

NN31545.1269

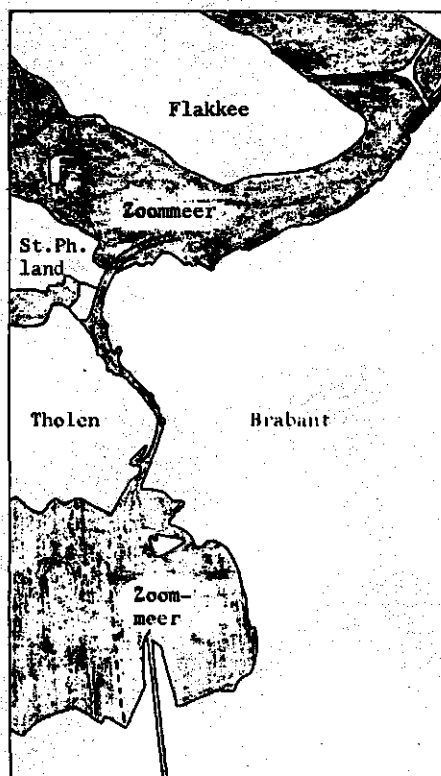
ta 1269^I

januari 1980

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

VOORSTUDIE ZOOMMEER

EEN BEREKENING VAN MOGELIJK OPTREDENDE LANDBOUWSCHADE
RONDOM HET ZOOMMEER EN LANGS DE ROOSEN-
DAALSCH- EN STEENBERGSCH VLIET



Ing. B. van der Weerd - Ing. A.H.F. Kramer

16 FEB. 1998

januari 1980

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

VOORSTUDIE ZOOMMEER

EEN BEREKENING VAN MOGELIJK OPTREDENDE LANDBOUWSCHADE
RONDOM HET ZOOMMEER EN LANGS DE ROOSEN-
DAALSCH- EN STEENBERGSCH VLIET

BIBLIOTHEEK DE HAAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

Ing. B. van der Weerd - Ing. A.H.F. Kramer

1790304



I N H O U D

	<u>blz.</u>
1. Inleiding.	1
2. Geo-hydrologiesche gesteldheid.	2
3. De grondwaterstroming in de eerste watervoerende laag.	2
4. Wijze van onderzoek.	3
5. Verwerking van gegevens.	4
5.1. De te verwachten waterstandsverlaging in de schorren.	4
5.2. Benadering van de binnendijks te verwachten grondwaterstandsverlagingen.	6
5.3. Grondwaterstandsverhoging langs de Roosendaalsche- en Steenbergsche Vliet.	12
5.4. De opbrengstdepressie.	18
5.5. De vermogens- en inkomensschade.	22
6. Samenvatting en conclusie.	24
Literatuurlijst.	26
Bijlage: Overzichtskaart	

1. INLEIDING

In opdracht van Rijkswaterstaat is in het kader van de afdamming van het Zoommeer en de daarmee gepaard gaande instelling van een stagnant peil een oriënterend onderzoek verricht naar de gevolgen die het wegvallen van de getijbeweging zal kunnen hebben op de grondwaterstand in de aangrenzende polders.

Voorts is onderzocht welke financiële schade hierdoor zou kunnen worden toegebracht aan de landbouw als gevolg van een verminderde vochtvoorziening van de gewassen bij een verlaging van de grondwaterstand.

In de benedenloop van de Roosendaalsche- Steenbergsche Vliet, moet na uitvoering van de plannen tot instelling van een verhoogd peil rekening worden gehouden met een toename van de kwel in de aangrenzende landbouwgronden. Als gevolg hiervan kan schade ontstaan door wateroverlast.

Ook dit aspect is in dit oriënterende onderzoek opgenomen.

De mate waarin schade zal optreden is sterk afhankelijk van de hydrologische eigenschappen van de bodem. Daarnaast is van grote invloed of de landbouwgronden al of niet buitendijks door schorren of slikken worden begrensd. Over het laatste is voldoende informatie beschikbaar. Moeilijker is het echter gesteld met de informatie over de hydrologische kenmerken van de bodem. Zoals bekend kunnen deze van plaats tot sterk variëren. Met name geldt dit voor het afdekkende pakket. Desalniettemin is getracht om vooruit lopend op het onderzoek dat de nodige ontbrekende informatie moet verschaffen, aan de hand van de op dit moment beschikbare summier geo-hydrologische en bodemkundige gegevens een indruk te krijgen van de schade die minimaal onder gunstige en maximaal onder ongunstige omstandigheden is te verwachten na het afdammen van het Zoommeer. Een en ander is benaderd voor drie varianten van het Zoommeerpeil te weten: N.A.P. - 0.25 m, N.A.P. 0.00 m, N.A.P. + 0.25 m.

2. GEO-HYDROLOGISCHE GESTELDHEID

De geo-hydrologische situatie in het onderzoeksgebied is plaatselijk erg verschillend. De grondwaterkaart van Nederland (1976) geeft voor het gebied tussen Steenberg en Willemstad voor het bovenste watervoerende pakket overwegend dikten aan van 10 tot 20 meter. In dit gebied zijn kD -waarden gevonden die variëren van 50 - 500 m^2/d . Voor de afdekkende holocene laag worden langs het Zoommeer dikten vermeld van 10 - 25 meter. Meer zuidoostelijk wigt de deklaag snel uit en dagzoomt het eerste watervoerende pakket.

De scheidingslaag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket bereikt langs de rand van het Markiezaat ongeveer een dikte van 10 ϕ m. Het eerste watervoerende pakket is opgebouwd uit de Formatie van Sterksel (grove grindhoudende zanden) en de Formatie van Twenthe (fijne tot grove zanden) waarin zeer uiteenlopende doorlatendheden kunnen voorkomen. De holocene bovenlaag bestaande uit klei, veen en zand, is wisselend van samenstelling en heeft in het algemeen een matige doorlatendheid. Nabij het Verdronken Land van het Markiezaat van Bergen op Zoom neemt de dikte van het watervoerend pakket aanzienlijk toe. Plaatselijk bereikt het hier een dikte van meer dan 70 meter. De kD -waarden variëren van 1000 - 3000 m^2/d . (Drost 1977). De zeer ongelijke dikte en samenstelling van het afdekkende holocene pakket resulteren in een grote variatie in de verticale stromingsweerstand (c -waarde), waarvoor moeilijk concrete waarden kunnen worden aangegeven, maar waarvan, gelet op de waarden in vergelijkbare polders mag worden aangenomen dat deze overwegend liggen tussen 20 en 300 dagen.

3. DE GRONDWATERSTROMING IN DE EERSTE WATERVOERENDE LAAG

De zeekleipolders langs het toekomstige Zoommeer staan onder invloed van zoute kwel vanuit de thans nog open getijdestromen. Het al- of niet aanwezig zijn van schorren en slikken heeft ten gevolge van de periodieke overstroming bij hoog water een grote invloed op de kwel naar de polders en inherent hieraan op de grondwaterstand.

In het gebied tussen Halsteren en Woensdrecht, aan de oostzijde van het Markiezaat, heeft in het eerste watervoerende pakket een westelijke stroming plaats vanuit het hoger gelegen binnenland in de richting van de

Oosterschelde (H. Drost 1977).

4. WIJZE VAN ONDERZOEK

Om aan de hand van de thans beschikbare gegevens enigszins tot een inzicht te komen omtrent de gevolgen van de afdamming van het Zoommeer voor de landbouw in de aangrenzende polders, was een sterke schematisering van de invloeden noodzakelijk. Zo is voor de schorren van de Heensche Slikken langs het Volkerak uitgegaan van één gemiddelde waterstand. Deze is bepaald aan de hand van gegevens die beschikbaar zijn gesteld door het Delta-Instituut voor hydro-biologisch onderzoek.

Voor de hydrologische bodemconstanten zijn waarden gebruikt die volgens de beschikbare informatie voor het onderzoeksgebied overwegend gelden en die als uitersten in positieve en negatieve zin doorwerken op de grondwaterstandsdaling en het schadeverloop.

Bij de berekening van de grondwaterstandsdaling is een stationaire toestand verondersteld zonder zijdelingse af- of toestroming. Voorts is de scheidingslaag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket als ondoorlatend beschouwd en is aangenomen dat een daling van de diepe waterstand een evenredige daling van het freatisch grondwater tot gevolg heeft. Langs het benedenpand van de Roosendaalsche- en Steenbergische Vliet zal ten gevolge van de instelling van een 1 meter hoger peil plaatselijk rekening moeten worden gehouden met wateroverlast. Het effect van de polderontwatering op de grondwaterstand maakt het vaststellen van de invloed van de peilsverhoging op het grondwater echter vrij gecompliceerd. Door schematisering van het stromingsbeeld en door aanname van een aantal hydrologische bodemconstanten, kon toch een berekening worden uitgevoerd, die een globaal inzicht verschaft in de te verwachten verhoging van het grondwater in de langs de Vliet gelegen percelen.

Aan de hand van de Stiboka-bodemkaarten zijn de gronden in het gebied op basis van hun vochthoudendheid ingedeeld in 3 klassen.

De grootte van de opbrengstdepressie is vervolgens vastgesteld met behulp van de in het C.O.L.N.-rapport (1956) vermelde opbrengst-ontwateringsdieptecurven. Hiervoor zijn de curven gekozen die representatief zijn voor de gebruikte klasse-indeling. De op deze wijze gevonden opbrengstdepressies gelden voor een gemiddeld bouwplan. Vervolgens is de schade in geld uitgedrukt en kapitaliseerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen vermogensschade en inkomensschade.

5. VERWERKING GEGEVENS

5.1. De te verwachten waterstandsverlaging in de schorren

Voor het vaststellen van de schorwaterstand bij laag water is voor de buitendijkse gronden hoger dan N.A.P. + 1.40 m de relatie gebruikt die is gevonden voor maaiveld en schorwaterstand in de Heenske Slikken (fig. 1A). Deze relatie is ontleend aan door het Delta-Instituut te Yerseke tijdens het groeiseizoen verzamelde gegevens.

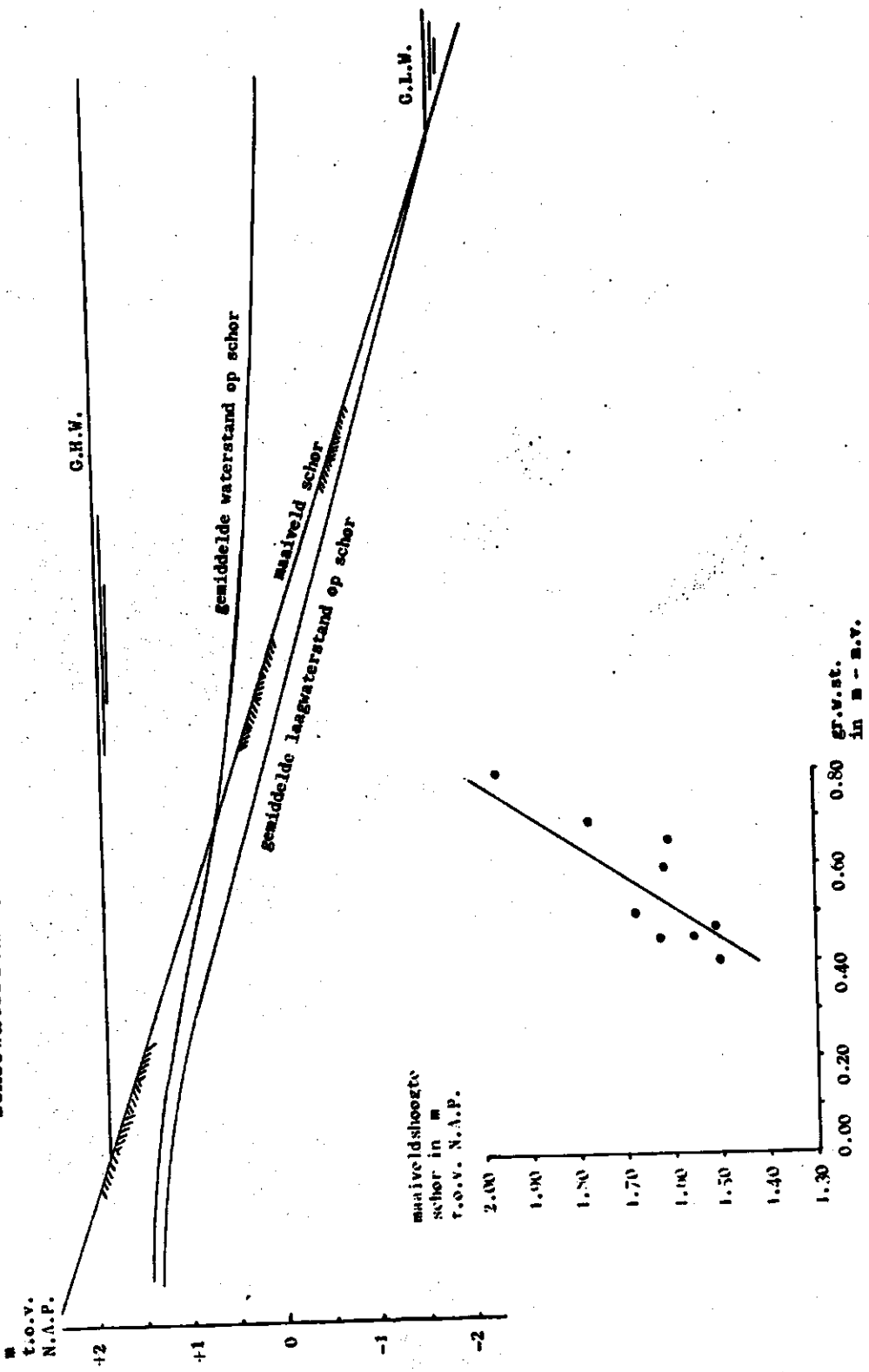
Voor de schorren en slikken liggend beneden N.A.P. + 1.40 m tot aan de gemiddelde laagwaterlijn van N.A.P. - 1.80 m, is de schorwaterstand verkregen door lineaire interpolatie tussen de uit figuur 1A af te leiden schorwaterstand voor maaiveldshoogte N.A.P. + 1.40 m en de gemiddelde ebstand van het buitenwater.

De gemiddelde waterstand in het schor is vervolgens bepaald aan de hand van de gevonden grondwaterstand in het schor bij eb, de gemiddelde vloedstand en de gemiddelde tijdsduur dat het schor onder water staat. Een en ander is weergegeven in figuur 1B. Op deze wijze is voor de Heenske Slikken een gemiddelde waterstand van ca N.A.P. + 1.00 m gevonden. Voor de schorren in het Markiezaat is dit ca N.A.P. + 0.50 m. Voor de Krammersche Slikken is de gemiddelde waterstand berekend op N.A.P. + 0.40 m.

In een klein schorregebied voor de Sabina Henricapolder langs het Volkerak is deze vastgesteld op N.A.P. + 0.25 m.

Voor het bepalen van de gemiddelde waterstandsverlaging in het schor is aangenomen dat de gemiddelde huidige schorwaterstand in het groeiseizoen zal dalen tot het niveau van het toekomstige Zoommeer. Daar dit Zoommeerpeil nog niet vaststaat zijn hiervoor de 3 varianten n.l. N.A.P. - 0.25 m, N.A.P. 0.00 m en N.A.P. + 0.25 m ingevoerd. Een eventuele opbolling van de schorwaterstand tijdens het groeiseizoen is verwaarloosd. Gelet op de vele krekens en geulen die in schorren aanwezig zijn lijkt dit aanvaardbaar.

Figuur 1B. Schematisch dwarsprofiel met relatie maaiveldhoogte van schor en gemiddelde schorwaterstand.



Figuur 1A. Relatie maaiveldhoogte van schor en laagwaterstand op Heenske Slikken.

5.2. Benadering van de binnendijs te
verwachten grondwaterstandsverla-
gingen

Kennis inzake de te verwachten grondwaterstandsverlaging is nodig voor het bepalen van de opbrengstdepressies, die ten gevolge van de afdamming van het Zoommeer kunnen optreden.

Met de formule van Mazure

$$\Delta \varphi_x = \Delta \varphi_0 * e \exp. (-x/\lambda_1) \quad (1a)$$

kan de stijghoogteverlaging van de diepe grondwaterstand voor iedere willekeurige afstand ten opzichte van de zeedijk worden berekend.

Hierin is: $\Delta \varphi_0$ = verandering diepe stijghoogte buitendijs
 $\Delta \varphi_x$ = verandering diepe stijghoogte op afstand x vanaf
waterlijn
 λ_1 = $\sqrt{k_2 D_2 c}$
 $k_2 D_2$ = doorlaatvermogen watervoerend pakket
c = verticale stromingsweerstand van afdekkende
bovenlaag

Hierbij is aangenomen dat de verticale weerstand een overwegende invloed heeft en dat slootpeil en grondwaterspiegel niet veranderen.

In die gevallen dat het slootpeil niet, maar de grondwaterstand wel iets daalt, is het beter in (1a), c te vervangen door $LW_{rad.}^*$

$$\Delta \varphi_x = \Delta \varphi_0 e \exp. (-x / \sqrt{k_2 D_2 L W_{rad.}}) \quad (1b)$$

Hierin is: L = onderlinge afstand tussen sloten en/of drains (m)

$W_{rad.}$ = radiale weerstand (d/m)

* Deze formule is verkregen door mondeling overleg met dr. L.F. Ernst, wetenschappelijk hoofdamtenaar bij het I.C.W. te Wageningen. Te zijner tijd zal over grondslagen en afleiding een uitvoeriger publikatie volgen.

$$W_{\text{rad.}} = (1/\pi k_1) \ln(D_1/B_{\text{wp}}) \quad (1c)$$

waarin k_1 = doorlaatfaktor afdekkende bovenlaag (m/d)

D_1 = dikte bovenlaag (m)

B_{wp} = natte omtrek sloten of drains (m)

Uit formule 1b en 1c blijkt duidelijk dat de ontwateringsweerstand ($LW_{\text{rad.}}$) in belangrijke mate afhankelijk is van de afstand tussen de sloten en het al of niet voorkomen van drainage in een gebied. De bodemeigenschappen bepalen in het algemeen of een grond wel of niet is voorzien van buizendrainage. Welk aandeel buizendrainage ten opzichte van de sloten in de zomermaanden heeft op de grondwaterstand, hangt sterk af van de plaatselijke omstandigheden zoals diepte van de drains; slootpeil en grondwaterstand. Gegevens hierover zijn echter niet bekend. Om toch enig inzicht te verkrijgen in de veranderingen die in de stijghoogte van het diepe grondwater kunnen plaatsvinden, zijn met formule 1b voor verschillende waarden van de spreidingslengte ($\sqrt{k_2 D_2 LW_{\text{rad.}}}$) en de afstand (x) berekeningen uitgevoerd. De resultaten zijn verwerkt in figuur 2. Hierbij is voor de verlaging van de schorwaterstand ($\Delta\varphi_0$) een waarde van 1.00 meter aangehouden. Iedere andere aanname van $\Delta\varphi_0$ veroorzaakt een rechtevenredige verandering van $\Delta\varphi_x$.

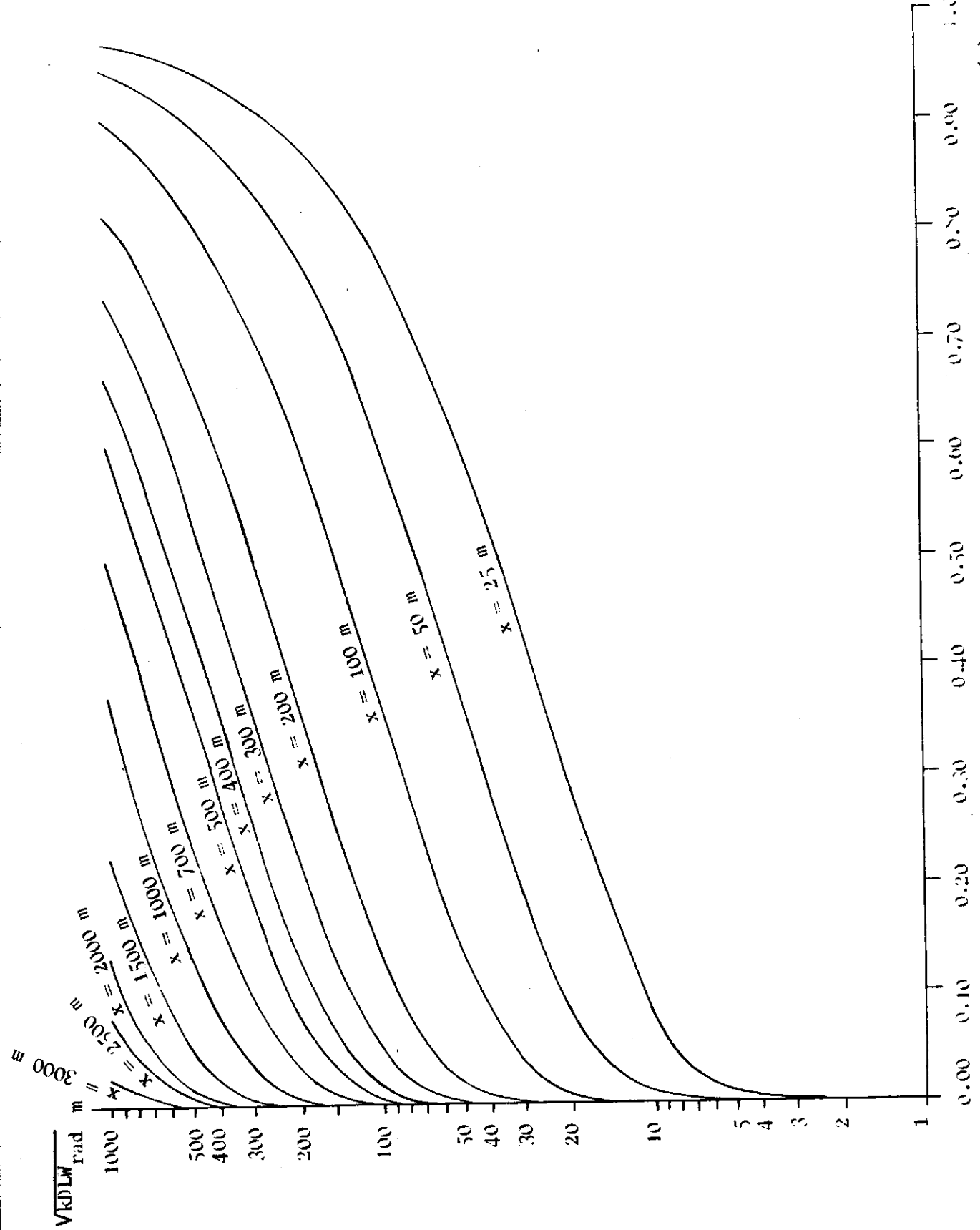
Voor de verlaging van het freatisch vlak kan worden geschreven:

$$\Delta h_x = \Delta\varphi_x * LW_{\text{rad.}} / (c + LW_{\text{rad.}}) \quad (1d)$$

De relatie $\Delta h_x / \Delta\varphi_x$ zal van plaats tot plaats kunnen verschillen. Naarmate de doorlatendheid van de bovengrond slechter is zal $W_{\text{rad.}}$ groter zijn. Daar de drainafstand in het algemeen wordt aangepast aan de doorlatendheid van de bovengrond zal in dat geval de onderlinge drainafstand (L) veelal kleiner zijn.

Bijvoorbeeld:

a) als in een redelijk goed doorlatende grond, die niet is gedraineerd de sloten liggen op een onderlinge afstand van 250 meter (L); de doorlatendheid van de bovenlaag $k_1 = 1\text{m/d}$. ; de dikte van de laag $D_1 = 10\text{ m}$; de verticale weerstand $c = 10\text{ d/m}$. en de natte omtrek $B_{\text{wp}} = 1,5\text{ m}$,



Figuur 2. De vermindering van de stijghoogte ($\Delta\varphi_x$) gezien in relatie tot de afstand (x) vanaf de teen van de zeedijk en de \sqrt{kDILW} rad. bij een $\Delta\varphi_0 = 1.00$ m.

dan is volgens formule 1c:

$$W_{\text{rad.}} = (1/\pi) \ln (10/1,5) = 0,6 \text{ d/m}$$

Uit substitutie van de gegeven waarden wordt voor de grondwaterstandsverandering met behulp van formule 1d gevonden:

$$\Delta h_x = \Delta \varphi_x * 250 * 0,6 / (10 + 250 * 0,6) = 0,94 \Delta \varphi_x$$

b) Voor een slecht doorlatende grond welke is gedraineerd en waarin $L = 14$ meter; $k_1 = 0,05$; $D = 15$ meter; $c = 300$ d. en $B_{\text{wp}} = 0,05 \pi$ meter wordt voor $W_{\text{rad.}}$ gevonden:

$$W_{\text{rad.}} = (1/0,05\pi) * \ln (15/0,05\pi) = 29 \text{ d.}$$

De grondwaterstandsverandering is dan:

$$\Delta h_x = \Delta \varphi_x * 14 * 29 / (300 + 14 * 29) = 0,58 \Delta \varphi_x$$

Beide voorbeelden kunnen als uiterste waarden voor het onderzoeksgebied worden beschouwd. Bij de berekening van de grondwaterstandsverlaging in de polders langs het Zoommeer is daarom uitgegaan van een tussenliggende waarde en is gesteld:

$$\Delta h_x = 0,7 \Delta \varphi_x \quad (1e)$$

Als invloedssfeer is het gebied beschouwd waar binnen

$$\Delta \varphi_x \geq 0,15 \text{ m}; \quad \Delta \varphi_s = 0,15 \text{ m} \text{ waaruit volgt } \Delta h_s = 0,10 \text{ m}$$

De breedte van de invloedssfeer (x_s) volgt onmiddellijk uit formule 1b bij gegeven waarden voor $\Delta \varphi_s$ en $\Delta \varphi_o$

$$x_s = \sqrt{k_2 D_2 L W_{\text{rad.}}} * \ln(\Delta \varphi_o / \Delta \varphi_s) \quad (2)$$

Voor die gebieden waar, vanaf de zeedijk tot aan waar de stijghoogteverlaging = $\Delta \varphi_s$, potentieel droogtegevoelige en of verdrogende gronden

voorkomen, is de gemiddelde verlaging vastgesteld door integratie van formule 1b.

Voor de oppervlakte (A) van een raaidoorsnede loodrecht op de kust geldt:

$$A = \Delta \varphi_0 \lambda (e \exp. (x/\lambda) - e \exp. (x_s/\lambda)) \quad (3)$$

Hierin is $\lambda = \sqrt{k_2 D_2 LW}_{\text{rad.}}$

Wordt voor $x = 0$ gesteld en wordt voor x_s genomen de afstand vanaf de kustlijn tot waar de stijghoogteverlaging gelijk is aan 0,15 m, dan volgt:

$$A = \Delta \varphi_0 \lambda (1 - e \exp. (- x_s/\lambda))$$

De gemiddelde stijghoogteverlaging ($\Delta \varphi_x$) over een gebied met een exponentieel afnemende verlaging kan als volgt worden berekend:

$$\Delta \varphi_x = \Delta \varphi_0 \lambda (1 - e \exp. (- x_s/\lambda)) / x_s =$$

$$\Delta \varphi_0 \lambda (1 - \Delta \varphi_s/\Delta \varphi_0) / x_s =$$

$$\Delta \varphi_0 (1 - \Delta \varphi_s/\Delta \varphi_0) / \ln (\Delta \varphi_0/\Delta \varphi_s) \quad (4a)$$

De gemiddelde grondwaterstandsverlaging ($\Delta \bar{h}_x$) is dan:

$$\Delta \bar{h}_x = \Delta \varphi_0 (\Delta h_0/\Delta \varphi_0) \lambda (1 - \Delta \varphi_s/\Delta \varphi_0) / \ln (\Delta \varphi_0/\Delta \varphi_s) \quad (4b)$$

Waarin voor de polders geldt: $\Delta h_0/\Delta \varphi_0 = 0.7$

Voor de hoge stroomgronden van de Brabantse Zoom tussen Halsteren en Woensdrecht is in verband met de afstroming van het grondwater in de richting van de Oosterschelde, de schorwaterstand bepaald ter plaatse van de kustlijn. Deze is aan de hand van de beschikbare gegevens afgeleid van figuur 1B en gesteld op gemiddeld N.A.P. + 1.50 m.

Gelet op het feit dat in de hoge gronden geen drainage en minder sloten voorkomen dan in de polders is hier voor de berekening van de grondwaterstandsverlaging gesteld:

$$\Delta h_x = 0,9 \Delta \varphi_x \quad (5)$$

en is als grens van de invloedssfeer beschouwd het gebied waarbinnen

$$\Delta \varphi_x \geq 0,11 \text{ m}$$

In de Aymon Louisepolder op Flakkee, de Sabina Henricapolder aan het Volkerak, alsmede de Heeren- en Eendrachtspolder in West Brabant is de verlaging ($\Delta \bar{h}_x$) via integratie niet tussen $x = 0$ en x_s bepaald maar tussen de van toepassing zijnde waarden van x . Deze zijn afhankelijk van de afstand waarop de potentieel verdrogende en of droogtegevoelige gronden voorkomen.

De resultaten van de berekening van de grondwaterstandsverlagingen zijn zowel voor de polders als de hoge stroomgronden weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. De invloed van de afdamming van het Zoommeer op de grondwaterstand berekend voor enkele alternatieve Zoommeerpeilen en λ -waarden. ($\lambda = \sqrt{kDLW}$ rad).

	λ in m	gem. stijgh. verlaging op het schor. $\Delta \varphi_0$ (cm)			invloedssfeer x_s (m)			gemiddelde gr.w.st. ver- laging $\Delta \bar{h}_x$ (cm)				λ in m	gem. stijgh. verlaging op het schor. $\Delta \varphi_0$ (cm)			invloedssfeer x_s (m)			gemiddelde gr.w.st. ver- laging $\Delta \bar{h}_x$ (cm)			
		25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻			25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻	
Zoommeerpeil in cm t.o.v. N.A.P.		25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻			25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻	
Polders van Luid Beveland	800	25	50	75	500	930	1180	10	20	25	Sabina Henrica- polder	800	0	25	50	0	500	930	0	15	25	
Augustapolder	200	"	"	"	130	240	300	10	20	25	(alleen pot. verdrogende gronden)	200	"	"	"	0	130	240	0	10	20	
"	800	"	"	"	500	930	1180	10	20	35	Aymon Louise- polder	800	15	40	65	190	790	1090	10	20	35	
Oververgnepolder	200	"	"	"	130	240	300	10	20	25	"	200	"	"	"	50	200	280	10	15	20	
"	800	"	"	"	500	930	1180	10	20	25	Langs Eendracht	800	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Stroomgronden	200	"	"	"	500	530	570	45	50	55	Oost Tholen	800	0	0	25	0	0	500	0	0	10	
"	800	125	150	175	1920	2070	2190	45	50	55	"	200	"	"	"	0	0	130	0	0	10	
"	200	"	"	"	500	530	570	45	50	55	Heerenpolder	800	"	"	"	0	0	500	0	0	10	
Leensche polder	800	75	100	125	1180	1360	1490	25	30	35	(alleen pot. verdrogende gronden)	200	"	"	"	0	0	130	0	0	10	
Pr. Hendrikpolder	200	"	"	"	300	350	390	25	30	35	Eendrachtspolder	800	"	"	"	0	0	500	0	0	10	
Polder Nw. Vosse- meer.	800	"	"	"	"	"	"	"	"	"	(alleen pot. verdrogende gronden)	200	"	"	"	0	0	130	0	0	10	
Heerenpolder	200	"	"	"	"	"	"	"	"	"	Eendrachtspolder	800	"	"	"	0	0	500	0	0	10	
"	800	"	"	"	"	"	"	"	"	"	(alleen pot. verdrogende gronden)	200	"	"	"	0	0	130	0	0	10	

In de polders kan de afstand vanaf het Zoommeer tot aan de plaats waar nog een grondwaterstands daling van 0.10 m optreedt variëren van 100 tot 1500 meter. De invloed van een Zoommeerpeil van N.A.P. + 0.25 m of - 0.25 m blijkt, zoals de tabel laat zien, groot te zijn. Voor wat betreft de polders zijn de grootste verlagingen te verwachten in de Heensche Polder en Prins Hendrikpolder. De berekende gemiddelde daling varieert hier, afhankelijk van bodemeigenschappen en Zoommeerpeil van 0.25 tot 0.35 m. Nog grotere dalingen van het grondwater zijn echter te verwachten in de hoge stroomgronden. Hiervoor zijn gemiddelde dalingen berekend van 0.45 - 0.55 m. De afstand vanaf de kustlijn tot waar nog een 0.10 m daling te verwachten is, kan hier variëren van 500 - 2200 meter.

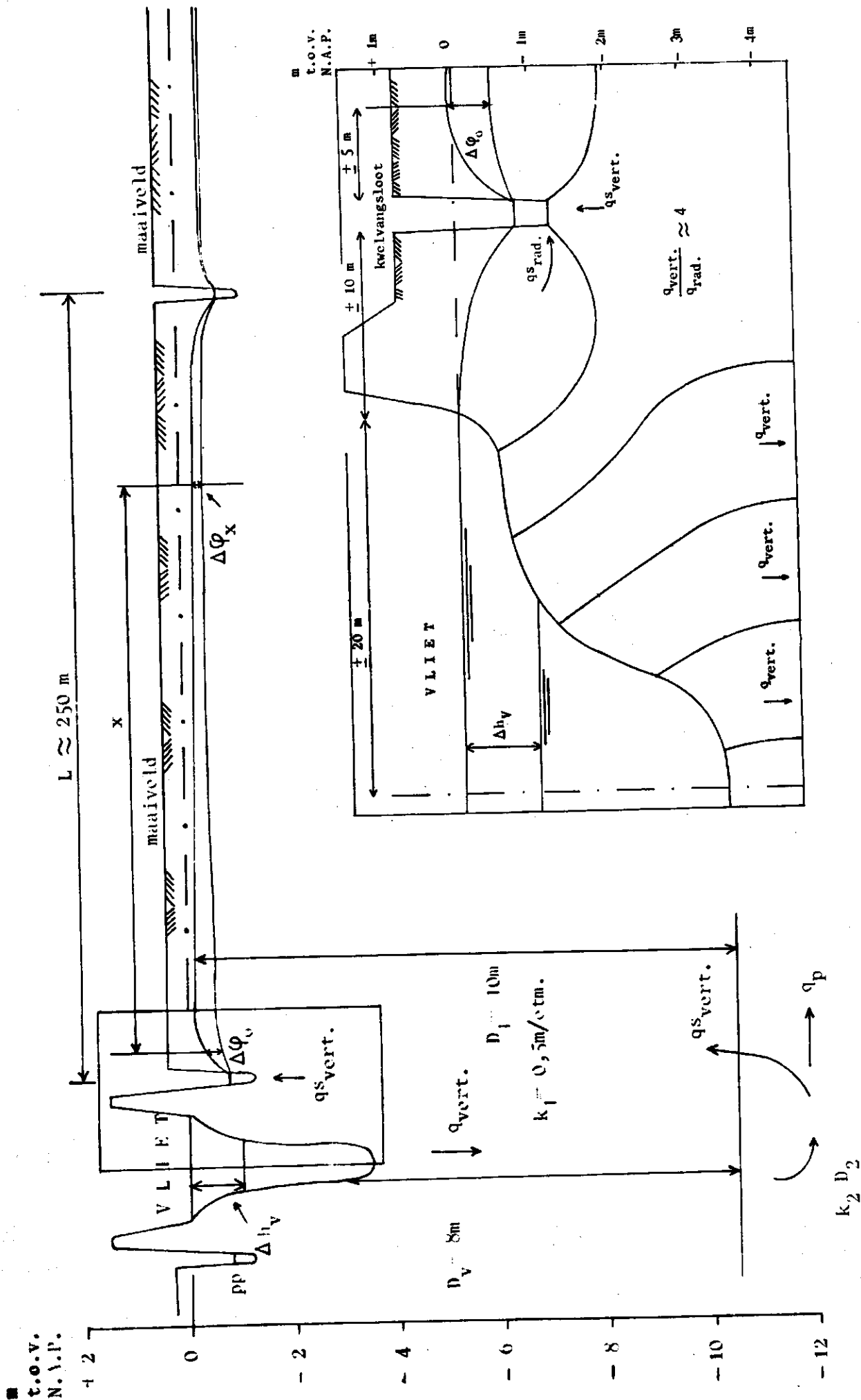
5.3. Grondwaterstandsverhoging langs Roosendaalsche - en Steenbergse Vliet

Om enig inzicht te verkrijgen inzake de gevolgen van de peilverhoging in de Vliet op de grondwaterstand in de aangrenzende percelen is het stromingsbeeld sterk geschematiseerd tot een situatie zoals is weergegeven in figuur 3.

Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde toekomstige breedte van de Vliet van ca 40 meter.*

Parallel aan de Vliet is aan weerszijden op 10 m afstand een nog te graven kwelvangsloot verondersteld met een bodembreedte van 1 meter en een gemiddelde natte omtrek van 1.50 m. Eveneens zijn evenwijdig lopend aan

*Voor ca 2/3 deel van het benedenpand van de Vliet geldt een gemiddelde toekomstige breedte van ca 40 m. Het resterende gedeelte, een tracé van ongeveer 3.3 km vanaf Benedensas zal na de verhoging een gemiddelde breedte hebben van ongeveer 150 m. In de berekening van de landbouwschade is hiermee rekening gehouden.



Figuur 3 (B). Geschematiseerd stromingsbeeld bij de Vliet.

Figuur 3 A. Geschematiseerde raaidoorsnede loodrecht op Roosendaalsche- en Steenbergse Vliet.

de Vliet drainagesloten verondersteld met een onderlinge afstand van gemiddeld 250 m (L) gemeten vanaf de kwelvangsloot en een natte omtrek van 1.50 m.

Voorts zijn de berekeningen gebaseerd op een stationaire grondwaterstroming. De toegenomen afstroming (Δq) via één bodemhelft kan worden onderscheiden in een verticale en een radiale komponent:

$$\Delta q = \Delta q_{\text{vert.}} + \Delta q_{\text{rad.}}$$

Voor de meer verticale geldt:

$$\Delta q_{\text{vert.}} = 0.5 B k_1 (\Delta h_v - \Delta \varphi_0) / D_v \quad (5)$$

Hierin is: B = breedte van de Vliet = 40 m (tot 150 m)
 k_1 = doorlaatfaktor van afdekkend pakket = 0.5 m/d.
 D_v = dikte kleipakket onder de Vliet = 8 m
 Δh_v = verandering Vlietpeil = 0.75 m tot 1.25 m
 $\Delta \varphi_0$ = verandering van stijghoogte op ca 5 m achter de kwelvangsloot (m)

Uit de substitutie van de gegeven waarden voor B , k_1 en D_v in formule 5 volgt:

$$\Delta q_{\text{vert.}} = 1.25 (\Delta h_v - \Delta \varphi_0) \quad (6)$$

Als gesteld wordt dat $\Delta q_{\text{vert.}} / \Delta q_{\text{rad.}} \approx 4$ (zie figuur 3B)

$$\text{dan is } \Delta q = \Delta q_{\text{vert.}} + \Delta q_{\text{rad.}} = (1.25 + 0.31) (\Delta h_v - \Delta \varphi_0) \quad (7)$$

Voor de grondwaterstroming naar de kwelvangsloot geldt:

$$\Delta q_s = \Delta q_s \text{ rad.} + \Delta q_s \text{ vert.} = (\Delta \varphi_0 - \Delta h_p) / W_{\text{rad.}} \quad (8)$$

Hierin is: Δq_s = toename van de grondwaterstroming naar de kwelsloot, onderscheiden in een radiale en verticale komponent

Δh_p = verandering polderpeil = 0

$W_{\text{rad.}}$ = radiale stromingsweerstand

Bij $D_1 = 10$ m; $B_{wp} = 1,5$ m en $k_1 = 0,5$ m/d. is

$$W_{rad.} = 1/\pi k_1 \approx \ln D_1/B_{wp} = 1.2 \text{ d/m.} \quad (9)$$

Volgens formule 8 is nu:

$$\Delta q_s = 1/1.2 \Delta \varphi_o = 0.828 \Delta \varphi_o \quad (10)$$

Voor de ondergrondse stroming naar de polder via het watervoerend pakket geldt:

$$\Delta q_p = (\Delta \varphi_o - \Delta h_p) \sqrt{k_2 D_2 / L W_{rad.}} \quad (11)$$

Hierin is: $k_2 D_2 =$ doorlaatvermogen van het watervoerend pakket = $50 \text{ m}^2/\text{d.}$
(tot $500 \text{ m}^2/\text{d.}$)

$L =$ gemiddelde slootafstand (gesteld op ca 250 m)

$\Delta h_p = 0.00$ m

$W_{rad.} = 1.2 \text{ d/m}$

Substitutie van deze waarden in formule 11 geeft:

$$\Delta q_p = \sqrt{50/(250 \times 1.2)} \Delta \varphi_o = 0.41 \Delta \varphi_o$$

Omdat $\Delta q = \Delta q_s + \Delta q_p$ volgt uit (10) en (11) en (7) :

$$\Delta q = (0.828 + 0.41) \Delta \varphi_o = 1.56 (\Delta h_v - \Delta \varphi_o) \quad (12)$$

Uit (12) volgt: $(\Delta h_v - \Delta \varphi_o) / \Delta \varphi_o = 1.24/1.56 = 0.79$

Stel $\Delta h_v = 1.00$ m, dan is:

$$1.00 - \Delta \varphi_o = 0.79 \Delta \varphi_o \quad \text{ofwel} \quad \Delta \varphi_o = 1.00/1.79 = 0.56 \text{ m} \quad (13)$$

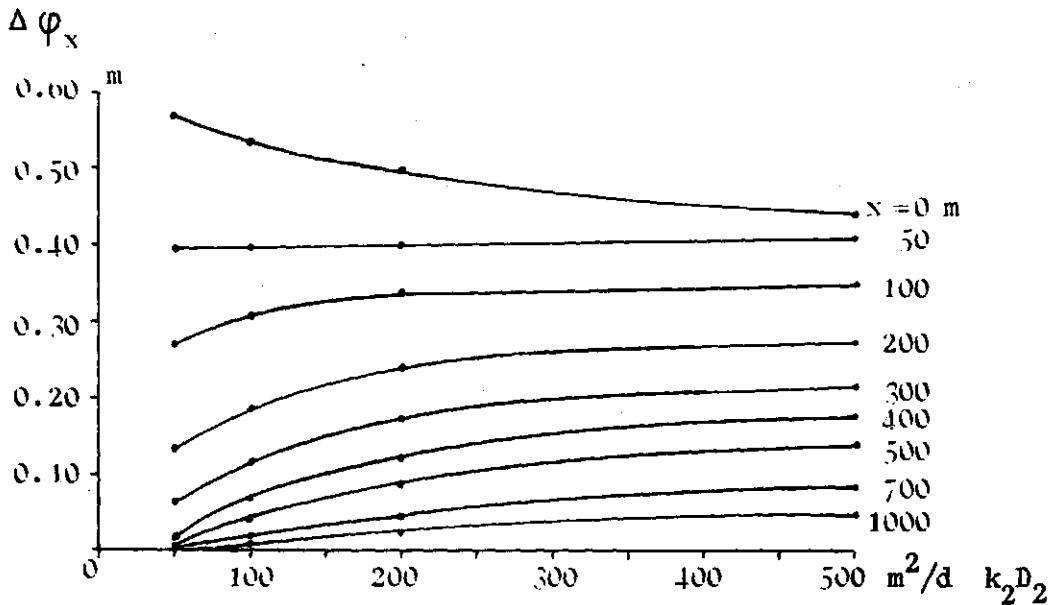
Vervolgens kan $\Delta \bar{h}_x$ worden berekend met formule $\frac{4}{b}$

Op analoge wijze zijn verhogingen berekend voor een Vlietbreedte van 150 m (nabij Benedensas), voor een maximale waarde van $500 \text{ m}^2/\text{d}$. voor $k_2 D_2$ en nog 2 varianten van het Vlietpeil; N.A.P. - 0.25 m en N.A.P. + 0.25 m. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 2. Het blijkt dat afhankelijk van de plaatselijke situatie nog grondwaterstandsverhogingen van 0.10 m verwacht kunnen worden tot over een afstand van ¹⁰⁰200 - ²⁰⁰850 meter vanaf de Vliet. Voor de gemiddelde grondwaterstandsverhogingen zijn waarden berekend van ^{0.15}0.20 - ^{0.25}0.35 m.

Tabel 2. De invloed van de peilsverhoging in de Vliet op de grondwaterstand bij 2 $k_2 D_2$ waarden en alternatieve breedten en peilen van de Vliet.

h_v Vlietpeil in m t.o.v. NAP	B breedte Vliet in m	kD van watervoerend pakket in m^2/d .	Δh_0 gr.w.st. verho- ging bij kwel- sloot in m.	x_s invloedssfeer in m.	Δh_x gemidd. gr.w.st. verhoging in m.
- 0.25	40	50	0.30	130	0.20
		500	0.25	320	0.15
	150	50	0.45	180	0.20
		500	0.40	530	0.20
0.00	40	50	0.40	170	0.20
		500	0.30	430	0.20
	150	50	0.60	220	0.25
		500	0.50	640	0.20
+ 0.25	40	50	0.45	180	0.20
		500	0.35	480	0.15
	150	50	0.60	220	0.25
		500	0.55	670	0.25

De betekenis van $k_2 D_2$ ten aanzien van de gemiddelde verwachte verhoging blijkt volgens figuur 4 zeer gering te zijn bij $k_2 D_2 > 200 \text{ m}^2/\text{d}$. Hierbij is uitgegaan van een peilsverhoging in de Vliet van 1.00 m en een breedte van 40 m.



Figuur 4. De toename van de stijghoogte ($\Delta \varphi_x$) in relatie tot de kD -waarde van het watervoerend pakket en de afstand tot de Vliet (x) bij $k_1 = 0.5 \text{ m/d}$, $B = 40 \text{ m}$ en $\Delta h_V = 1.00 \text{ m}$.

5.4. De opbrengstdepressie

Met behulp van de berekende gemiddelde grondwaterstandsverlagingen voor de diverse aanliggende gronden is vervolgens de relatieve opbrengstdepressie (%) voor het gemiddeld bouwplan bepaald. Hiervoor zijn de in hoofdstuk 4 genoemde opbrengst-ontwateringsdieptecurven gebruikt. Deze curven zijn weergegeven in de figuren 5 A, B en C. De curven geven voor de 3 voorkomende bodemklassen de relatie weer tussen de relatieve opbrengst in % en de gemiddelde grondwaterdiepte in cm - m.v. gedurende het groeiseizoen. Bij elk van deze klassen hoort een curve.

Klasse 1 (Fig. 5 A) Niet potentieel droogtegevoelige gronden.

De vochtvoorziening van de gewassen is hier onafhankelijk van de grondwaterdiepte. Deze gronden zijn alleen gevoelig voor te hoge grondwaterstanden.

Klasse 2 (Fig. 5 B) Potentieel droogtegevoelige gronden.

De bovengrond kan onvoldoende vocht vasthouden, waardoor aanvulling vanuit het grondwater nodig is.

Te lage grondwaterstanden veroorzaken derhalve opbrengstdepressies.

Klasse 3 (Fig. 5 C) Potentieel verdrogende gronden.

Deze gronden zijn vrijwel geheel afhankelijk van capillaire aanvoer uit het grondwater. Geringe verlagingen kunnen relatief grote opbrengstdervingen veroorzaken.

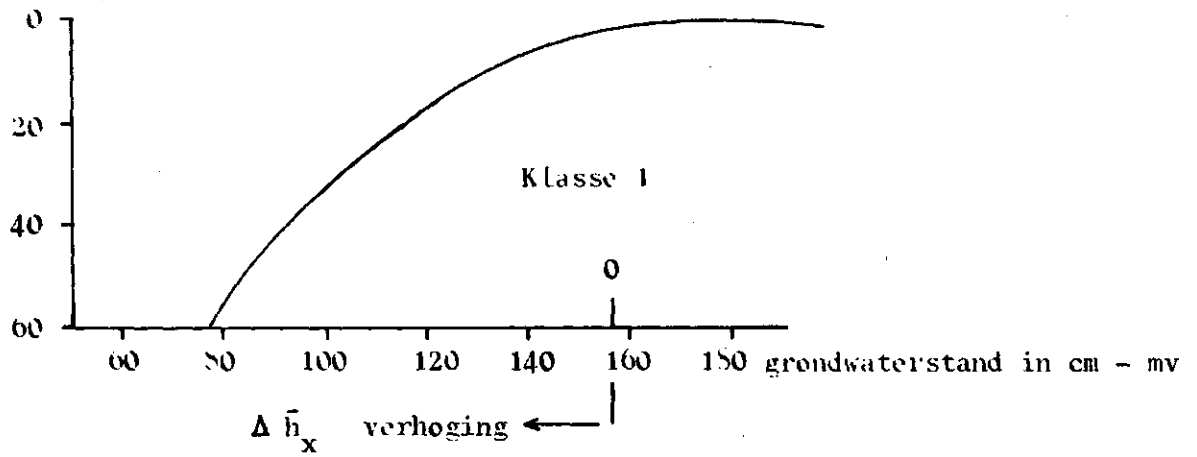
Door het ontbreken van een gedetailleerde informatie over de plaatselijk optredende huidige grondwaterstanden is het niet mogelijk vast te stellen of gronden op dit moment onvoldoende, goed of te diep ontwaterd zijn.

Voor het bepalen van de opbrengstdepressies is daarom uitgegaan van de meest ongunstige situatie welke ten gevolge van de grondwaterstandsverlaging of -verhoging kan ontstaan. Bij het hanteren van de curven is namelijk de grondwaterstandsverlaging gerelateerd aan de opbrengstdepressie in het "verdrogende gedeelte" van de curve, terwijl voor vaststelling van wateroverlast aan de "natte kant" van de curve is afgelezen (zie fig. 5).

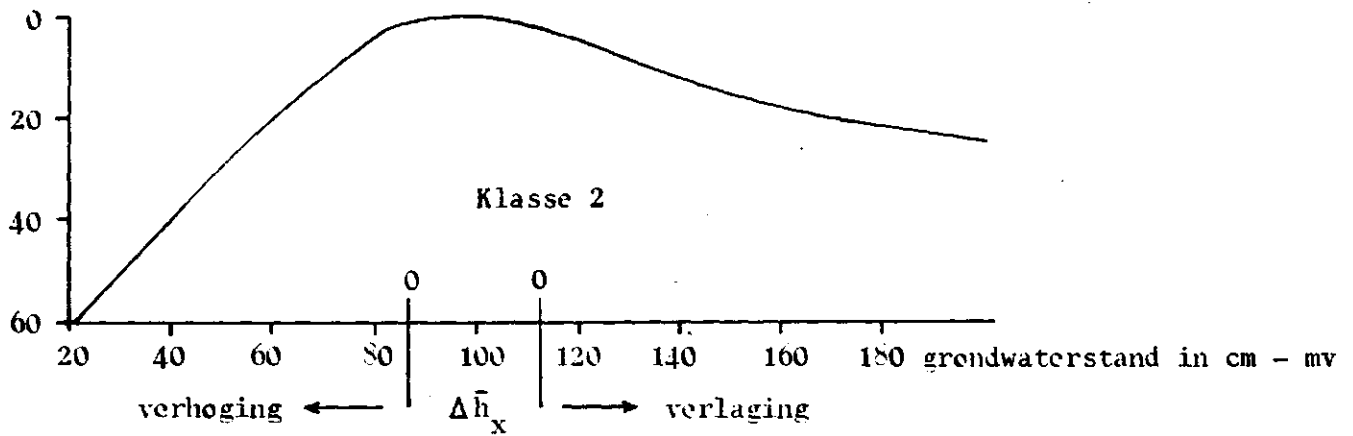
De gevonden relatieve opbrengstdepressies zijn in verhouding tot hun in omvang voorkomende bodemtypen verwerkt tot één gemiddelde opbrengstdepressie (\bar{D}).

$$\bar{D} = D_1 O_1 + D_2 O_2 + D_3 O_3 \quad (\%) \quad (15)$$

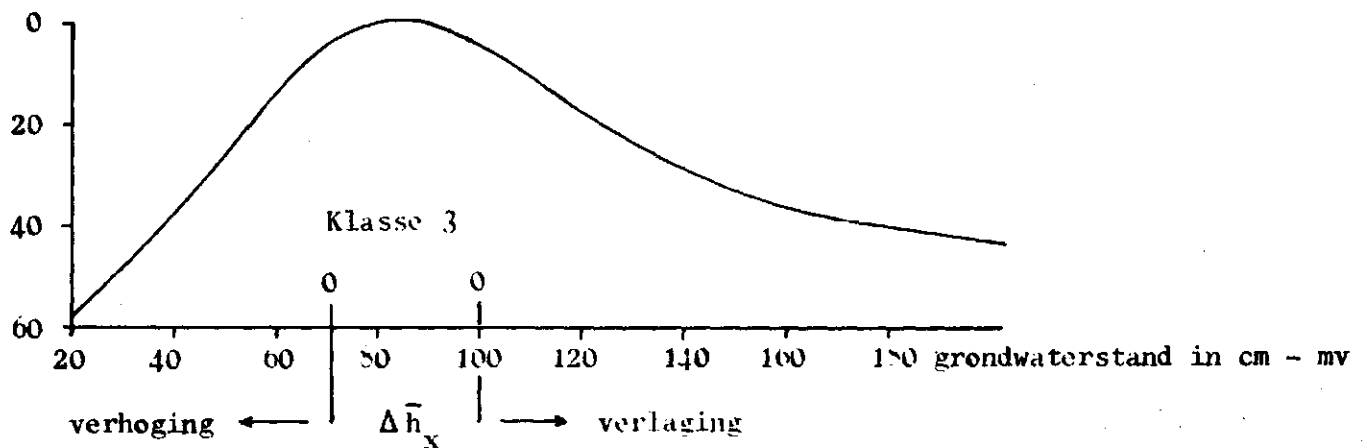
Opbrengstdepressie
in %



Opbrengstdepressie
in %



Opbrengstdepressie
in %



Figuur 5 A, B, C. Opbrengst-ontwateringsdiepte-curven voor de in 3 klassen ondergebrachte voorkomende bodemtypen.

- D_1 = gemiddelde opbrengstdepressie bij $\Delta \bar{h}_x$ van de bodemtypen behorende tot klasse 1. (%)
- D_2 = idem " 2. (%)
- D_3 = idem " 3. (%)
- 0 = het procentueel voorkomen van de bodemtypen behorend tot de desbetreffende klasse.

Voor de gronden die vallen onder klasse 1 is in geval van verlaging van de grondwaterstand geen opbrengstderving verondersteld. De op deze wijze verkregen procentuele opbrengstdepressies zijn vervolgens in geld uitgedrukt. De bruto geldelijke opbrengst van een hectare landbouwgrond kan jaarlijks zeer uiteenlopen. Bij de hier uitgevoerde berekeningen is de gemiddelde bruto-opbrengst op f 3.000,- per jaar gesteld. Hierbij is rekening gehouden met diverse cultuurvormen en gradaties in bedrijfsvoering. De gemiddelde opbrengstvermindering in guldens per jaar en per ha is op deze wijze berekend voor de diverse gebieden voor enkele alternatieve bodemconstanten en Zoommeerpeilen.

De resultaten zijn weergegeven in de tabellen 3 en 4.

De gevonden waarden voor gemiddelde opbrengstderving blijken plaatselijk op te lopen tot bijna 30% ofwel f 900,- per ha per jaar.

•

	λ in m	$\Delta\phi_0$			\bar{D}			gem. opbrengst depressie in f per ha per jr.		λ in m	$\Delta\phi_0$			\bar{D}			gem. opbrengst depressie in f per ha per jr.				
		gem. stijgh. verlaging op schor in cm.	25 ⁺	0	25 ⁻	gem. opbrengst depressie in %	25 ⁺				0	25 ⁻	gem. stijgh. verlaging op schor in cm.	25 ⁺	0	25 ⁻		gem. opbrengst depressie in %	25 ⁺	0	25 ⁻
Zoommeerpeil in cm tov NAP		25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻	25 ⁺	0	25 ⁻		
Polders van Zuid Beveland	800	25	50	75	3	3	4	110	150	170	Sabina Henri- ca polder	800	0	25	50	0	8	16	0	240	480
Augustapolder	200	"	"	"	3	5	6	120	230	260	(alleen pot. verdrogende gronden)	200	"	"	"	0	8	11	0	240	330
"	800	"	"	"	2	3	4	60	120	160	Aymon Louise- polder	800	15	40	65	4	8	12	120	240	360
Auvergnepolder	200	"	"	"	3	3	3	90	120	130	"	200	"	"	"	4	6	11	120	180	240
"	800	"	"	"	1	1	1	50	50	50	Langs Eendracht	800	"	"	"	0	0	2	0	0	70
stroomgronden	200	"	"	"	2	2	3	60	100	120	Oost Tholen	800	"	"	"	0	0	3	0	0	80
"	800	125	150	175	25	25	28	720	800	860	"	200	"	"	"	0	0	8	0	0	140
"	200	"	"	"	20	21	23	570	640	680	(alleen pot. verdrogende gronden)	200	"	"	"	0	0	0	0	0	0
Heensche pldr	800	75	100	125	8	9	10	320	360	380	Eendachts- polder	800	"	"	"	0	0	5	0	0	150
Pr.Hendrik "	200	"	"	"	11	13	16	440	530	590	(alleen pot. verdrogende gronden)	200	"	"	"	0	0	0	0	0	0
Polder Nieuw Vossemeer	800	"	"	"							"	200	"	"	"	0	0	0	0	0	0
Heerenpolder	200	"	"	"							"	800	"	"	"	0	0	0	0	0	0

Tabel 3. De opbrengstdepressie als gevolg van de grondwaterstandsverlaging bij een lage en hoge waarde van λ en 3 alternatieve Zoommeerpeilen.

h_v Vlietpeil in m t.o.v. NAP	B breedte Vliet in m	kD van watervoerend pakket in m^2	\bar{D} gemiddelde opbrengstde- pressie in %.	gemiddelde opbrengstde- pressie in f per ha per jr.
- 0.25	40	50	5,8	170
		500	4,7	140
	150	50	7,2	220
		500	7,1	210
0.00	40	50	7,1	210
		500	5,8	170
	150	50	9,5	290
		500	8,4	250
+ 0.25	40	50	7,2	220
		500	6,0	180
	150	50	9,5	290
		500	8,4	250

Tabel 4. De opbrengstdepressie als gevolg van de grondwaterstandsverhoging bij 2 k_2D_2 waarden en alternatieve breedten en peilen van de Vliet.

5.5. De vermogens - en inkomensschade

Met behulp van de berekende geldelijke opbrengstvermindering is de schade gekapitaliseerd.

Onderscheid is gemaakt naar vermogensschade aan grond voor zowel de eigenaar/gebruiker als de eigenaar/verpachter en vermogensschade aan de bijbehorende bedrijfsgebouwen. Voor een eigenaar/gebruiker is de waardevermindering van zijn kavel gesteld op de opbrengstvermindering gedurende een periode van 15 jaar.

Voor een eigenaar/verpachter is een kapitaalsfactor 10 aangehouden.

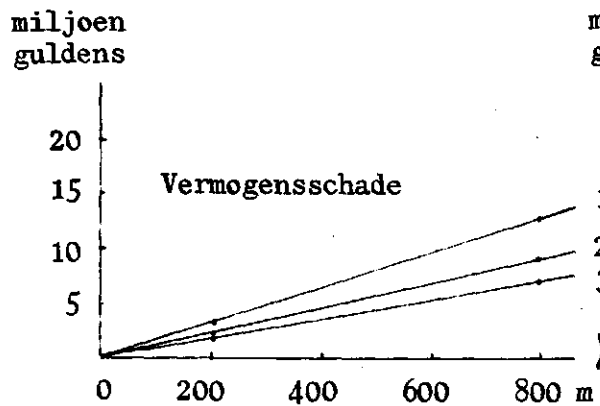
Volgens onderzoek in enkele ruilverkavelingen in het betrokken gebied en gegevens uit de directe omgeving is ongeveer 45% eigendomsgebruik en 55% pacht. (Informatie van Landinrichtingsdiensten Zeeland en Brabant).

De waardedaling van de gebouwen is gesteld op f 300,- per f 1.000,- vermogensschade aan grond.

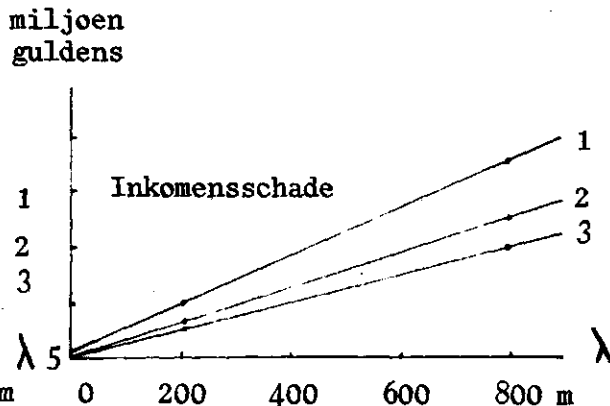
Voor de inkomensschade van eigenaar/gebruiker en pachter zijn kapitaalsfactoren van respectievelijk 25 en 20 gehanteerd. De berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende waarden voor Zoommeerpeil en bodemkonstanten. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in de figuren 6 t/m 9. In figuur 6 is de vermogensschade gerelateerd aan de λ - waarden van de grond voor de 3 alternatieve Zoommeerpeilen. De relatie is rechtlijnig gefïnterpreteerd tussen de uitkomsten van de berekeningen met 2 verschillende λ - waarden. Uit de berekeningen is namelijk gebleken dat de λ - waarde weinig invloed heeft op de mate van grondwaterstands daling. De toename van de schade is hier hoofdzakelijk een gevolg van uitbreiding van het areaal waarover de grondwaterstands daling zich uitstrekt. De areaalsuitbreiding blijkt vrijwel rechtevenredig met de waarde van λ te zijn.

De figuur geeft aan dat afhankelijk van het Zoommeerpeil en de hydrologische eigenschappen van de grond de vermogensschade t.g.v. verdroging kan liggen tussen de 2 en 12.5 miljoen gulden. Daarnaast moet rekening worden gehouden dat de de inkomensschade ten gevolge van verdroging ergens zal komen te liggen tussen de 2 en 17.5 miljoen gulden (figuur 7).

De financiële schade die ten gevolge van wateroverlast rond de Roosendaalsche en Steenbergsche Vliet is te verwachten, is uitgebeeld in de figuren 8 en 9. De schade die kan ontstaan is gerelateerd aan de kD -waarde van het watervoerend pakket. De berekeningen zijn ook hier uitgevoerd voor alternatieve Zoommeerpeilen. Figuur 8 geeft de vermogensschade en figuur 9 de inkomensschade weer. De hoogte van het Zoommeerpeil heeft grote invloed op het

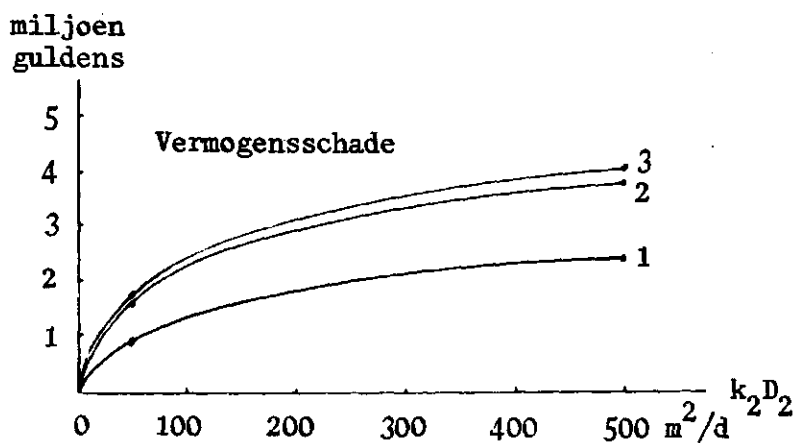


Figuur 6.



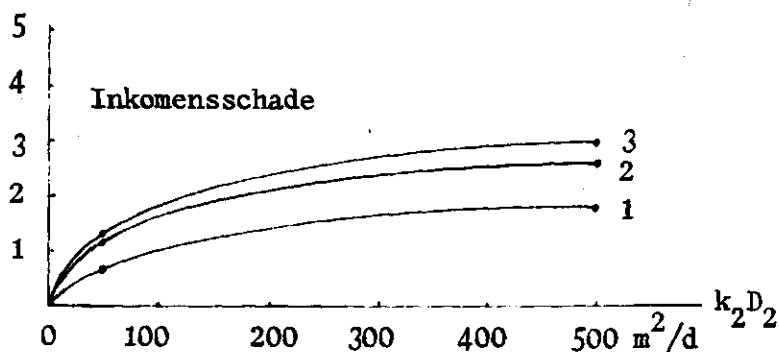
Figuur 7.

Relatie vermogensschade en inkomensschade als gevolg van verdroging rondom het Zoommeer met hydrologische bodemeigenschappen ($\lambda = \sqrt{kDLW}$ rad.)



- 1 = Zoommeerpeil NAP - 0.25 m
- 2 = " " NAP 0.00 m
- 3 = " " NAP + 0.25 m

Figuur 8. Relatie vermogensschade door wateroverlast langs de Vliet met kD-waarde van het watervoerend pakket.



Figuur 9. Relatie inkomensschade door wateroverlast langs de Vliet met kD-waarde van het watervoerend pakket.

schadebedrag. Een laag peil in het Zoommeer werkt ongunstig door op de verdrogings schade, maar doordat het peil in het benedenpand van de Vliet dan minder wordt verhoogd, is de toename van de wateroverlast geringer. De toename van de verdrogings schade is echter aanzienlijk groter dan de afname door wateroverlast. De totale vermogens- en inkomens schade ten gevolge van wateroverlast zou onder de meest ongunstige omstandigheden, zoals uit de figuren 8 en 9 valt af te leiden, tot circa 7 miljoen gulden kunnen oplopen. Uitgaande van niet gedraineerde gronden zou onder meer gunstige omstandigheden de schade zich tot rond 2 miljoen kunnen beperken.

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Het ontstaan van het Zoommeer en het daarmee gepaard gaande wegvallen van de getij-beweging zal in de aangrenzende landbouwgebieden verdrogings schade kunnen veroorzaken als gevolg van een daling van het grondwater. Daarnaast zal door het verhogen van het peil in het benedenpand van de Roosendaalsche- en Steenbergse Vliet ten gevolge van een toename van de kwel wateroverlast kunnen optreden in de nabij gelegen gronden. Het onderzoek heeft zich gericht op het verkrijgen van een globale indruk van de omvang van de schade die door uitvoering van genoemde infra-structurele werken ontstaan. De schade is vastgesteld voor 3 verschillende peilen in het Zoommeer t.w. N.A.P. - 0.25 m, N.A.P. 0.00 m en N.A.P. + 0.25 m bij verschillende hydrologische bodemeigenschappen. Daar slechts weinig concrete gegevens inzake bodem- en hydrologische eigenschappen, alsmede over de waterhuishouding van het gebied ter beschikking stonden, moest hiervoor tal van aannamen worden gedaan en het stromingsbeeld worden geschematiseerd om de gewenste berekeningen te kunnen uitvoeren. Aan de berekeningen is een nauwkeurighedsanalyse gekoppeld. De gevonden waarden voor de te verwachten gemiddelde grondwaterstandsveranderingen zijn met behulp van opbrengst-ontwateringsdiepte-curven omgerekend in een relatieve opbrengstderving. Aan de hand van de oppervlakte waarop de gemiddelde opbrengstderving betrekking heeft en de geldelijke bruto-opbrengst per ha, is de opbrengstderving in guldens uitgedrukt. De gemiddeld per jaar te verwachten schade is tenslotte ge-

kapitaliseerd en gesplitst in vermogens- en inkomensschade.

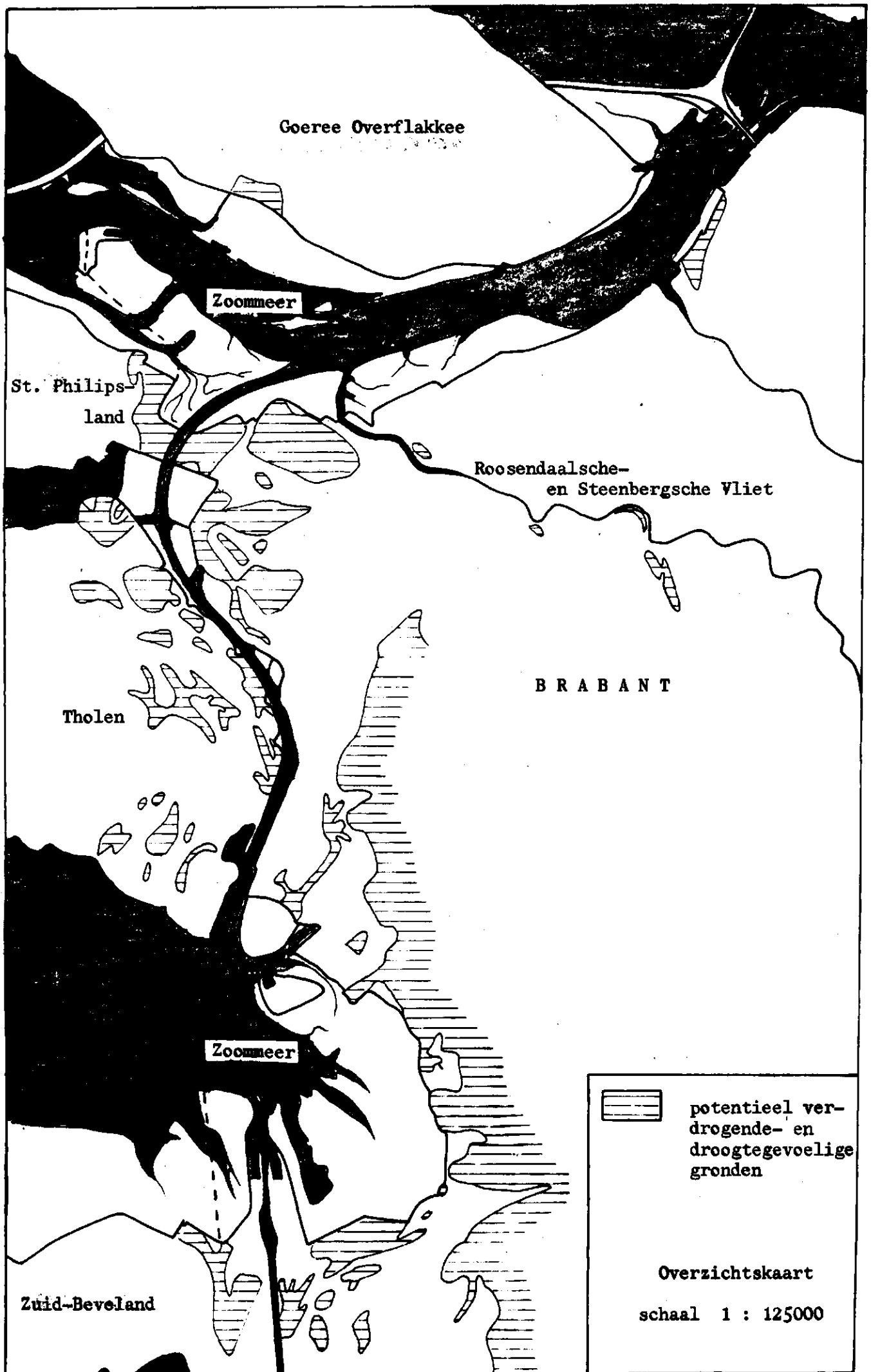
Afhankelijk van het peil dat in het Zoommeer wordt ingesteld en van de hydrologische bodemeigenschappen, blijkt dat de totale gekapitaliseerde schade aan verdroging en wateroverlast zal kunnen komen te liggen tussen de 11 en 32 miljoen gulden.

De hoogte van het Zoommeerpeil blijkt veel invloed te hebben op de omvang van de verdrogingschade. Bij de schadeberekeningen is er van uitgegaan dat de ontwateringstoestand van de desbetreffende gronden in de huidige toestand zodanig is, dat elke grondwaterstandsverandering schade veroorzaakt. Het is zeer goed mogelijk dat plaatselijk de werkelijkheid anders is. Een grondwaterstandsverlaging in een slechts ontwaterd perceel zal geen of minder schade veroorzaken dan in een goed ontwaterd perceel.

Door het ontbreken van gedetailleerde gegevens inzake de ontwateringstoestand kan dit aspect echter niet in de berekeningen worden verdisconteerd. Evenzo zal een berekende grondwaterstandsverhoging in werkelijkheid minder hoog uitvallen als ter plaatse de gronden gedraineerd blijken te zijn. De schade zal aanzienlijk gereduceerd kunnen worden door het tijdig treffen van aanpassingsmaatregelen zoals het inlaten van water op die plaatsen waar een grondwaterstandsvaling optreedt en extra drainage rondom de Roosendaalsche- en Steenbergsche Vliet. Kosten en baten dienen daarbij tegen elkaar te worden afgewogen.

Literatuurlijst.

1. T.N.O. Dienst Grondwaterverkenning.
De grondwaterkaart van Nederland.
Kaartbladen 43 Oost en 44 West
1976.
2. H. Drost
De geohydrologie van de streek
rond Bergen op Zoom.
Verslag van studie-opdracht voor
de wetenschappelijke afdeling van
de R.IJ.P. 1977.
3. Lieveense B.V. Ingenieursbureau
Eindrapport aanpassing Roosen-
daalsche- en Steenbergsche Vliet,
1970 - 1978.
4. Commissie Waterbeheersing en
Ontziltling (C.W.O.)
De waterbeheersing van Sint Phi-
lipsland na de afsluiting van de
zeearmen. 1971.
5. W.C. Visser
De landbouwwaterhuishouding van
Nederland C.O.L.N. - T.N.O. 1958.
6. Stiboka
De bodemkaart van Nederland.
Kaartbladen Willemstad 43 Oost
en 43 West, 1967.



Goeree Overflakkee

Zoommeer

St. Philips-
land

Roosendaalsche-
en Steenbergsche Vliet

BRABANT

Tholen

Zoommeer

Zuid-Beveland



potentieel ver-
drogende- en
droogtegevoelige
gronden

Overzichtskaart

schaal 1 : 125000