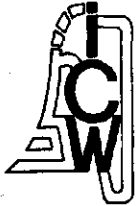


NN31545.1737

ICW nota 1737

april 1987



nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

**HET EFFECT VAN PEILVERLAGING EN COMPENSERENDE MAATREGELEN
OP DE GRONDWATERSTAND ONDER BEBOUWING IN DE RUILVERKAVELING
VJORNE-PUTTEN**

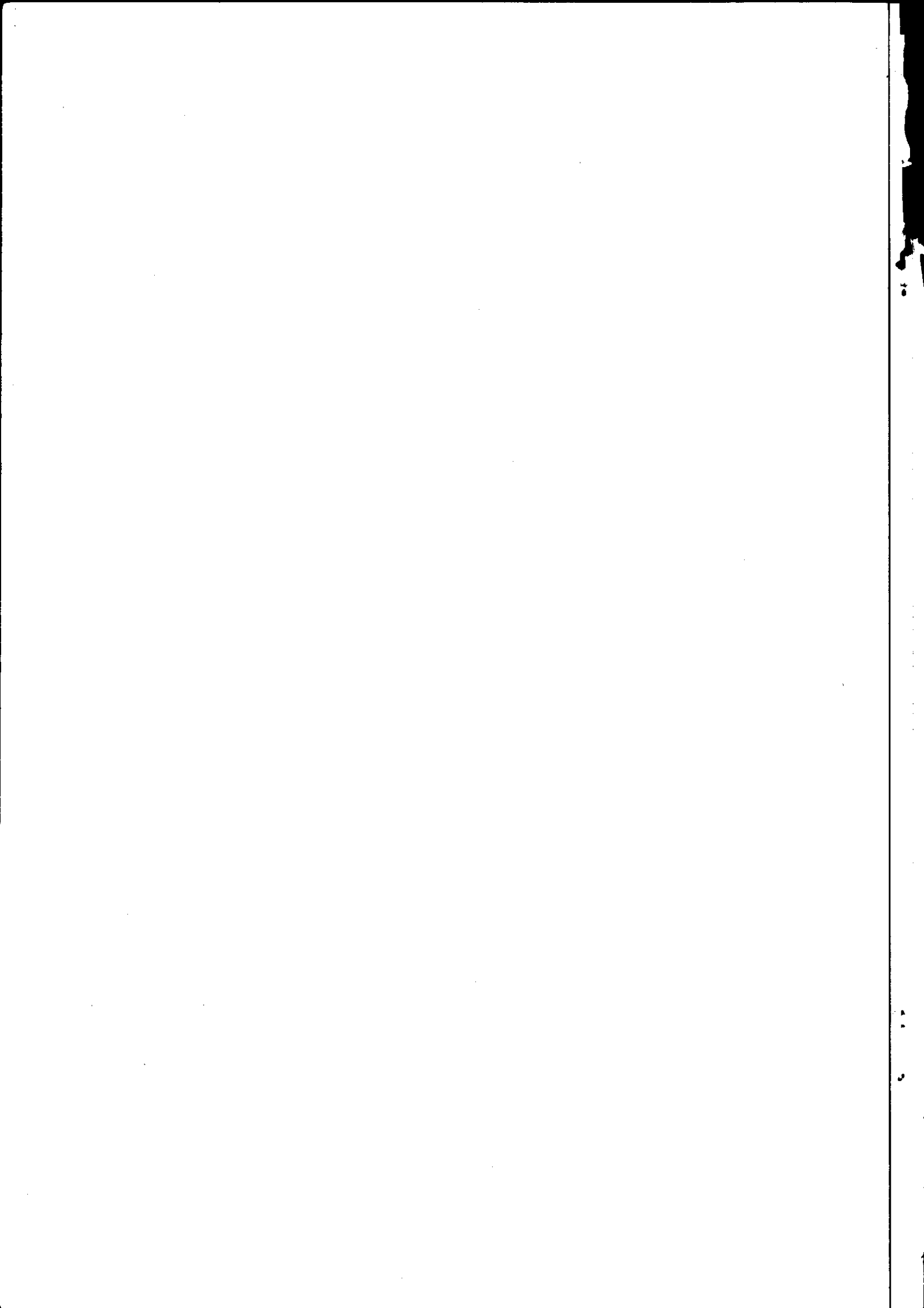
J. Buitendijk



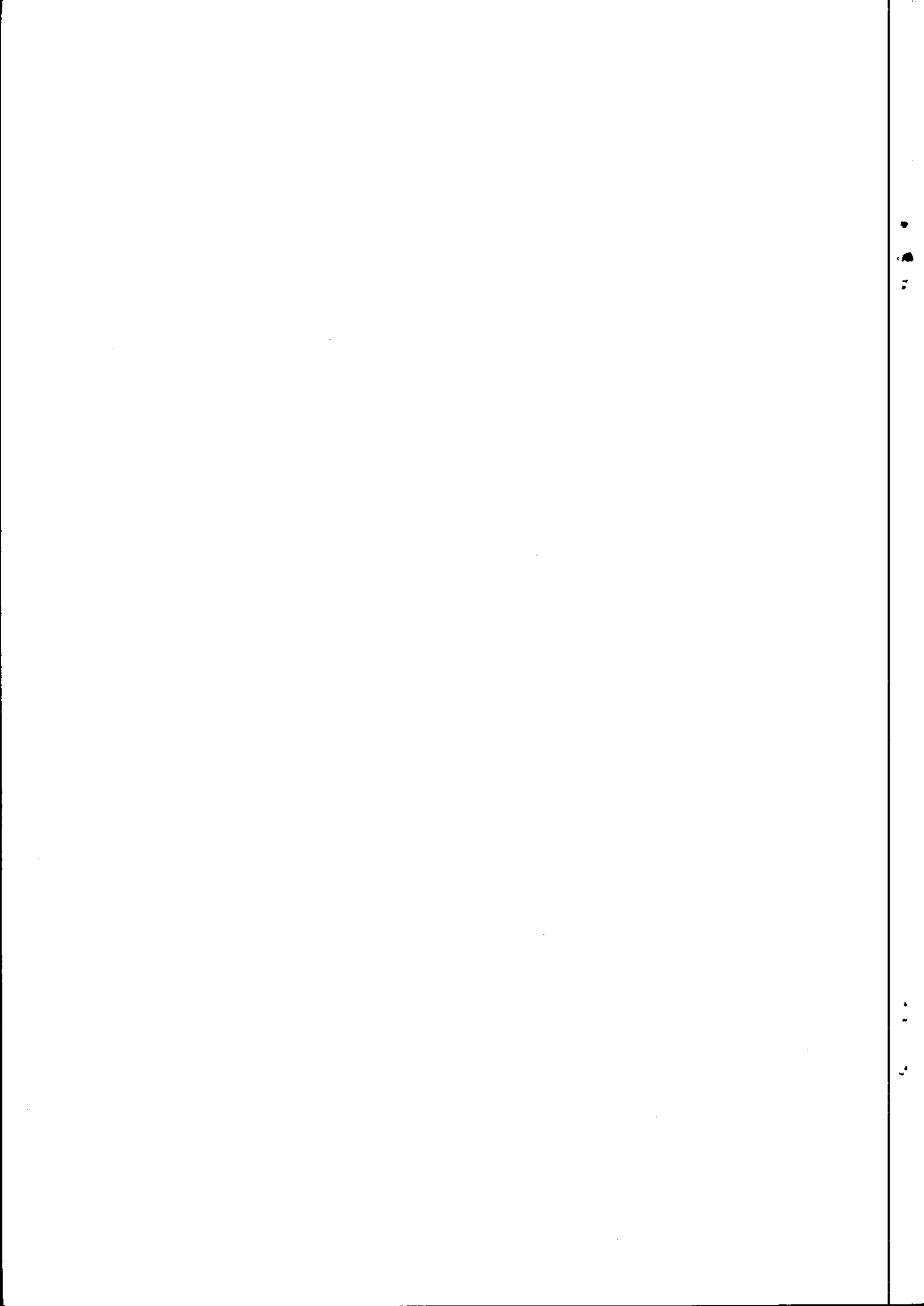
Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies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

10 NOV. 1987

150-262-00*



	pagina
INLEIDING	1
1 INVOERGEGEVENS VOOR HET MODEL HYDRUR	2
2 SITUATIES WAARVOOR MODELBEREKENING IS UITGEVOERD	4
2.1 SLOOT-HUIS-DIJK-HUIS-SLOOT SITUATIE	4
2.2 SLOOT-HUIS SITUATIES	6
3 COMPENSERENDE MAATREGELEN	10
3.1 DIJKBEOUWING	10
3.2 HUIS-SLOOT SITUATIES	11
4 SAMENVATTING EN CONCLUSIE	14
5 LITERATUUR	15
Bijlage 1	16
Bijlage 2	17
Bijlage 3	18
Bijlage 4	19
Bijlage 5	20



INLEIDING

In de ruilverkaveling Voorne-Putten worden momenteel nieuwe polderpeilen ingesteld. Deze zijn in 1983 vastgesteld door het Waterschap "De Brielse Dykring" en vervolgens goedgekeurd door Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland. Om de polderpeilverlagingen verantwoord door te kunnen voeren heeft de Landinrichtingscommissie het Adviesbureau voor Bouwtechniek (ABT) een onderzoek laten verrichten naar de effecten van peilverlaging op bebouwing. Het ABT heeft aan gegeven welke grondwaterstandsverlagingen toelaatbaar zijn (zgn. grenswaarden) waarbij de grenswaarde is gedefinieerd als: 'minder dan matige schade, d.w.z. een gemiddeld schadebedrag van ongeveer f 1000 per gebouw'.

Vergelijking van de toelaatbare grondwaterstandsverlaging met die behorend bij de voorgenomen peilverlagingen leert dat vele honderden huizen risico zullen lopen meer dan matige schade te zullen krijgen.

Om dit risico te voorkomen wordt overwogen compenserende maatregelen uit te voeren zoals: hoogwatersloten, infiltratie van regenwater bij gebouwen, sloten op grotere afstand van de bebouwing en slootdempingen.

Op verzoek van de Landinrichtingsdienst Zuid-Holland heeft het ICW met behulp van het model 'HYDRUR' onderzoek verricht naar het effect van de voorgenomen maatregelen en van een aantal compenserende maatregelen op de grondwaterstand onder gebouwen.

De resultaten van deze berekingen met het model 'HYDRUR' worden in deze nota besproken.

1. INVOERGEVENS VOOR HET MODEL H Y D R U R

Het model HYDRUR (afkorting voor HYDRology of URban areas) is een drie-dimensionaal model waarmee grondwaterstanden in bebouwde gebieden kunnen worden berekend. Een rechthoekig gebied wordt opgedeeld in een aantal gelijke vierkanten. Het aantal en grootte van de vakken kan willekeurig worden gekozen.

Per tijdstap wordt voor ieder vak berekend:

- de stroming naar de aangrenzende vakken
- de wegzijging of kwel
- de onttrekking van water door verdamping
- de voeding van het grondwater door neerslag.

De som van deze vier factoren gedeeld door het effectieve poriëngehalte heeft een stijging of daling van het grondwater in die tijdstap en voor dat vak tot gevolg.

Het model gaat uit van het zogenaamde Hollandse profiel, bestaande uit een slecht doorlatende bovengrond op een goed doorlatende ondergrond.

Een uitvoeriger beschrijving van het model HYDRUR wordt gegeven door WIND en BUITENDIJK (1984).

HYDRUR maakt gebruik van de volgend invoergegevens (de benaming die in het computerprogramma wordt gebruikt, is aangehouden):

- KADE : de Kd-waarde ($m^2 \cdot dag^{-1}$)
- ARTRES : de C-waarde in dagen
- ARHEAD : de stijghoogte van het diepe grondwater (m. t.o.v. NAP)
- POR : het effectieve poriëngehalte (fractie)
- RADRES : de sloot- of drainageweerstand (dagen)
- OPHEAD : de hoogte van het polderpeil (m. t.o.v. NAP)
- HEAD : de hoogte van de grondwaterstand (m. t.o.v. NAP)
- RAINAR : vermenigvuldigingsfactor voor de neerslag (fractie)
- EVAPAR : vermenigvuldigingsfactor voor de verdamping (fractie)
- RAIN : de neerslag ($m \cdot dag^{-1}$)
- EVAP : de verdamping ($m \cdot dag^{-1}$)

Een aantal van deze gegevens zijn voor Voorne-Putten niet voorhanden.

De waarden van deze gegevens zijn geschat uitgaande van 'the best professional judgement' waarbij steeds de veilige kant is aangehouden, d.w.z. dat het berekende effect van de peilverlaging op de grondwaterstand groter is dan in werkelijkheid het geval zal zijn.

- Voor KADE is een waarde aangehouden van $5 m^2 \cdot dag^{-1}$
- De waarde van ARTRES is geschat op 1800 dagen.
- De stijghoogte van het diepe grondwater (ARHEAD) is gesteld op .25 m. -NAP
- De slootweerstand (RADRES) is gesteld op 33 dagen
- De gemiddelde jaarlijkse neerslag is geschat op .730 m. en het neerslagoverschot op .250 m. Hierdoor komt de waarde voor RAIN op .002 $m \cdot dag^{-1}$ en de waarde van EVAP op .0013 $m \cdot dag^{-1}$.
- Voor bebouwing en verharding is de waarde van RAINAR op 0 gesteld, d.w.z. op die plaatsen levert de neerslag geen bijdrage aan de berekening van de grondwaterstand.
- Voor opgaande begroeiing (bomen en struiken) is de waarde van EVAPAR op 2 gesteld.
- Geen rekening is gehouden met een eventuele verlaging van de diepe potentialen als gevolg van de verlaging van de freatische grondwaterstand.

VOGEL (1984) heeft voor een gebied bij Ilpendam een zeer goede correlatie gevonden tussen gemeten en met HYDRUR berekende grondwaterstanden. Op grond hiervan is aangenomen dat het effect van de verlaging van het ondiepe grondwater op een eventuele verlaging van het diepe grondwater gering zal zijn.

De berekeningen zijn uitgevoerd totdat een evenwichtsituatie ontstond. Omdat de gemiddelde jaarlijkse neerslag en verdamping is ingevoerd mag de berekende grondwaterstand als de gemiddelde grondwaterstand worden beschouwd. Van belang voor de zetting van bodemlagen is de gemiddelde grondwaterstand. (Rapport ICW/ABT, 1984)

2. SITUATIES WAARVOOR DE BEREKENING IS UITGEVOERD

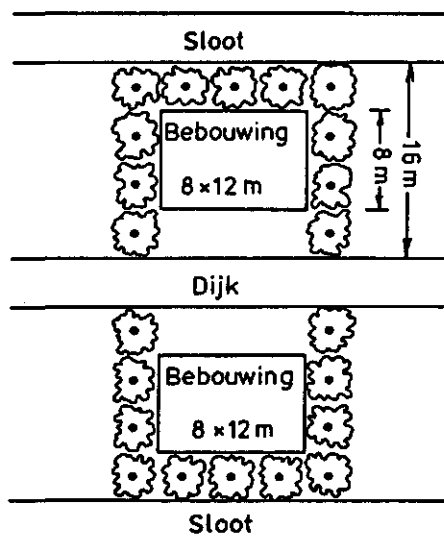
Voorne-Putten heeft vanouds een intensieve detailontwatering voornamelijk in de vorm van drainage. Drainafstanden van 10 a 12 m. zijn veel voorkomend, terwijl de draandiepte .80 a 1.00 m. -mv. bedraagt.

Kenmerkend voor Voorne-Putten is dat in het gebied relatief weinig sloten voorkomen; de gemiddelde slootafstand is omstreeks 200 m.

De aanwezige sloten zijn vaak ook afvoersloten. Door de voorgestelde peilverlagingen zullen deze sloten veelal verbreed en verdiept moeten worden. Aangezien de drainagediepte in het gebied niet in belangrijke mate verandert, mag aangenomen worden dat de invloed van de peilverlagingen alleen in de omgeving van de sloten merkbaar zal zijn. Immers de enige belangrijke wijziging die optreedt in het totale drainagesysteem is de extra drainerende werking van een diepere en/of bredere afvoersloot.

2.1 SLOOT-HUIS-DIJK-HUIS-SLOOT SITUATIE

Een veel voorkomende situatie op Voorne-Putten is de dijkbebouwing: op de dijk een weg met aan weerszijden onderaan het talud bebouwing in de vorm van (vaak kleine) vrijstaande huizen. Achter de bebouwing loopt een poldersloot die ook afvoersloot is. (Fig. 1)



Figuur 1. Schets van een sloot-huis-dijk-huis-sloot situatie met opgaande begroeiing rondom de huizen.

De afstand tussen bebouwing en sloten kan in dijksituaties zeer klein zijn (enkele meters), zodat de invloed van de peilverlaging aanzienlijk kan door werken op de grondwaterstand onder huizen.

Omdat dijken vaak de geografische grenzen van een peilgebied zijn, kan het voorkomen dat aan de ene kant van de dijk een ander peil wordt ingesteld dan aan de andere kant.

Daarom zijn berekeningen uitgevoerd met zowel gelijke verlaging van de peilen als berekeningen waarbij het peil aan de ene kant resp. 0.25, 0.50, 0.75 en 1.00 m. dieper is ingesteld dan dat aan de andere kant.

Tabel 1. Gemiddelde grondwaterstand in m. t.o.v. NAP. onder bebouwing links en rechts van een dijk bij verschillende peilen (Afstand sloot-hart van de woning is 8 m.)

LINKS		RECHTS	
constant peil	grwst	dalend peil	grwst
-1.00	-0.10	-1.00	-0.10
-1.00	-0.18	-1.25	-0.21
-1.00	-0.27	-1.50	-0.33
-1.00	-0.36	-1.75	-0.44
-1.00	-0.45	-2.00	-0.56
-2.00	-0.93	-2.00	-0.93
-2.00	-1.02	-2.25	-1.04
-2.00	-1.10	-2.50	-1.16
-2.00	-1.19	-2.75	-1.27
-2.00	-1.28	-3.00	-1.39

In tabel 1 zijn de grondwaterstanden weergegeven als resultaat van een berekening met aan de linker kant een vast peil van 1 m., resp. 2 m. -NAP en aan de rechterkant een peilverlaging variërend van 0 tot 1. m ten opzichte van het linkerpeil met intervallen van 0.25 m. Uit de tabel blijkt een peildaling van 0.25 m. in de rechtersloot te resulteren in een grondwaterstandsverlaging van 0.11 a 0.12 m. aan de rechterkant en aan de linkerkant in een verlaging van 0.08 a 0.09 m. Door de stroming van de sloot met een hoog niveau naar een sloot met een lager niveau ontstaat een asymmetrisch grondwaterprofiel. Dit principe kan gebruikt worden als compenserende maatregel door de ene sloot hoger te houden dan de ander waardoor te sterke grondwaterstandsdalingen kunnen worden voorkomen (zie hoofdstuk 3.1) Op dezelfde wijze zijn ook berekeningen uitgevoerd met aan de linkerkant de constante peilen 1.25, 1.50, 1.75 -NAP. De complete resultaten zijn opgenomen in Bijlage 1.

2.2 SLOOT-HUIS SITUATIES

Voor een gebouw met een verhard oppervlak van totaal 10 X 10 m (inclusief erf) in een vlak polderland zijn voor 4 situaties grondwaterstanden berekend (fig 2);

1. een situatie waarin een sloot evenwijdig aan de voorgevel loopt, op 20 m. achter de bebouwing ligt een drainage systeem evenwijdig aan de sloot.
2. een situatie met 2 sloten die loodrecht op elkaar staan, de drainage loopt evenwijdig met een van de sloten.
3. een situatie met 3 sloten die samen een U vormen, de drainage ligt in dit geval evenwijdig met de sloot die wordt ingesloten door de 2 andere sloten.
4. deze bestaat uit een bebouwing ingesloten door vier sloten, in dit geval is er geen drainage.

Voor deze vier situaties zijn berekeningen uitgevoerd met 3 verschillende afstanden huis-sloot, nl. 10, 25 en 75 m.

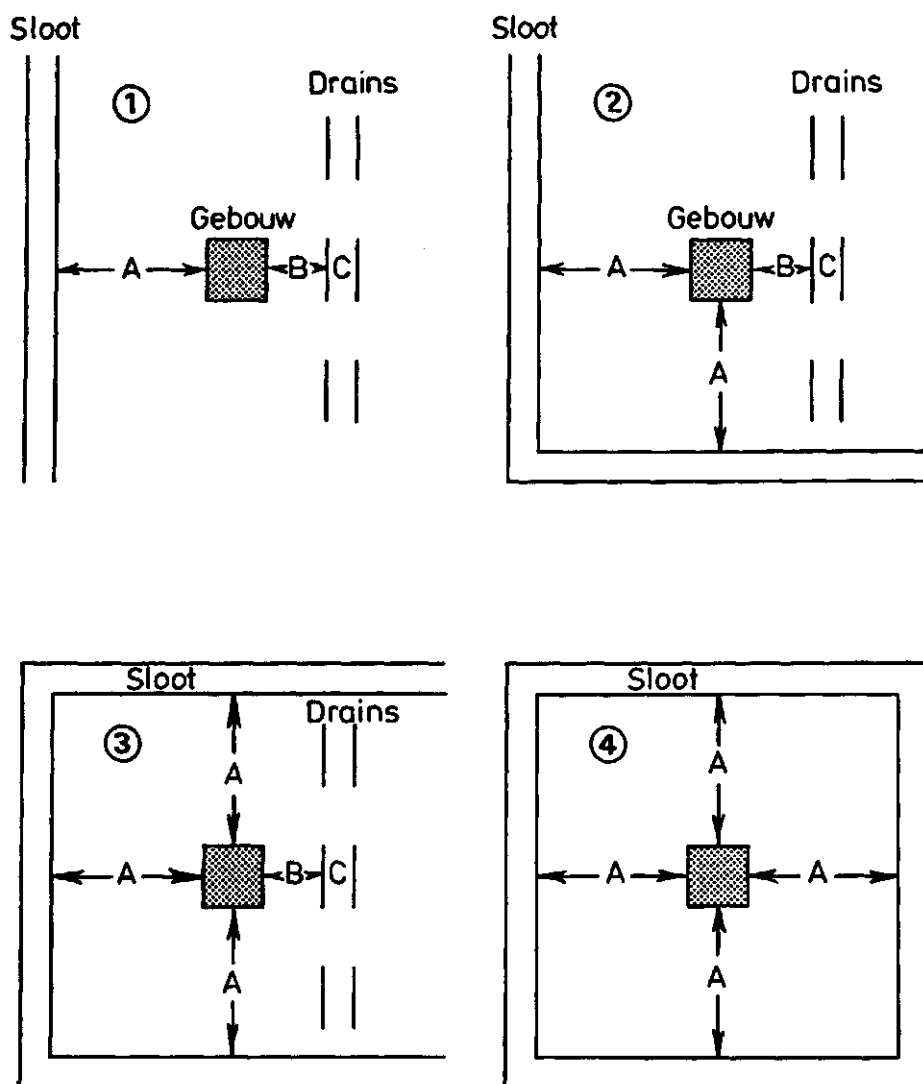
Op 20 m. vanaf de bebouwing begint het gedraineerde land behalve in situatie 4.

Op basis van ervaring en inventarisaties in het gebied zijn voor de drainage de volgende aannamen gedaan:

- de drainafstand is 10 m.
- de drainage ligt 0.20 m. boven het polderpeil
- de drainageweerstand is zodanig dat de opbolling tussen de drains 0.20 m. bedraagt

Uit vergelijking van de oude peilen en de nieuw in te stellen peilen volgens het peilbesluit blijkt dat de peilen waar verandering in optreedt zich tussen de 1.00 en 2.50 m. -NAP bevinden terwijl de peildalingen in de meeste gevallen niet groter zijn dan 0.50 m.

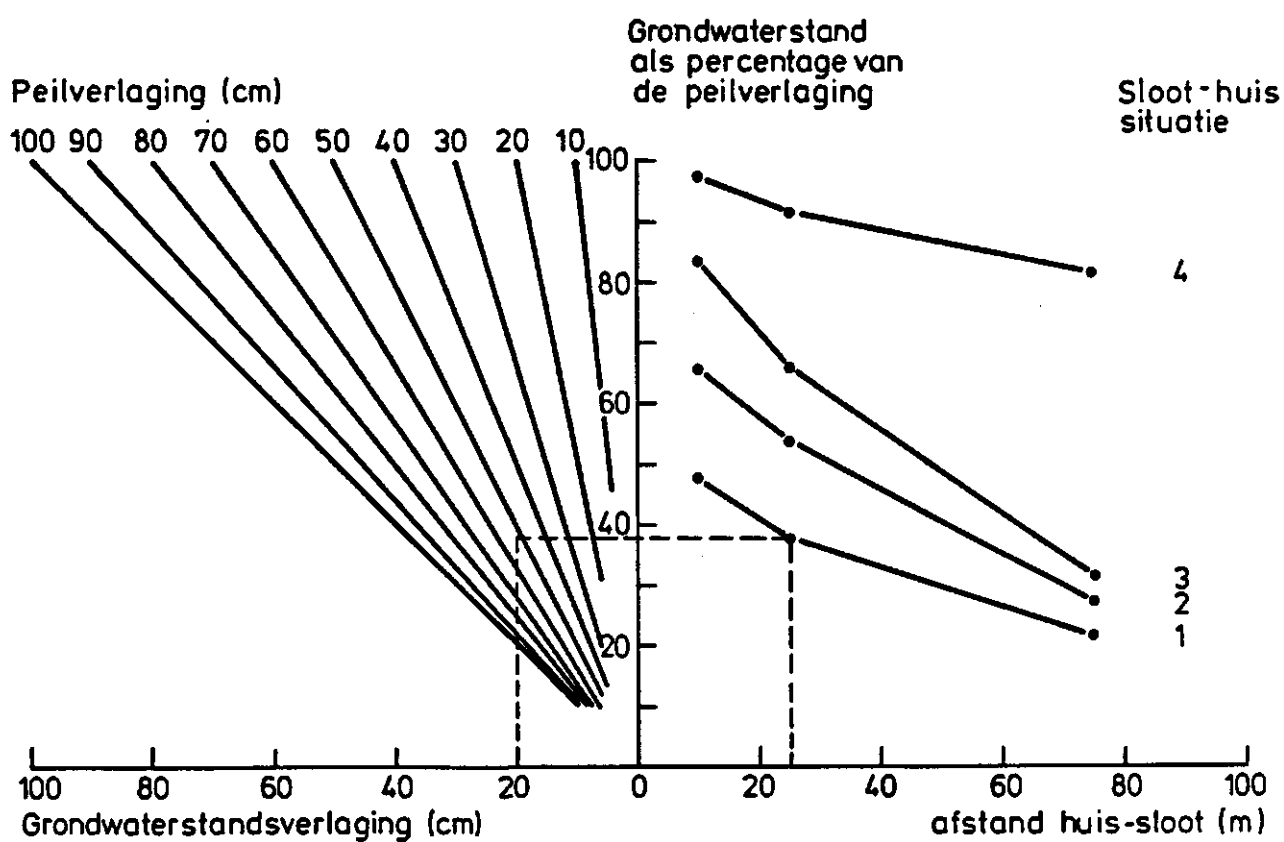
Daarom zijn deze situaties doorgerekend voor 7 polderpeilen afnemend (met tussenstappen van 0.25 m.) van 1.00 m. -NAP tot 2.50 m. -NAP . Bij elk van deze peilen zijn weer grondwaterstandsdalingen berekend behorend bij 2 peilverlagingen van 0.25 en 0.50 m.



Figuur 2. Overzicht van de 4 huis-sloot situaties bij bebouwd oppervlak van 10 X 10 m.
De afstand A is variabel: 10, 25 en 75 m.
De afstanden B en C zijn vast: 20 resp. 10 m.

De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in de bijlagen 2 t/m 4.

Uit deze berekeningen blijkt dat de gemiddelde grondwaterstand onder de bebouwing uitgedrukt als percentage van de peilverlaging voor alle 7 peilen gelijk blijft. Op basis van deze gegevens is figuur 3 samengesteld. In deze figuur is aan de rechterzijde voor alle 4 situaties het verband gegeven tussen de grondwaterstand (uitgedrukt als percentage van de peilverlaging) en de afstand tussen bebouwing en sloot. Aan de linkerzijde is een nomogram opgenomen om het resultaat van een peilverlaging te berekenen.



Figuur 3. Effect van de peilverlaging op de grondwaterstand bij verschillende ontwateringssituaties

Met deze figuur kan op de volgend manier worden gewerkt;

a. Van rechts naar links:

Neem een afstand huis-sloot, van b.v. 30 m. op de x-as. Ga nu loodrecht omhoog en bepaal het snijpunt met de lijn van een van de vier situaties, b.v. situatie 1. Op de y-as is nu de daling van de grondwaterstand af te lezen als een percentage van de peilverlaging, in dit voorbeeld dus 38 %. De omrekening kan via het linkergedeelte grafisch worden bepaald. Stel dat de peilverlaging 0.50 m. is, dan is de grondwaterstandsverlaging 0.19 m.

b. Van links naar rechts:

Op deze wijze kan men inzicht krijgen, hoe bij een gegeven (toegestane) grondwaterstandsverlaging en een gegeven peilverlaging de afstand huis-sloot in een bepaalde situatie is. Stel dat de grondwaterstandsverlaging niet meer dan 0.3 m. mag bedragen bij een peilverlaging van b.v. 0.5 m., dan geeft dit op de y-as een percentage van 60 aan. Door nu horizontaal naar rechts te gaan kan men zien welke lijn wordt aangesneden. In het voorbeeld is dat 17 m. in situatie 2 en 33 m. in situatie 3. Dit betekent dat voor deze twee situaties op kortere afstanden dan hier afgelezen de grondwaterstandsverlaging meer dan .3 m. zal bedragen, met andere woorden: dit zijn de kortste afstanden bij een toegestane grondwaterstandsverlaging van 0.3 m. in de twee gegeven situaties.

NB: Hoewel op deze manier een goed inzicht wordt verkregen hoe het verband is tussen de afstand huis-sloot en de grondwaterstandsverlaging, geeft het geen rechtstreeks antwoord op de vraag hoeveel meter een sloot verlegd zou moeten worden bij een gegeven (dat is maximaal toelaatbare) grondwaterstandsverlaging. Omdat te bepalen is uitgegaan van tabellen in de bijlagen. Een voorbeeld van grafische weergave van deze tabellen is weergegeven in de figuren 4 en 5.

3 COMPENSERENDE MAATREGELEN

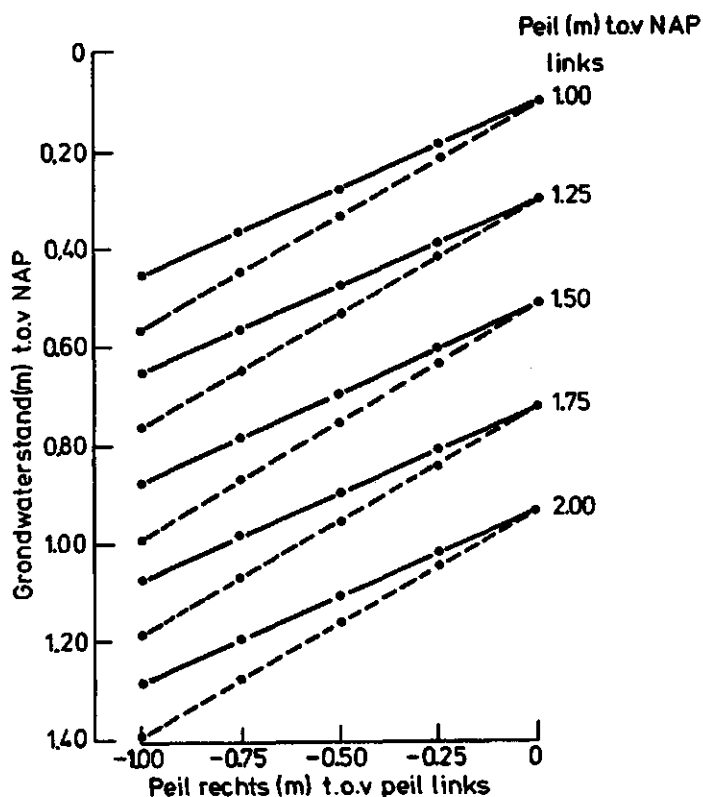
Onder compenserende maatregelen wordt verstaan die maatregelen die getroffen kunnen worden om het effect van de peilverlaging rond gebouwen te verminderen of ongedaan te maken. Maatregelen die genomen kunnen worden zijn:

- verleggen sloten zodat ze verder van de bebouwing af komen te liggen;
- het beduikeren van sloten of het dempen;
- het op het oude peil afdammen van sloten of het kunstmatig op hoog peil houden van sloten of slootgedeelten;
- infiltratie van regenwater rond gebouwen en/of
- het verwijderen van sterk verdampende begroeiing rond gebouwen.;

Kostenafweging zal duidelijk moeten maken welke van de maatregelen het best te realiseren zijn.

3.1 MAATREGELEN BIJ DIJKBEBOUWING

Door de aanwezigheid van twee sloten op vaak zeer korte afstand van de bebouwing is het treffen van compenserend maatregelen in deze situatie gecompliceerd. Een mogelijkheid is het instellen van hoogwatersloten. Het effect hiervan kan worden afgeleid uit figuur 4. Deze figuur is een grafische weergave van bijlage 1.



Figuur 4. De invloed van een peilverlaging op de grondwaterstand onder de bebouwing bij dijken. Links van de dijk is een vast peil aangehouden en rechts is het peil met intervallen van 0.25 m. verlaagd.

Omdat de sloten vaak afvoersloten zijn is instellen van hoogwatersloten niet altijd mogelijk. Een andere oplossing is het beduikeren of het op een hoger peil afdammen van een sloot over een zekere lengte. Omdat dit in principe het verwijderen van een ontwateringsmiddel is kan met behulp van figuur 4 worden berekend over welke afstand beduikering moet plaatsvinden. Hetzelfde geldt voor het omleiden van sloten.

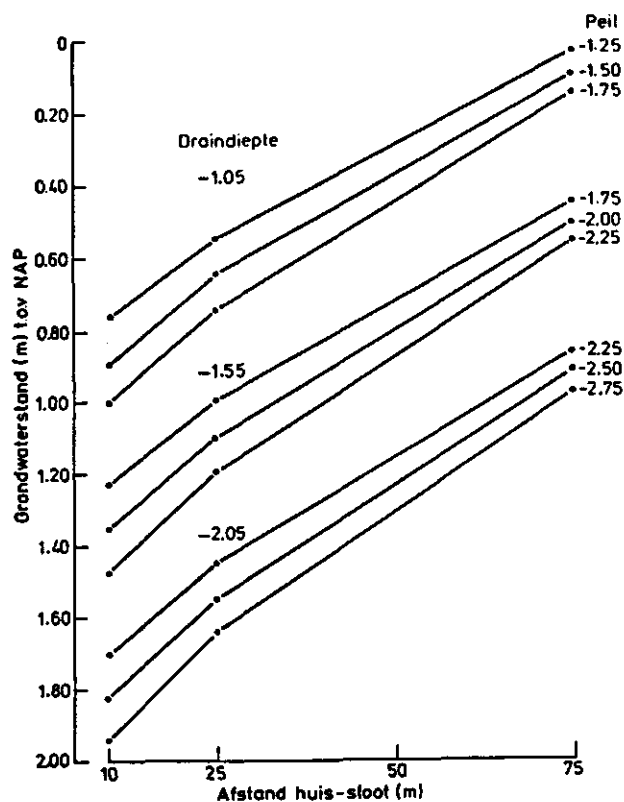
Door de geringe oppervlakte van de bebouwing blijkt uit de berekeningen dat infiltratie van regenwater nauwelijks effect zal hebben op de grondwaterstand onder de bebouwing. Ook het verwijderen van opgaande begroeiing heeft slechts een zeer gering effect. Bij dijkbebouwingen hoeven deze compenserende maatregelen niet te worden overwogen.

3.2 MAATREGELEN IN HUIS-SLOOT SITUATIES

De tabellen met berekende grondwaterstanden (bijlagen 2 t/m 4) kunnen ook grafisch worden weergegeven. Een voorbeeld hiervan is figuur 5.

In deze figuur is voor een aantal draindieptes de invloed van de afstand van de bebouwing tot de sloot op de grondwaterstand bij verschillende peilen weergegeven. Met zulke figuren is het mogelijk om de invloed van de peilverlagingen te bepalen op niet berekende afstanden weer te geven. De gevolgen op afstanden kleiner dan 10 m. kunnen door extrapolatie worden vastgesteld.

Zoals uit figuur 5 blijkt kan door het verleggen van sloten naar een grotere afstand van de bebouwing het effect van de peilverlaging worden verminderd. Ook kan overwogen worden of het mogelijk is om andere maatregelen te treffen. Steeds zal echter een afweging gemaakt moeten worden welke maatregelen het grootste effect geven tegen de laagste kosten.



Figuur 5. Verband tussen de grondwaterstand onder bebouwing en de afstand tussen de bebouwing en de sloot voor situatie 1 bij verschillende peilen

In situaties waar het gaat om bebouwing met een omliggend verhard oppervlak zal het effect van infiltratie groter zijn dan bij dijk-bebouwing. Voor deze situaties is het effect berekend van infiltratie van regenwater rond de gebouwen en van het verwijderen van opgaande begroeiing rond het erf. De resultaten voor een bebouwing met een verhard oppervlak van 10 bij 10 m. zijn weergegeven in tabel 2. Aangenomen is dat zodanige maatregelen getroffen zijn dat al het regenwater infiltreert en dat niets via riolering of oppervlakkige afvoer afstroomt.

Tabel 2. Stijging van de gemiddelde grondwaterstand in meters onder een verhard oppervlak van 10 X 10 m. tengevolge van verschillende compenserende maatregelen.

- A - bomen rondom bebouwing verwijderd
- B - als A + infiltratie regenwater
- C - alleen infiltratie regenwater

situatie	afstand huis-sloot	A	B	C
1	10	.02	.04	.02
	25	.02	.04	.02
	75	.03	.04	.02
2	10	.03	.04	.02
	25	.02	.04	.02
	75	.03	.05	.02
3	10	.01	.03	.01
	25	.02	.04	.02
	75	.01	.03	.01
4	10	.02	.04	.02
	25	.02	.04	.02

Uit de tabel blijkt dat voor verharde oppervlakken van 10 X 10 m. de invloed van deze maatregelen zeer gering is: de grondwaterstand stijgt slechts in de orde van enkele cm's. Omdat op Voorne-Putten ook boerderijen voorkomen met grote verharde oppervlakken rondom de boerderij zijn ook berekeningen uitgevoerd met een verhard oppervlak van 40 bij 40 m.

De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 3. Aangezien het technisch moeilijk te realiseren zal zijn om al het regenwater van zo'n grote oppervlakte te laten infiltreren is ook een variant opgenomen waarin de helft van het regenwater infiltreert. In zo'n geval kan gedacht worden aan een erf, ter grootte van het halve verharde oppervlak, dat water doorlatend is, er is wel infiltratie maar geen verdamping uit dat oppervlak. Dit kan ook weer gedaan worden in combinatie met het verwijderen van de opgaande begroeiing.

Tabel 3. Stijging van de gemiddelde grondwaterstand onder een verhard oppervlak van 40 X 40 m. tengevolge van verschillende compenserende maatregelen.

- A - bomen rondom bebouwing verwijderd;
- B - als A + infiltratie regenwater;
- C - alleen infiltratie regenwater;
- D - infiltratie regenwater door de helft van het verhard oppervlak;
- E - als D + bomen rond bebouwing verwijderd.

situatie		afstand	A	B	C	D	E
		huis-sloot					
1	10		0.04	0.18	0.14	0.07	0.11
	25		0.04	0.18	0.14	0.07	0.11
	75		0.04	0.20	0.15	0.08	0.13
2	10		0.03	0.14	0.11	0.06	0.09
	25		0.04	0.16	0.13	0.08	0.10
	75		0.04	0.17	0.14	0.07	0.11
3	10		0.03	0.14	0.11	0.06	0.09
	25		0.04	0.16	0.14	0.06	0.09
	75		0.05	0.20	0.16	0.08	0.12
4	10		0.03	0.15	0.11	0.06	0.09
	25		0.04	0.17	0.13	0.07	0.10

Uit de tabel blijkt dat onder zulke grote verharde oppervlakken wel een aanzienlijke grondwaterstandstijging bereikt kan worden. Afhankelijk van het type maatregel kan een stijging tot 20 cm. worden verkregen.

4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Op verzoek van de Landinrichtingsdienst Zuid-Holland is met het model HYDRUR berekend hoe groot het effect is van voorgestelde peilverlagingen op de grondwaterstand onder de bebouwing in de ruilverkaveling Voorne-Putten. Voor 5 verschillende ontwateringssituaties zijn berekeningen uitgevoerd. Door het geringe aantal sloten en gelet op de huidige goede detailontwatering door middel van drainage zullen diepere slootpeilen alleen in de omgeving van de sloten invloed hebben.

Uit de berekeningen blijkt dat door het dempen, omleiden of beduikeren van sloten het effect van de peilverlaging kan worden gecompenseerd. Voor grote bebouwde oppervlakken (b.v. 40 bij 40 m.) kan infiltratie van regenwater al dan niet gecombineerd met het verwijderen van sterk verdampende begroeiing tot een stijging van max. 0.20 m. van het grondwater onder die bebouwing leiden.

Voor kleine bebouwde oppervlakken (omstreeks 10 bij 10 m.) heeft infiltratie van regenwater weinig effect.

In dijksituaties kan, door de aanwezigheid van twee parallel sloten resultaat bereikt worden door één van de twee of beide sloten op een hoog peil te houden.

Invoerparameters voor deze studie zijn afkomstig van inventarisaties uit het veld. Wanneer gegevens ontbraken is gebruik gemaakt van schattingen op basis van ervaringen uit de praktijk.

De gegevens zijn steeds zodanig gehanteerd dat het effect van de peilverlaging op de grondwaterstand eerder groter dan kleiner is berekend.

5. *LITERATUUR*

Een methode voor het ramen van schade aan bebouwing door polderpeilverlaging en grondwateronttrekking. Wageningen/Arnhem 1984. Rapport ICW/ABT, 50 p.
Vogel, A. N. G., Toetsing van het model HYDRUR. Haarlem 1984. Interne mededeling Provinciale Waterstaat Noord Holland, 11 p.
Wind, G. P. en J. Buitendijk, Berekening van grondwaterstanden in bebouwde gebieden. Wageningen 1984. Nota I.C.W. nr 1537, 26 p.

Bijlage 1. Gem. grondwaterstand onder huizen links en rechts van een dijk bij verschillende peilen. (Afstand sloot-huis is 8 m. hoh)
Het peil links is gefixeerd, het peil rechts wordt verlaagd met stappen van 0.25 m.

LINKS		RECHTS	
peil	grwst	peil	grwst
-1.00	-0.10	-1.00	-0.10
-1.00	-0.18	-1.25	-0.21
-1.00	-0.27	-1.50	-0.33
-1.00	-0.36	-1.75	-0.44
-1.00	-0.45	-2.00	-0.56
-1.25	-0.30	-1.25	-0.30
-1.25	-0.39	-1.50	-0.41
-1.25	-0.47	-1.75	-0.53
-1.25	-0.56	-2.00	-0.65
-1.25	-0.65	-2.25	-0.76
-1.50	-0.51	-1.50	-0.51
-1.50	-0.60	-1.75	-0.63
-1.50	-0.69	-2.00	-0.75
-1.50	-0.78	-2.25	-0.86
-1.50	-0.87	-2.50	-0.98
-1.75	-0.72	-1.75	-0.72
-1.75	-0.81	-2.00	-0.84
-1.75	-0.95	-2.25	-0.95
-1.75	-0.98	-2.50	-1.07
-1.75	-1.07	-2.75	-1.18
-2.00	-0.93	-2.00	-0.93
-2.00	-1.02	-2.25	-1.04
-2.00	-1.10	-2.50	-1.16
-2.00	-1.19	-2.75	-1.27
-2.00	-1.28	-3.00	-1.39

Bijlage 2. Berekende grondwaterstanden bij verschillende peilen
 variërend van 1.00 tot 2.50 m. -NAP voor situatie 1. (zie fig. 1)
 Per peil zijn peilverlagingen van 0.25 resp. 0.50 m. ingevoerd.

Peil	Afstand huis-sloot			Draindiepte
	10	25	75	
-1.00	-0.53	-0.31	0.19	
-1.25	-0.65	-0.41	0.13	-0.80
-1.50	-0.77	-0.50	0.08	
-1.25	-0.76	-0.54	-0.03	
-1.50	-0.89	-0.64	-0.09	-1.05
-1.75	-1.00	-0.74	-0.14	
-1.50	-1.00	-0.76	-0.24	
-1.75	-1.12	-0.86	-0.28	-1.30
-2.00	-1.24	-0.96	-0.34	
-1.75	-1.23	-0.99	-0.44	
-2.00	-1.35	-1.09	-0.50	-1.55
-2.25	-1.47	-1.19	-0.55	
-2.00	-1.46	-1.22	-0.65	
-2.25	-1.61	-1.31	-0.71	-1.80
-2.50	-1.71	-1.40	-0.76	
-2.25	-1.70	-1.44	-0.86	
-2.50	-1.82	-1.54	-0.91	-2.05
-2.75	-1.94	-1.63	-0.97	
-2.50	-1.93	-1.67	-1.07	
-2.75	-2.05	-1.77	-1.12	-2.30
-3.00	-2.17	-1.86	-1.18	

Bijlage 3. Berekende grondwaterstanden bij verschillende peilen
 variërend van 1.00 tot 2.50 m. -NAP voor situatie 2. (zie fig. 2)
 Per peil zijn peilverlagingen van 0.25 resp. 0.50 m. ingevoerd.

Peil	Afstand huis-sloot			Draaindiepte
	10	25	75	
-1.00	-0.68	-0.46	0.10	
-1.25	-0.84	-0.59	0.03	-0.80
-1.50	-1.00	-0.73	-0.05	
-1.25	-0.92	-0.69	-0.12	
-1.50	-1.08	-0.82	-0.19	-1.05
-1.75	-1.25	-0.96	-0.26	
-1.50	-1.15	-0.92	-0.33	
-1.75	-1.32	-1.05	-0.39	-1.30
-2.00	-1.48	-1.19	-0.46	
-1.75	-1.39	-1.15	-0.54	
-2.00	-1.55	-1.28	-0.61	-1.55
-2.25	-1.72	-1.42	-0.68	
-2.00	-1.63	-1.38	-0.75	
-2.25	-1.79	-1.51	-0.82	-1.80
-2.50	-1.96	-1.64	-0.89	
-2.25	-1.86	-1.61	-0.96	
-2.50	-2.03	-1.74	-1.03	-2.05
-2.75	-2.19	-1.87	-1.10	
-2.50	-2.10	-1.84	-1.17	
-2.75	-2.27	-1.97	-1.24	-2.30
-3.00	-2.43	-2.10	-1.31	

Bijlage 4. Berekende grondwaterstanden bij verschillende peilen
 variërend van 1.00 tot 2.50 m. -NAP voor situatie 3. (zie fig. 2)
 Per peil zijn peilverlagingen van 0.25 resp. 0.50 m. ingevoerd.

Peil	Afstand huis-sloot			Draindiepte
	10	25	75	
-1.00	-0.83	-0.61	0.02	
-1.25	-1.05	-0.76	-0.07	-0.80
-1.50	-1.25	-0.93	-0.16	
-1.25	-1.08	-0.82	-0.21	
-1.50	-1.29	-1.00	-0.29	-1.05
-1.75	-1.50	-1.16	-0.37	
-1.50	-1.32	-1.07	-0.42	
-1.75	-1.53	-1.23	-0.50	-1.30
-2.00	-1.75	-1.39	-0.58	
-1.75	-1.56	-1.29	-0.63	
-2.00	-1.77	-1.46	-0.71	-1.55
-2.25	-1.99	-1.63	-0.79	
-2.00	-1.80	-1.54	-0.85	
-2.25	-2.01	-1.70	-0.93	-1.80
-2.50	-2.23	-1.87	-1.00	
-2.25	-2.04	-1.77	-1.06	
-2.50	-2.26	-1.93	-1.13	-2.05
-2.75	-2.47	-2.10	-1.22	
-2.50	-2.29	-2.00	-1.27	
-2.75	-2.50	-2.17	-1.35	-2.30
-3.00	-2.71	-2.34	-1.44	

Bijlage 5. Berekende grondwaterstanden bij verschillende peilen
varierend van 1.00 tot 2.50 m. -NAP voor situatie 4.
In deze situatie is geen drainage opgenomen. (zie fig. 2)

Peil	Afstand huis-sloot		
	10	25	75
-1.00	-0.89	-0.65	0.47
-1.25	-1.14	-0.88	0.25
-1.50	-1.38	-1.11	0.07
-1.75	-1.62	-1.34	-0.12
-2.00	-1.87	-1.58	-0.33
-2.25	-2.11	-1.81	-0.51
-2.50	-2.35	-2.04	-0.69
-2.75	-2.59	-2.28	-0.88
-3.00	-2.84	-2.51	-1.07