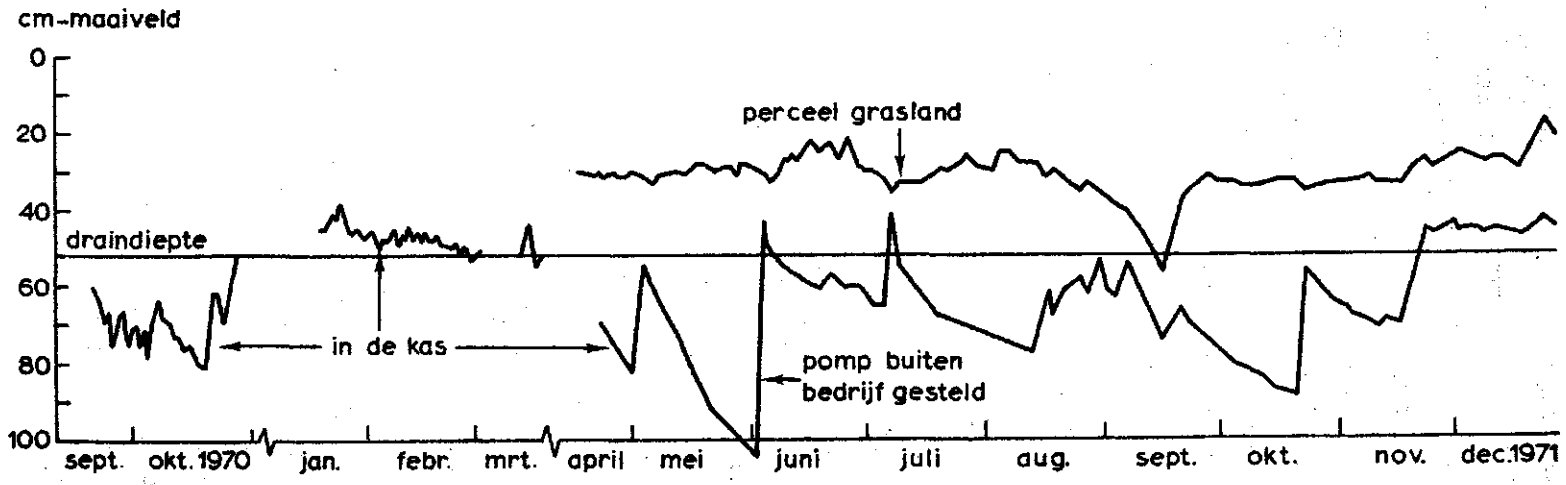


Fig. 4. Het verloop van de stand van het ondiepe grondwater in de kas en een nabij gelegen perceel grasland (gegevens Provinciale Waterstaat Noord-Holland)

blijkt dat de stand van het ondiepe grondwater in de kas over de periode, waarin hij is gemeten steeds beneden of slechts vlak boven het gemiddeld drainniveau van 52 cm -mv. ligt. Slechts eenmaal is een grondwaterstand van 10 cm boven de drains gemeten.

Een dergelijke ondiepe ligging van de drainage heeft als bezwaren

- dat het grondwater niet diep kan worden weggetrokken, tenzij door het gewas;
- dat de waterberging in de bovengrond klein is, zodat beregening snel aanleiding kan geven tot een sterke stijging en daarmee tot een fluctuatie van de grondwaterstand;
- dat bij het doorspoelen het zout slechts tot een geringe diepte, namelijk de draindiepte, wordt uitgespoeld.

5. INVLOED VAN DE GRONDBERGING EN DE ZANDWINNING OP HET ZOUTGEHALTE VAN HET SLOOT- EN GRONDWATER

5.1. Zoutgehalte van de kasgrond en de mogelijke oorzaken

Gezien de analysenverslagen van het Proefstation voor de Groenten- en Fruitteelt onder Glas te Naaldwijk worden over de periode, waarvan gegevens beschikbaar zijn, voor kasteelten ontoelaatbaar hoge zoutgehalten van de grond gemeten. De bovengrens van het NaCl-gehalte en het totaal zoutgehalte van de grond ligt voor deze grond met een organisch stofgehalte van ca. 20% bij 55 mg NaCl per 100 g droge grond en 0,55% voor het totaal zoutgehalte. De waarden van het NaCl-gehalte zijn sinds 1964 het twee- tot vijfvoudige hiervan en ook de totaal zoutgehalten liggen nagenoeg steeds ver boven de door het proefstation aangehouden bovengrens. (tabel 5)

De vraag is nu, wat is de oorzaak van dit hoge zoutgehalte? Zoals reeds in de probleemstelling is aangeduid, zijn twee mogelijke oorzaken aan te duiden:

- de grondberging en de zandwinning;
- de omschakeling van het bedrijf van platglasteelten naar kasteelten.

Tabel 5. Een overzicht van de zoutgehalten van de grond in de kassen, ontleend aan de analysenverslagen van het proefstation

Datum	Kassen: 1		2		3	
	NaCl mg/100 g dr.grond	Totaal zout %	NaCl mg/100 g dr.grond	Totaal zout %	NaCl mg/100 g dr.grond	Totaal zout %
31- 7-63	24	0,40				
3- 9-63			18	0,20		
22-10-64			85	1,15		
6- 5-65					7	0,07
18-11-65			80	0,75	54	0,37
29- 3-66	48	0,68				
27-10-67	247	0,77				
30- 1-69	222	0,74	255	0,77	283	0,90
14- 4-69	140	0,73	195	0,85	225	0,89
23- 5-69	141	0,64	169	0,88	163	0,79
16- 7-69	157	0,54	241	0,73	272	0,89
23-12-69	148	0,46	97	0,41	96	0,35
10- 3-70	87	0,70	103	0,91	126	0,88
22- 4-70	93	0,55	105	0,67	150	0,80
2- 6-70	110	0,62	139	0,67	187	0,83
15- 7-70	150	0,62	192	0,76	261	0,94
23-12-70	120	0,44	111	0,45	92	0,46
5- 3-71	91		12			
9- 3-71					149	

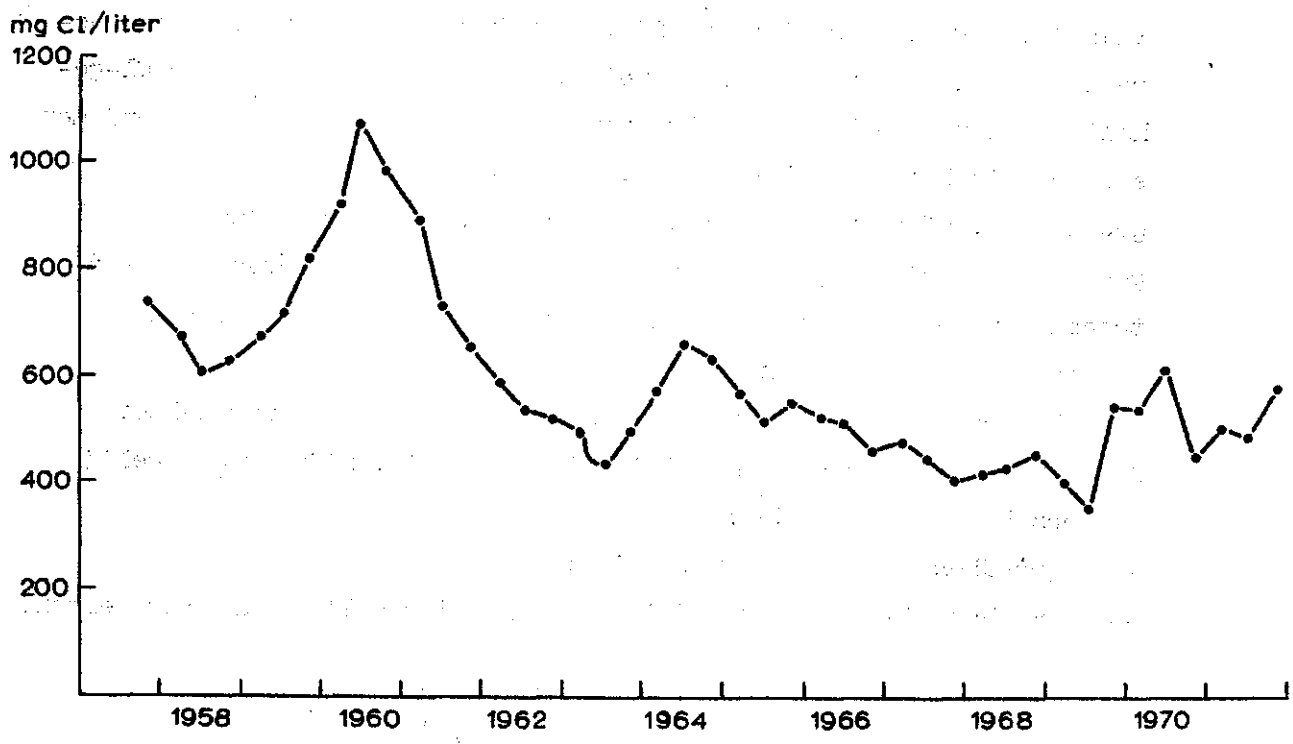


Fig. 5. Het verloop van het chloorgehalte van het polderwater ter plaatse van het tuinbouwbedrijf over de periode 1957 t/m 1971, gemiddeld over de voorafgaande 12 maanden

5.2. Grondberging en zandwinning als oorzaak van de toename van de verzilting

Er zijn twee mogelijkheden waarop de grondberging en zandwinning aanleiding zouden kunnen geven tot een sterke verzilting van het zuidelijke deel van de polder:

1) Door de zandwinning zou de kwel en gepaard hieraan de verzilting in dit deel van de polder toegenomen kunnen zijn. In paragraaf 4.3. (tabel 3) is berekend dat door de grondberging en zandwinning de toename van de kwel ter plaatse van het bedrijf klein is. Hierdoor mag ook de toename van de verzilting gering worden verondersteld. Deze veronderstelling wordt bevestigd door fig. 5, waarin het verloop van het chloorgehalte van het water in de wegsloot direct voor het bedrijf staat weergegeven. Immers een toename van de zoute kwel zal een verhoging van het zoutgehalte van het polderwater met zich mee moeten brengen. De figuur laat zien
   - dat het zoutgehalte over de weergegeven periode een dalende tendens vertoont;
   - dat vanaf eind 1964 (begin zandwinning) tot eind 1969 de dalende tendens zich zeer regelmatig voortzet, terwijl de hoge NaCl- en totaal zoutgehalten van de kasgrond (tabel 5) zich reeds vanaf 1964 voordoen;
   - dat het zoutgehalte van het polderwater over de periode 1957 t/m 1964 gemiddeld aanzienlijk hoger ligt dan in de periode erna;
   - dat de stijging van het chloorgehalte vanaf medio 1969 gezien het verloop tussen 1964 en 1969 en de vóór de grondberging en zandwinning opgetreden fluctuaties niet behoeft samen te hangen met de zandwinning;
   - dat het chloorgehalte over de weergegeven periode sterk fluctueert (weersinvloeden) en ver ligt boven de grens, die gesteld wordt aan goed beregenings- of gietwater: 200 mg Cl^-/liter.
2) Een tweede mogelijkheid tot verzilting zou kunnen zijn dat door de zandwinning toestroming van zout water naar de plas optreedt, dat geloosd op het zuidelijke deel van de polder aanleiding tot een verhoging van het zoutgehalte van het polderwater geeft.
   Deze veronderstelling is niet juist. Het plaswater wordt geloosd via de Nieuwe Twiske, die niet rechtstreeks in verbinding staat met het

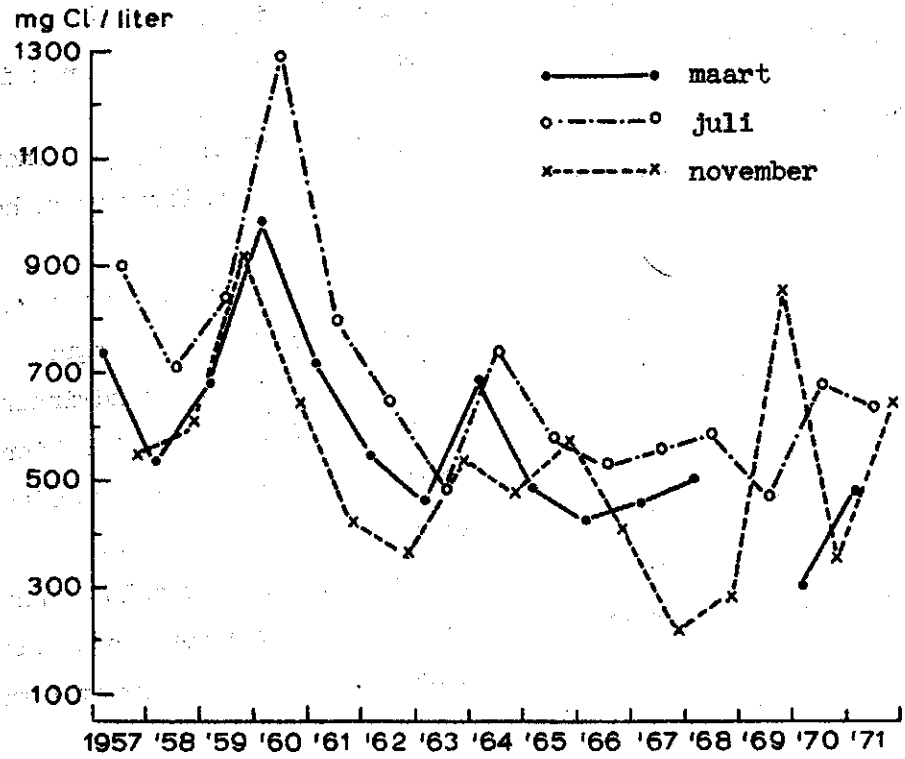


Fig. 6. Het chloorgehalte van het polderwater ter plaatse van het tuinbouwbedrijf over de periode 1957 t/m 1971 in maart, juli en november

polderwater ter plaatse van het bedrijf. Wat het chloorgehalte van het plaswater betreft, dit schommelt volgens mededeling van de Rijkswaterstaat rond 600 mg/liter. Waarnemingen door het I.C.W. per 6 juli 1971 geven 643 (haventje) en 767 (noordzijde plas) mg Cl^-/liter. Door het Rijkstuinbouwconsulentschap Hoorn is op 29 maart 1971 730 mg Cl^-/liter (= 1170 mg NaCl/liter) gemeten. Deze zoutgehalten wijken weinig af van de zoutgehalten van het polderwater gemeten in het voorjaar 1971 (fig. 6).

Op grond van het voorafgaande kan worden gesteld dat aan de hand van de ter beschikking staande gegevens een invloed van de grondberging en van de zandwinning op het zoutgehalte van het sloot- en grondwater niet aantoonbaar is.

5.3. Omschakeling van het bedrijf als oorzaak van de toename van de verzilting

Gezien het bovenstaande moeten de hoge zoutcijfers in de kasgrond zoals weergegeven in tabel 5 een gevolg zijn van de glasteelt zelf, waarop is overgeschakeld in dezelfde periode als waarin de grondberging en zandwinning is begonnen. Zoutcijfers van voor 1963 zijn niet bekend, uitgezonderd enkele uit 1952 afkomstig uit de zandige bovengrond. Deze wijzen op een voldoend laag zoutgehalte van deze laag. De zoutcijfers van september 1963 uit de kassen 1 en 2 afkomstig van een bemonstering, voorafgaand aan de eerste teelt in deze kassen, zijn voldoende laag. Het tweede zoutcijfer van kas 2 d.d. 22 oktober 1964 blijkt reeds aanzienlijk te hoog te zijn, 85 mg NaCl/100 g droge grond en 1,15% totaal zout, terwijl dit ca. 55 respectievelijk 0,55 had mogen zijn. Het verwijderen van de bovengrond van de put is gestart op 30 augustus 1964, dus ruim een maand vóór de bemonstering van kas 2. De zoutcijfers van de pas gebouwde kas 3 zijn d.d. 6 mei 1965 zeer laag en liggen ver beneden de genoemde toelaatbare grenzen. Dus terwijl de grond van kas 2 bij het begin van de zandwinning al een sterke toename van het zoutgehalte te zien geeft, was ruim een half jaar later de grond in de nieuw gebouwde kas 3 (Venlo kas) nog praktisch vrij van zout. Ook een jaar na het begin van de bovengrondverwijdering lag het zoutgehalte van de grond in kas 3 nog beneden de toelaatbare zoutgrens, terwijl kas 2 ook nu weer te hoog was, zodat uit de zoutcijfers van de grond moeilijk een verband tussen de grondberging en zandwinning enerzijds en het oplopen van het zoutgehalte anderzijds kan worden aangetoond.

Veeleer zal de oorzaak van de verzilting van de kasgrond moeten worden gezocht bij de teelt van gewassen onder staand glas in een voor tuinbouw te zoute omgeving. Vanouds heeft het polderwater en het bodemvocht in de Twiskepolder een hoog zoutgehalte. In fig. 7 is voor een 13-tal punten verspreid over de polder het verloop van het chloorgehalte in het bodemvocht met de diepte weergegeven zoals het was rond 1937. Reeds toen kwamen boven in het profiel hoge tot zeer hoge zoutgehalten voor. Ook nu nog is het zoutgehalte op geringe diepte hoog, zoals uit metingen op een 10-tal plaatsen verspreid over het zuidelijke deel van de polder in de zomer van 1971 bleek (fig. 7). Ook is in een rap-

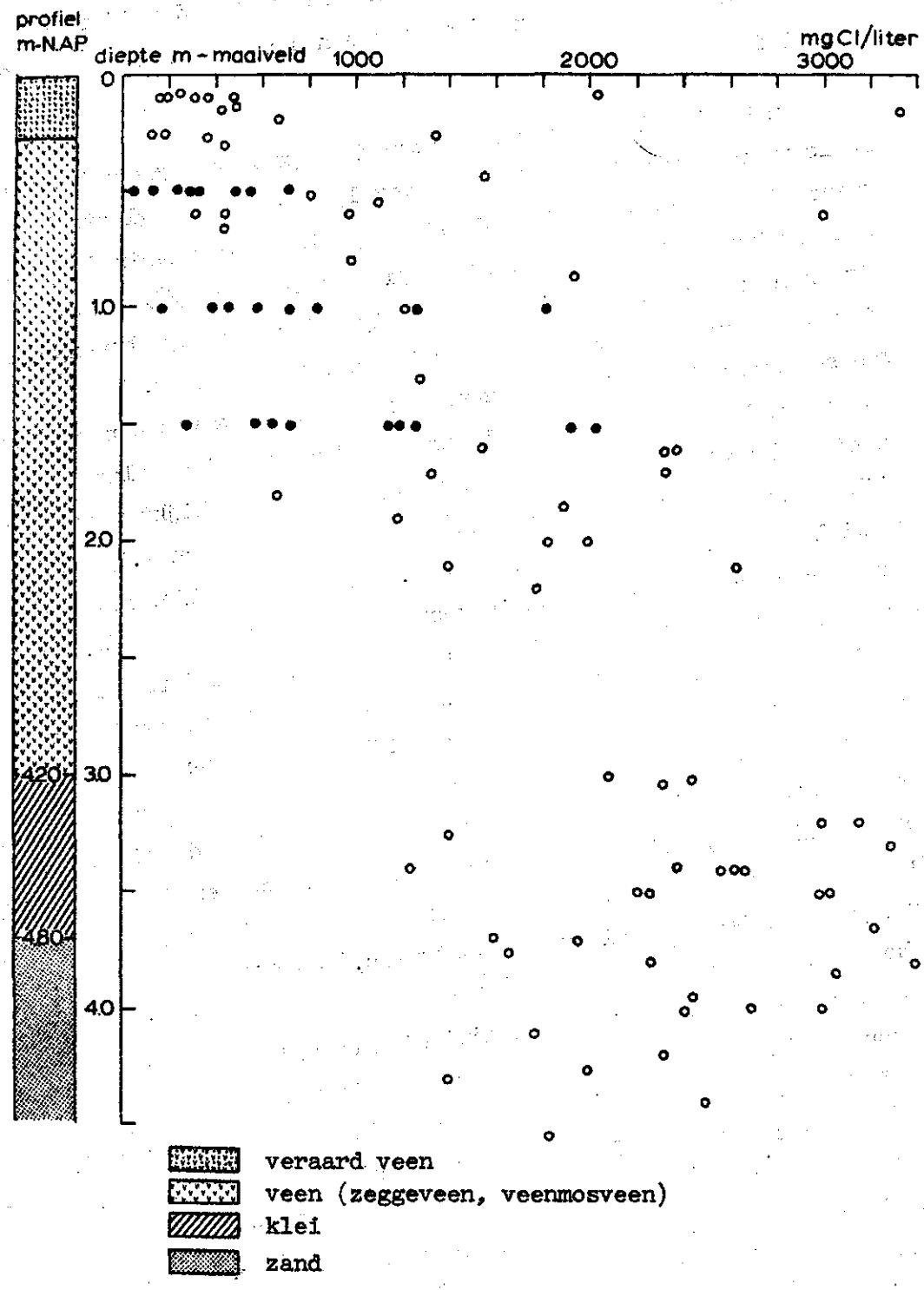


Fig. 7. Het verloop van het chloorgehalte van het bodemvocht met de diepte op een 13-tal punten vóór inpoldering van de Twiskepolder (o) (naar gegevens van het Bodemkundig Instituut Groningen 1937) en op een 10-tal punten in het zuidelijke deel (•) (naar gegevens van het I.C.W. 1971)

port van de Stichting voor Bodemkartering (1956) betreffende de bodemgesteldheid en de gebruiksmogelijkheden voor glastuinbouw in de Twiskepolder gesteld, dat de gebruiksmogelijkheden gering zijn enerzijds vanwege de grote heterogeniteit van de grond (klink- en pH-verschillen over korte afstand), anderzijds vanwege het zoutgehalte van het grondwater en het hoge chloorgehalte van het polderwater. Gezien het zoutgehalte is het polderwater zonder meer als gietwater onbruikbaar (fig. 5). Gemiddeld over 12 maanden, zoals het in de figuur is weergegeven, ligt het zoutgehalte vanaf 1957 steeds boven 400 mg Cl^-/liter. In de zomer, wanneer de behoefte aan gietwater het grootst is, ligt het zoutgehalte aanzienlijk boven de norm van 200 mg Cl^-/liter (fig. 6). Vanaf 1957 is alleen in de zomer van 1963 en 1969 een zoutgehalte gemeten juist beneden 500 mg Cl^-/liter.

Om toch over gietwater met een lager zoutgehalte te kunnen beschikken wordt de neerslag, die valt op het kassencomplex opgevangen in twee afgedamde sloten ter weerszijden van het bedrijf. Omtrent het zoutgehalte van het water in deze sloten bestaan slechts enkele metingen uit september 1970, deels verricht door Provinciale Waterstaat Noord-Holland, deels door de Tuinbouwvoorlichtingsdienst en van april 1972 door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. De dertien metingen uit september 1970 variëren van 282 tot 570 mg Cl^-/liter met een gemiddelde van 398 mg Cl^-/liter. Dit is tweemaal zo hoog als de door het Proefstation te Naaldwijk aangegeven grens. Worden de omstandigheden waaronder de bemonstering heeft plaats gehad in beschouwing genomen, dan blijkt dat het water in de afgedamde sloten zeer sterk was verdund door de in de voorafgaande dagen gevallen neerslag.

Tabel 6. De neerslagverdeling in mm per dag van 10 tot 22 september 1970 voor twee nabij gelegen regenstations

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Zaandam	7.0	1.0	2.6	13.3	6.1	9.3	25.6	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Zaandijk	6.7	0.2	5.6	19.2	6.6	6.2	31.7	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0

De eerste bemonsteringsdatum was 17 september, direct na een zeer regenrijke periode, waarin van 10 t/m 16 september te Zaandam (Hembrug)

64,9 en te Zaandijk 76,2 mm regen viel. Gezien de nabijheid van deze stations zal de regenhoeveelheid gevallen in de Twiskepolder in dezelfde orde liggen: ca. 70 mm. De gezamenlijke inhoud van de beide afgedamde sloten kan worden geschat op maximaal 250 m^3. Bij een glasoppervlak van ca. 5000 m^2 is de afvoer van de kassen bij een neerslag van 70 mm 350 m^3. Met deze hoeveelheid wordt de Cl^--concentratie van het slootwater meer dan 2 maal verlaagd. Bovendien zal een gedeelte ervan via de dammen tot afstroming komen en niet meer voor beregening kunnen worden benut. Ondanks deze halvering wordt per 17 september in de afgedamde kavelsloot aan de noordzijde van het bedrijf nog 349 mg Cl^-/liter gemeten als gemiddelde van 4 waarnemingen. Na 6 droge dagen, 22 september, blijkt het chloorgehalte in dezelfde sloot reeds opgelopen te zijn tot 430 mg Cl^-/liter. Metingen van het chloorgehalte in de afgedamde sloten in april 1972, ook in een regenrijke periode, gaven 420 mg Cl^-/liter. Verwacht mag dan ook worden dat in de zomer of algemeen in droge perioden het chloorgehalte in de afgedamde sloten niet zoveel zal afwijken van dat van het polderwater. Wordt dit water gebruikt voor het doorspoelen of beregening in de kassen, dan moet dit leiden tot een verzilting van de grond, zoals onderstaande berekening aantoont.

Wordt doorgespoeld en gedurende de teelt beregend met water van 400 mg Cl^-/liter, wat gezien bovenstaande cijfers zeer aannemelijk is dan zal ook het bodemvocht bij het begin van de teelt deze chloorconcentratie bevatten. De bewortelingsdiepte bedraagt gezien de draindiepte van gemiddeld 52 cm -mv. niet meer dan 50 cm. Het gemiddelde vochtgehalte tijdens de teelt zal in deze grond ca. 50 volume procenten bedragen. De totale vochtvoorraad is dan 250 mm. Bij een waterverbruik door het gewas van 700 mm zal het chloorgehalte in het bodemvocht aan het einde van de teelt opgelopen kunnen zijn van 400 tot 1120 ($= \frac{700}{250} \times 400$) mg Cl^-/liter. Als gemiddelde tijdens de teelt wordt dan gevonden ca. 750 mg chloor per liter bodemvocht. Bij gebruik van gietwater met 500 mg Cl^-/liter kan de chloorconcentratie bij het einde van de teelt opgelopen zijn tot 1400 mg Cl^-/liter bodemvocht, met als gemiddelde tijdens de teelt ca. 950 mg Cl^-/liter bodemvocht. Door het Proefstation te Naaldwijk wordt als globale richtlijn aangehouden dat het chloorgehalte van het bodemvocht het tweevoudige bedraagt van dat van het gietwater. Als bovengrens kan dan worden aangegeven: 400 mg Cl^-/liter. Dit is dus ongeveer de helft van wat voor deze grond is berekend.

De tendens van het oplopen van het NaCl-gehalte in de grond gedurende de teelt wordt geïllustreerd door tabel 5 enwel over de periode 10

maart tot 15 juli 1970. Het betreft hier 4 bijmestmonsters, gestoken tijdens een tomatenteelt.

De oorzaak van het oplopen van het zoutgehalte van de grond onder het staand glas is, dat door de wateronttrekking door het gewas een naar boven gerichte stroming van zout grondwater optreedt. Deze zal moeten worden gecompenseerd door te beregenen of door te spoelen met water met een voldoend laag Cl^- gehalte. Dit is gezien de chloorgehalten van het gietwater, afkomstig uit de afgedamde sloten, niet aanwezig. Bovendien zal het zoutfront bij het doorspoelen slechts worden teruggedrongen tot draindiepte, dus tot gemiddeld 50 cm-mv. Tengevolge van de vochtonttrekking door het gewas zal het zoute grondwater weer spoedig tot in de wortelzone opstijgen. Onderstaande tabel toont de zoutaccumulatie in de bovengrond, die kan ontstaan wanneer de opstijging van zout water niet voldoende wordt tegengegaan door beregening.

Tabel 7. Het chloorgehalte van het bodemvocht in mg/liter op 7 april 1972 op twee diepten beneden maaiveld

	0,30 m-mv.	0,90 m-mv.
kas: kap 8	1167	881
23	1117	1024
40	1121	763
platglas	61	541
perceel ten noorden kas	380	1508
perceel ten zuiden kas	444	752

De zoutgehalten van de bovengrond in de kas zijn door het achterwege laten van de beregening zeer sterk opgelopen en liggen in kap 8 en 40 aanzienlijk boven die op 0,90 m-mv. Op de percelen en het gedeelte van het bedrijf, die regelmatig met hemelwater worden doorgespoeld blijven de zoutgehalten in de bovengrond aanzienlijk lager dan die op 0,90 m diepte. De oorzaak van de in de kas opgetreden verzilting moet worden gezocht bij het niet beschikbaar zijn van gietwater met een voldoend laag chloorgehalte. Het slootwater in de Twiskepolder heeft vanouds een veel te hoog chloorgehalte, dat ook door verdunning

met het opgevangen regenwater, gezien de beschikbare gegevens, onvoldoende wordt verlaagd.

6. CONCLUSIES

Op grond van de ter beschikking staande gegevens, levert het onderzoek de volgende conclusies op:

- De invloed van de grondberging en zandwinning op de stand van het diepe grondwater ter plaatse van het tuinbouwbedrijf bedraagt blijkens een berekening bij een gemiddeld plaspeil van 2,60 m -N.A.P. niet meer dan een verhoging met 6 cm. Bij een plaspeil van 2,50 en 2,40 m -N.A.P. is dit 7,5 resp. 9 cm.
- Bij het vóór en tijdens de zandwinning gelijk gebleven polderpeil van 2,90 m -N.A.P. in het zuidelijke deel van de Twiskepolder kunnen deze verhogingen van de stand van het diepe grondwater een extra kwel veroorzaken van resp. 0,013; 0,016 en 0,019 cm/dag. Terwijl de totale kwel, berekend uit het stijghoogteverschil tussen het diepe en ondiepe grondwater, ter plaatse van het bedrijf 0,055 cm/dag bedraagt.
- Uit een berekening van de gevolgen van deze extra kwel op de stand van het ondiepe grondwater wordt gevonden dat bij de drainage, zoals deze in de kas aanwezig is, en de doorlatendheid van de grond ter plaatse de extra kwel een verhoging van de stand van het ondiepe grondwater kan veroorzaken van ca. 1 mm. Ook al zou de drainage slecht functioneren of de grond zeer slecht doorlatend zijn, dan zal de geringe extra kwel nog maar een verhoging van de stand van het ondiepe grondwater veroorzaken van maximaal 3 cm. Hiervoor zal dan ook nog het plaspeil moeten stijgen tot 2,40 m -N.A.P.
- Bezien tegen de zeer grote fluctuaties die in het verloop van de stand van het ondiepe grondwater voorkomen, kan de zeer geringe stijging van de ondiepe grondwaterstand ten gevolge van de grondberging en zandwinning niet als verklaring voor de verslechtering van de teeltomstandigheden worden gegeven (fig. 4).
- Bij een draindiepte van gemiddeld 52 cm mogen ondiepe grondwaterstanden, die nauwelijks 10 cm boven de drain liggen, niet als hoog worden aangemerkt, doch zijn gewoon te verwachten (fig. 4).
- Het chloorgehalte van het slootwater in de Twiskepolder is vanouds zeer hoog en vertoont over de weergegeven periode ondanks sterke fluctuaties (weersinvloeden) een dalende tendens (fig. 5). Vanaf eind 1964 (het begin

van de zandwinning en grondberging) zet zich deze dalende tendens regelmatig voort, terwijl zich vanaf eind 1964 in de reeds een jaar in gebruik zijnde kas 2 hoge zoutcijfers beginnen voor te doen. De geringe extra kwel ten gevolge van de grondberging en zandwinning kan moeilijk als verklaring voor deze plotselinge verzilting worden aangevoerd, temeer daar in de later gebouwde kas 3 zich in voorjaar 1965 nog geen verziltingsverschijnselen voordoen. Bovendien zou de verziltende invloed zich ook vanaf eind 1964 moeten manifesteren in een stijging van het chloorgehalte van het polderwater.

- De verklaring voor de hoge zoutcijfers van de kasgrond zal gezocht moeten worden bij de teelt van gewassen onder staand glas in een voor deze teelten vanouds te zoute omgeving. Om de opstijging van zout grondwater ten gevolge van de wateronttrekking door het gewas tegen te gaan zal beregend en doorgespoeld moeten worden met water met een laag zoutgehalte. Gezien de beschikbare gegevens omtrent het chloorgehalte van de afgedamde sloten ter weerszijden van het bedrijf is dit moeilijk realiseerbaar.

7. LITERATUUR

BODEMKUNDIG INSTITUUT GRONINGEN. 1937. Rapport betreffende de grondgesteldheid van een complex uitgeveende gronden, gelegen in de gemeenten Landsmeer, Ilpendam en Oostzaan, provincie Noord-Holland. 37 pag. + 14 bijlagen

PANKOW, J. en P.E. RIJTEMA. 1970. De resultaten van het waterbalansonderzoek in 1968 voor de objecten met een constant slootpeil in Hoenkoop. Nota I.C.W. 567

SCHANS, R.P.H.P. VAN DER en W. VAN DER KNAAP. 1956. Interim rapport over de bodemgesteldheid en de gebruiksmogelijkheden voor tuinbouw van een gedeelte van de Twiskepolder. Rapport nr. 443 van de Stichting voor Bodemkartering, Wageningen

WIJNSMA, M. en K.E. WIT. 1972. Onderzoek naar de kwel en het zoutbezwaar in het zuidelijke deel van de Twiskepolder. Nota I.C.W. 655