

P.J.T. van Bakel

NOTA 1485

januari 1984

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
Wageningen

ANALYSE VAN HET STUWPEILBEHEER IN 1983
ZOALS UITGEVOERD DOOR HET WATERSCHAP

DE VEENMARKEN

P.J.T. van Bakel

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.

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
2. DE HYDROLOGISCHE SITUATIE IN 1983	2
3. KORTE OMSCHRIJVING VAN HET PROGRAMMA PEILBEHEER	4
4. INVOERGEGEVENS VOOR DE REFERENTIESITUATIE	8
5. VERIFICATIE VAN DE GEBRUIKTE METHODE	14
6. RESULTATEN	16
7. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	25
LITERATUUR	26

1. INLEIDING

In deze nota zal het waterbeheer in het jaar 1983 van het waterschap De Veenmarken worden behandeld.

Het waterschap De Veenmarken is een bijna geheel veenkoloniaal waterschap, gelegen in de oost-drentse veenkoloniën. In de zestiger en begin zeventiger jaren is de ontsluiting van het gebied dras-risch gewijzigd. Vele kanalen zijn gedempt en wegen zijn aangelegd; het afwateringssysteem is daarbij aangepast. Sinds 1975 is er aan gewerkt het afwateringssysteem te verfijnen en om te bouwen tot een gedetailleerd waterbeheersingssysteem. Het gebied heeft een redelijk uniforme opbouw wat betreft bodemsoorten, bouwplan, gewassenkeuze en detailontwatering. Het wijkenpatroon (ca. 1.000 km) is bijna geheel gehandhaafd. In de laatste jaren zijn er ideeën ontwikkeld de waterbeheersing op een zorgvuldige manier, gerelateerd aan de grondwaterstanden en afgestemd op de diverse belangen, te doen plaatsvinden. Door een systeem van stuwen en inlaten kan het waterpeil - binnen zekere grenzen - variëren. Het waterpeil wordt ingesteld op basis van grondwaterstandswaarnemingen en metingen van de waterafvoer.

Het groeiseizoen 1983 onderscheidt zich in het bijzonder door een zeer natte periode vanaf medio maart tot eind mei, gevolgd door een vrij extreem droge periode van begin juni tot medio september. Het zal duidelijk zijn dat dit bijzondere eisen stelt aan het beheer van het oppervlaktewater. De vraag is of bij het waterbeheer in het groeiseizoen 1983 op de juiste wijze is gereageerd op deze extreme weersituatie. In deze nota zal worden getracht op deze vraag een antwoord te geven, door het werkelijk uitgevoerde peilbeheer in een bepaald peilvak met het model PEILBEHEER na te bootsen en de uitkomsten hiervan te vergelijken met de resultaten van een berekening met hetzelfde model, maar nu met een door het model zelf opgelegd 'optimaal' beheer.

Met het model zijn bovendien een aantal manieren van peilbeheer nagebootst, om op deze manier de effecten van waterconservering en wateraanvoer afzonderlijk te kunnen bepalen. Daartoe zijn de volgende situaties doorgerekend:

- a. een systeem met een vaste stuw en zonder inlaat; dus zonder enige vorm van waterbeheer;
- b. een systeem met alleen een stuw voor conservering van water;
- c. een systeem met stuw en inlaat en een wateraanvoercapaciteit van resp. 1,5 en 2,5 mm.d⁻¹.

In de nota is uiteengezet dat het in het desbetreffende peilvak uitgevoerde waterbeheer voor 80 à 90% het 'model'beheer benadert; verder is een uitspraak gedaan over de in 1983 behaalde voordelen, die met het gebouwde waterbeheersingssysteem en met de wijze waarop dit wordt gebruikt, kunnen worden behaald.

2. DE HYDROLOGISCHE SITUATIE IN 1983

Het jaar 1983 is vooral extreem door zijn neerslagverdeling. Dit kan het beste worden toegelicht aan de hand van de vergelijking van de maandtotalen van de neerslag, gemeten te Emmercompascuum met de normale hoeveelheden van het KNMI-station Dedemsvaart. In tabel 1 zijn deze cijfers weergegeven. In de laatste kolom van deze tabel is tevens aangegeven hoe groot de kans is dat de gemeten waarden worden overschreden. Percentages lager dan 5% of hoger dan 95% duiden op extreme waarden. Uit de percentages blijkt duidelijk dat met name de maand mei extreem nat is geweest (kans op voorkomen van 1 maal in de ca. 60 jaren), terwijl vooral de maanden juli en augustus extreem droog zijn geweest.

Tabel 1. Vergelijking van de maandelijkse neerslaghoeveelheden in 1983 gemeten te Emmercompascuum, met normale waarden van het KNMI-station Dedemsvaart

Maand	Neerslag E'cuum (mm/maand)	Normale waarde Dedemsvaart (mm)	Overschrijdings- kans (%)
januari	83	60	25
februari	46	49	50
maart	78	47	5
april	53	55	55
mei	120	54	1,5
juni	48	66	68
juli	14	86	99
augustus	28	88	94
september	52	69	66

Het totaal van de maanden juni, juli en augustus van 90,0 mm is eveneens extreem en heeft een kans van voorkomen van eens in de ca. 60 jaren.

Bij een goed peilbeheer kan op deze extreme situatie worden ingespeeld door bijvoorbeeld het open waterpeil gedurende natte perioden extra te verlagen, waardoor wordt afgeweken van het normale schema dat globaal neerkomt op lage peilen in de winter en hoge peilen gedurende het groeiseizoen. Een probleem hierbij is dat pas achteraf kan worden gezegd of de reactie min of meer juist is geweest. Het weer is immers maar voor een korte periode te voorspellen en het enige houvast voor de langere termijn is de gemiddelde verwachting op grond van historische reeksen.

De mogelijkheid van een evaluatie achteraf, zoals hierboven bedoeld is echter alleen kwantitatief te onderbouwen mits men beschikt over de mogelijkheid om het gevoerde peilbeheer na te rekenen op zijn effecten op de gewasgroei en te vergelijken met eventueel andere manieren van peilbeheer. Deze mogelijkheid tot analyse van het gevoerde peilbeheer wordt geboden door het computerprogramma PEILBEHEER, dat is ontwikkeld in het kader van de ICW-studie naar de effecten van peilbeheer in het deelgebied 'De Monden'. Alvorens echter over te gaan tot

de resultaten van deze analyse, volgt eerst een korte omschrijving van dit computerprogramma.

3. KORTE OMSCHRIJVING VAN HET PROGRAMMA PEILBEHEER

In fig. 1 (ontleend aan fig. 12 uit rapport 'Wateraanvoer naar het Herinrichtingsgebied') is schematisch de hydrologische situatie weergegeven waarop de berekening betrekking heeft. Hierin zijn de volgende onderdelen van het hydrologische systeem te onderscheiden:

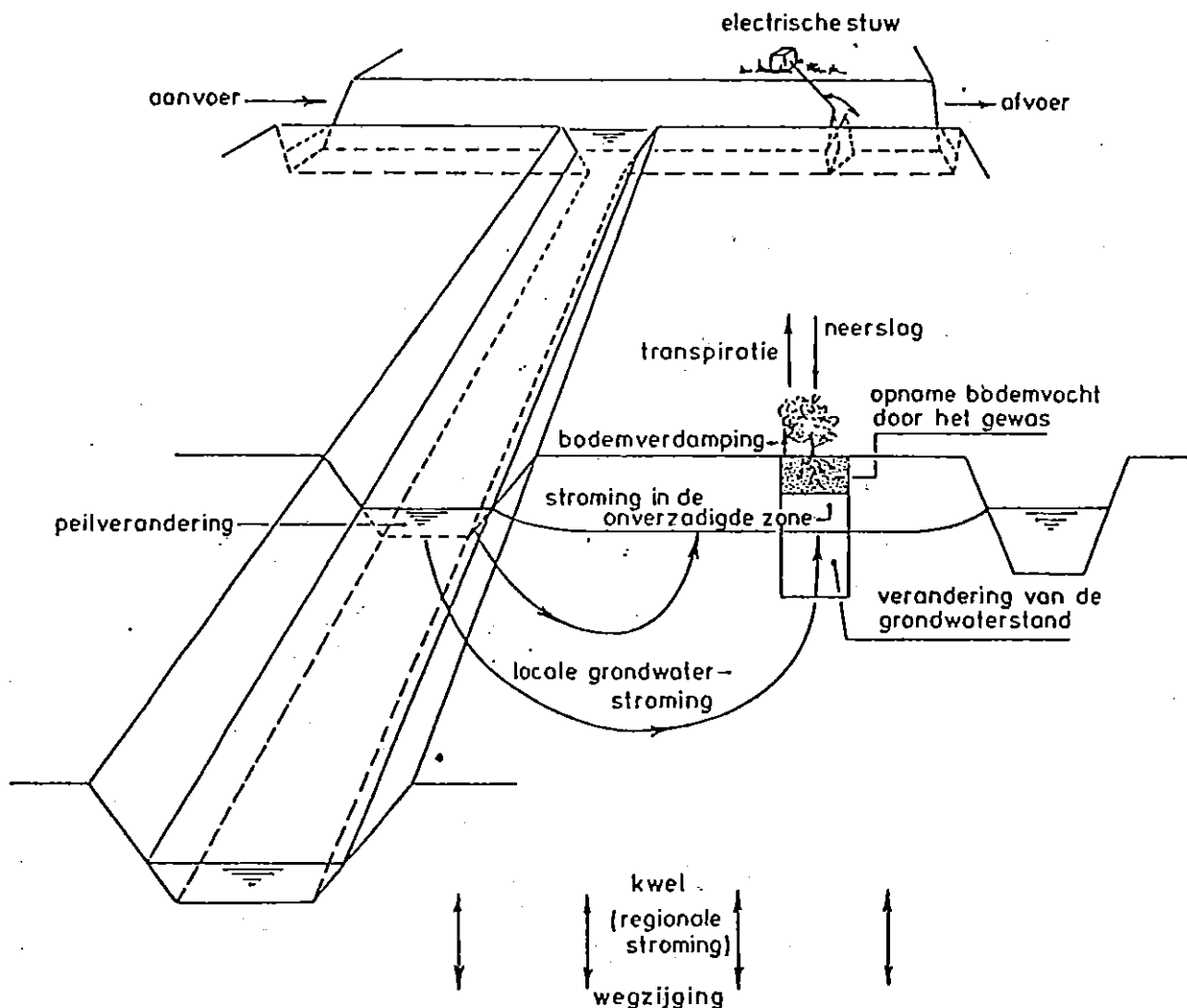


Fig. 1. Weergave van de schematische situatie waarop de berekeningen betrekking hebben. In de figuur vindt infiltratie plaats; bij drainage is de grondwaterstand uiteraard hoger dan het peil in het oppervlaktewater

a. Wateraanvoer

In het programma wordt deze grootte berekend afhankelijk van de berekende behoefte. Deze laatste is gelijk aan de som van de hoeveelheid water nodig voor peilverhoging en de infiltratie. De wateraanvoer kan echter nooit groter zijn dan de aanvoercapaciteit van de desbetreffende kunstwerken ($2,5 \text{ mm.d}^{-1}$) of de aanvoercapaciteit van het primaire systeem. Deze laatste waarde is een invoergegeven voor het programma. Bovendien kan de periode worden opgegeven waarbinnen alleen maar wateraanvoer kan plaatsvinden.

b. Automatische stuw

Modelmatig is deze voor te stellen als een niveau (de kruin) dat met een bepaalde (in te voeren) snelheid omhoog of omlaag beweegt, afhankelijk van het gegeven of de berekende waterstand voor de stuw zich beneden respectievelijk boven een ingesteld streefpeil bevindt. Hierbij wordt een zekere (in te voeren) speling getolereerd alvorens ook daadwerkelijk het niveau wordt bijgesteld. De afvoer via de stuw kan via een afvoerformule worden berekend uit het verschil tussen waterstand voor de stuw en de kruinhoogte.

c. Hoofdwaterstelsel

Dit stelsel, in onderhoud bij het waterschap, is gemodelleerd als een reservoir waarin water binnenstroomt via het inlaatwerk en wegstroomt naar het wijkenstelsel of via de automatische stuw. De grootte van het reservoir (dus de bergende eigenschappen) wordt bepaald uit een aangenomen verhouding tussen landoppervlak en oppervlak van het hoofdwaterstelsel. De inhoud van het reservoir is synoniem met de waterstand in een punt halfweg tussen inlaatwerk en stuw. Deze waterstand, gecombineerd met op hetzelfde moment berekende afvoer, bepaalt de opstuwing in de leiding en daarmee de waterstand voor de stuw. Voor de berekening van de opstuwing wordt gebruik gemaakt van de Manning-formule en een (in te voeren) gemiddelde opstuwing bij maatgevende afvoer.

d. Wijkenstelsel

Dit stelsel is eveneens gemodelleerd als een reservoir waarin aan de ene kant water van of naar het hoofdwatersstelsel stroomt en aan de andere kant water naar of van het grondwatersysteem stroomt (infiltratie resp. drainage). De grootte van het reservoir wordt bepaald door (in te voeren) gegevens over het wijkenstelsel zoals bodembreedte, bodemdiepte, talud en onderlinge afstand van de wijken én de waterstand in de wijk. De aan/afvoer van of naar het hoofdwatersstelsel wordt berekend met een formule ontleend aan berekening met het programma DIWA, uitgevoerd ten behoeve van de WERKGROEP OPSCHONEN WIJKEN. Deze formule luidt:

$$\text{Afvoer (mm.d}^{-1}\text{)} = c \times (\text{opstuwing(cm)})^2$$

waarbij (de in te voeren) c afhangt van de onderhoudstoestand van de wijk.

Indien de berekende waterstand in de wijk lager komt dan de bodemdiepte, dan wordt de aan/afvoer naar het hoofdwatersstelsel uitgeschaald en neemt het bergend vermogen met de helft af. De stroming van of naar het grondwatersysteem wordt berekend uit het verschil in waterstand in de wijk en de grondwaterstand én een (in te voeren) drainageweerstand.

e. Verzadigd grondwatersysteem

De toestand waarin dit systeem verkeert wordt weergegeven door de grondwaterstand. Deze grondwaterstand bepaalt de toe- of afstroming naar of van de wijken (uit het stijghoogteverschil), de toe- of afstroming naar de diepe ondergrond (kwel/wegzijging). Voor deze laatste moet een relatie worden opgegeven. De bergende eigenschappen van dit systeem zijn gelijk aan de bergingscoëfficiënt. Deze waarde wordt ontleend aan het model voor de onverzadigde zone. De berekende grondwaterstand (is inhoud van het reservoir) is dus een resultante van toe- of afstroming naar of van de wijken (drainage/infiltratie), de toe- of afstroming van of naar de diepe ondergrond (kwel/wegzijging) en de toe- of afstroming van of naar de onverzadigde zone (percolatie/capillaire opstijging), maar bepaalt op zijn beurt weer de intensiteiten van deze stromingen. Via een iteratieve rekenwijze is dit (schijn)probleem echter op te lossen.

f. Onverzadigde zone

De onverzadigde zone is opgesplitst in 2 delen:

- de wortelzone van waaruit aan de bovenkant water via de wortels of rechtstreeks kan verdampen of via het proces van infiltratie kan binnenstromen. Aan de onderkant treedt stroming van of naar de onverzadigde ondergrond op;
- de onverzadigde ondergrond, waarin aan de bovenkant stroming plaatsvindt vanuit de wortelzone (percolatie) of naar de wortelzone toe (capillaire opstijging) en aan de onderkant water via infiltratie/drainage toe- of afstroomt. Door deze onderkant beneden het niveau van de laagst te berekenen grondwaterstand te situeren, wordt het probleem vermeden van een met de grondwaterstand variërende onderkant. De grondwaterstand kan nu worden berekend als de resultante van toename in vochtinhoud van de overzadigde (en gedeeltelijk verzadigde) ondergrond en een bergingscoëfficiënt. Deze laatste grootte is af te leiden uit de op elk moment bekend zijnde grootte van capillaire opstijging of percolatie en de grondwaterstand. De hierboven beschreven aanpak is door DE LAAT (1982) uitvoerig beschreven.

g. Gewas en atmosfeer

Uit berekening met het model SWATRE(BELMANS et al. 1981) kan voor een (in te voeren) standaardgewas het verloop in de tijd van de potentiële gewasverdamping, de actuele bodemverdamping en de netto neerslag (verschil tussen bruto-neerslag en interceptie) worden bepaald. Deze gegevens dienen als invoer voor het programma PEILBEHEER. Voor de actuele situatie wordt vervolgens verondersteld dat de netto-neerslag en de bodemverdamping niet worden beïnvloed door waterbeheersmaatregelen. Alleen de potentiële gewasverdamping wordt, naar gelang de beschikbaarheid van water in de wortelzone, al of niet gereduceerd. Effecten van waterbeheersmaatregelen kunnen nu in de hoogte van de gewasverdamping worden uitgedrukt. Daarbij wordt impliciet verondersteld dat reductie in gewasverdamping gelijk staat met reductie in opbrengst.

Alle hiervoor beschreven onderdelen van het hydrologische systeem zijn in het programma PEILBEHEER op een interactieve manier met elkaar verbonden. De uitkomsten van een onderdeel dienen weer als randvoorwaarde voor het aangrenzende systeem en omgekeerd. Met behulp van een iteratieve rekenwijze (d.w.z. zich steeds herhalende berekening binnen een tijdstap) is deze interactie rekentechnisch op te lossen. Uiteraard is voor het berekenen van de (bij benadering) juiste oplossing noodzakelijk dat dit iteratieproces convergeert, hetgeen inhoudt dat de onderdelen bij elke volgende iteratieronde steeds minder behoeven te worden bijgesteld om te voldoen aan de (dynamische) evenwichtsvoorwaarde.

Effecten van ingrepen in het hydrologische systeem kunnen nu worden berekend door het effect uit te drukken in veranderingen in de randvoorwaarden van het systeem of door veranderingen aan te brengen in de daartoe geëigende relaties en parameters die het gehele hydrologische proces bepalen, en de aldus gevonden uitkomsten te vergelijken met een referentiesituatie. In de volgende paragraaf zullen de gebruikte invoergegevens voor deze referentiesituatie worden behandeld.

4. INVOERGEGEVENS VOOR DE REFERENTIESITUATIE(S)

De benodigde invoer is op te splitsen in tijdonafhankelijke gegevens, tijdafhankelijke gegevens en gegevens voor het beheer van het oppervlaktewaterstelsel.

a. Tijdonafhankelijke invoergegevens

Als zijnde representatief voor een veenkoloniale grond en een veenkoloniaal bedrijfsplan is als bodentype genomen een moerige grond met een veenkoloniaal dek (in de kartering 1 : 50 000 aangeduid als iWp) met daarop groeiend een fabrieksaardappelgewas, dat 10 dagen later dan normaal opkomt (20 mei i.p.v. 10 mei) en op 1 oktober volledig is afgestorven. Op deze manier wordt rekening gehouden met het late voorjaar. Door zowel een gemengwoeld als niet-gemengwoeld iWp-profiel door te rekenen wordt de representativiteit nog meer vergroot. De bewortelingsdiepten hiervan zijn 40,0 resp. 20,0 cm.

Voor de hydrologische gegevens worden de volgende waarden genomen: drainageweerstand 200 dagen, onderlinge wijkafstand 170 m, bodemdiepte wijk 1,60 m, bodembreedte wijk 4,00 m, helling talud 1 : 1,5 en geen kwel of wegzijging. Verder verkeert de wijk in een redelijke onderhoudstoestand en zijn de gegevens voor het hoofdwaterstelsel (incl. de automatische stuw) afgeleid uit gemiddelde waarden voor het proefgebied 'De Monden'.

b. Tijdafhankelijke invoergegevens

Voor de weergegevens is gebruik gemaakt van de dagelijks gemeten globale straling, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van het KNMI-hoofdstation Eelde en de dagelijkse bruto neerslag gemeten te Emmercompascuum.

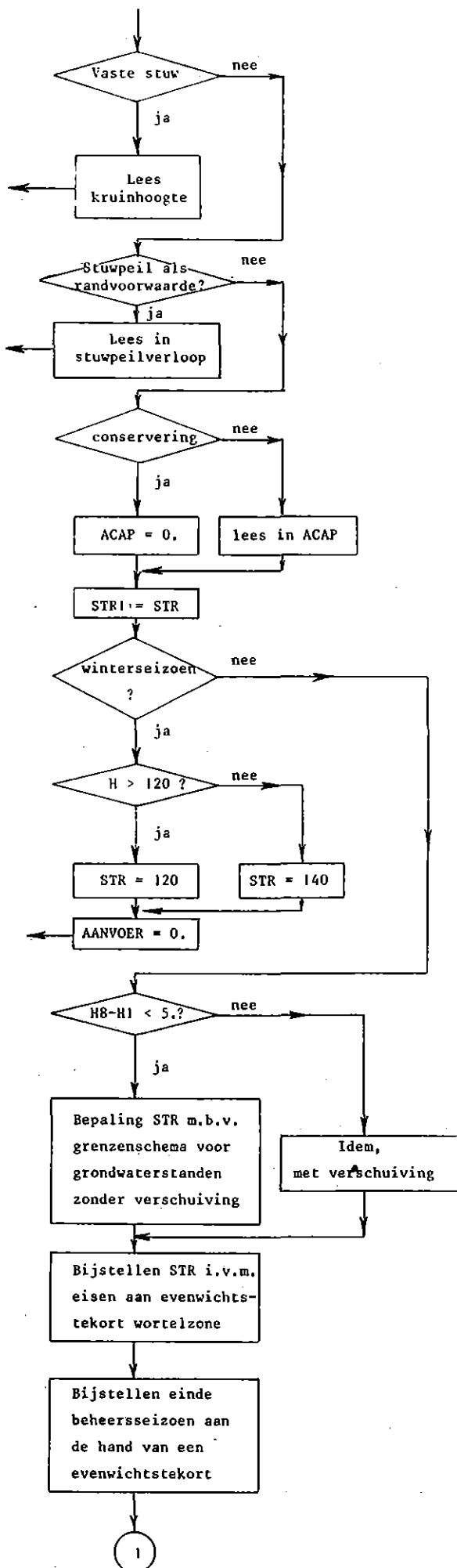
c. Invoergegevens voor het beheer

Het programma PEILBEHEER kent 4 opties, namelijk:

- vaste stuw. Hierbij dient de kruinhoogte in cm-mv te worden ingevoerd;
- peil in het hoofdwaterstelsel als randvoorwaarde. Deze optie wordt gebruikt indien de effecten van een in het veld gemeten stuwpeil moeten worden berekend;
- conservering. Nu treedt de automatische stuw in werking, echter er is geen wateraanvoer mogelijk;
- wateraanvoer. De modeltechnische bediening van de stuw is gelijk aan die bij conservering, echter nu is aanvoer mogelijk. De intensiteit hiervan moet worden opgegeven.

Bij de laatste twee opties moeten beheersvoorschriften worden opgegeven, waarna tijdens het draaien van het programma de stuw modeltechnisch wordt gestuurd. Daartoe is een subroutine ontwikkeld, waarvan het stroomschema staat weergegeven in fig. 2.

Hieruit is op te maken dat het sturen van de stuw, in de periode waarin dit van belang is, afhangt van twee grootheden, namelijk de berekende grondwaterstand en het berekende vochttekort in de wortelzone.



Kruinhoogte in cm -mv

ACAP is in te voeren maximale aanvoer-
 capaciteit in mm d⁻¹

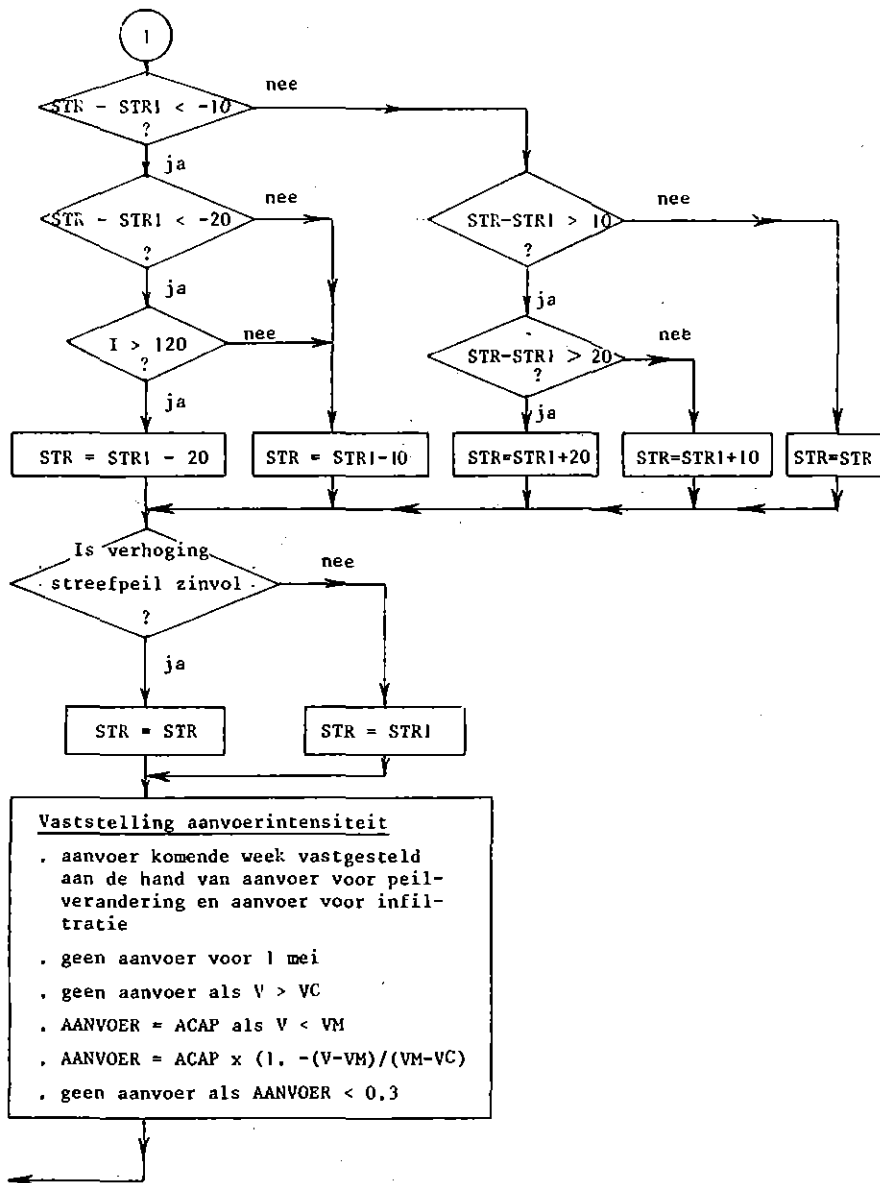
'onthouden' van het oude streefpeil
 STR is door beheerder in te stellen
 streefpeil in cm -mv

H = grondwaterstandsdiepte in cm -mv

H8 is grondwaterstandsdiepte van 8 dagen geleden
 H1 is grondwaterstandsdiepte van 1 dag geleden

voor grensschema's zie tabel 2

voor grensschema; zie tabel 3



Wekelijkse bijstelling van het streefpeil in niet te grote sprongen.
 I = dagnummer (I = 120 is 1 mei)

Indien bijvoorbeeld infiltratie gelijk is aan a_{cap} kan stuwpeil toch niet meer stijgen

Aanvoerintensiteit in $mm.d^{-1}$
 V is vochtvoorraad wortelzone
 VC is waarde voor vochtvoorraad wortelzone waarboven geen aanvoer nodig is
 VM is vochtvoorraad wortelzone waar beneden aanvoer maximaal kan zijn

Fig. 2. Stroomschema van de subroutine BEHEER in het programma PEILBEHEER.

Op de eerste plaats wordt het toestaan van een bepaald peil gekoppeld aan een eis voor de grondwaterstand, vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Eisen waaraan de grondwaterstand moet voldoen om de bijbehorende waarden van het stuwpeil te kunnen instellen

Grondwaterstand		Fase	Stuwpeil (cm-mv)
dalend (cm-mv)	stijgend (cm-mv)		
		0	140
80	85	1	130
85	90	2	120
90	95	3	110
95	100	4	100
100	105	5	90
105	110	6	80
110	110	7	70

Deze tabel vraagt om enige toelichting. In principe kan elk peil tussen hoogste en laagste stand van de stuw worden ingesteld. Om het geheel overzichtelijk te houden zijn de stuwpeilen samengevoegd tot een achttal fasen. Dit is in overeenstemming met het huidige beheer, waarin ook met fases wordt gewerkt. Of een bepaalde fase wordt ingesteld hangt dus af van de grondwaterstand. Zo zal bijv. nooit een stuwpeil van 70 cm -mv worden ingesteld als de grondwaterstand ook 70 cm -mv is. Daarmee zouden onverantwoorde risico's worden genomen in verband met wateroverlast. Naar mate de grondwaterstand dieper is kan echter een hoger peil worden toegestaan. Een diepere grondwaterstand betekent immers meer berging en dus meer tijd om op extreme situaties te reageren. Omdat voor het draaien van het programma precies moet worden gespecificeerd hoe dan wel op de grondwaterstand moet worden gereageerd, dient een tabel zoals hierboven weergegeven, als invoer te worden opgegeven. Een logische volgende stap is om verschil te maken tussen dalende en stijgende grondwaterstand. Gezien de traagheid van het grondwatersysteem is nl. met grote waarschijnlijkheid te voorspellen dat de grondwaterstand in de periode waarvoor het in te stellen peil zal gaan gelden de dalende of stijgende trend zal voortzetten. Hiermee kan het programma rekening houden door bij stijgende grondwaterstand een als het ware voorzichtiger peilbeheer te voeren (door de eisen te verscherpen). Zie 2e kolom van tabel 2.

Op de tweede plaats wordt het toestaan van de fase 4 tot en met 7 gekoppeld aan de eis voor het vochttekort van de wortelzone (gedefinieerd als het verschil tussen berekende vochthoeveelheid en vochthoeveelheid bij een grondwaterstand van 100 cm -mv en geen stroming in de onverzadigde zone). Met behulp van deze eis kan als het ware reeds worden gereageerd op toename van de vochthoeveelheid in de wortelzone tengevolge van neerslag nog voordat de grondwaterstand hierop reageert. In tabel 3 staan de desbetreffende eisen weergegeven.

Tabel 3. Eisen waaraan het evenwichtsvochttekort in de wortelzone moet voldoen om de bijbehorende waarden van het stuwpeil te kunnen instellen

Vochttekort (mm)	Fase	Stuwpeil (cm -mv)
10	4	100
20	5	90
30	6, 7	80, 70

Met name de eisen aan de grondwaterstand zijn ontleend aan de praktijk van het sturen van het stuwpeil, zoals reeds enkele jaren door NIJHOF c.s. wordt uitgevoerd.

Eveneens aan de praktijk is ontleend het om de week aanroepen van de subroutine voor het beheer en de maximaal toegestane verlagen van het streefpeil (i.v.m. stabiliteit van het talud).

Een bezwaar dat vaak wordt aangehaald tegen bovenstaande methode van peilbeheer is, dat in de praktijk deze modelmatige manier van peilbeheer nooit kan worden gerealiseerd. Bedacht moet echter worden dat veel modelvoorschriften zijn ontleend aan de huidige praktijk van het waterbeheer in 'De Veenmarken' en dat het model moet 'afzien' van toch wel essentiële informatie zoals de weersverwachting op kortere en langere termijn (zeker in droge jaren vertoont het weerbeeld vaak grote persistentie).

5. VERIFICATIE VAN DE GEBRUIKTE METHODE

Alvorens over te gaan tot het simuleren van verschillende manieren van peilbeheer, dient eerst te worden nagegaan of de gebruikte methode juist is. Dit kan in het onderhavige geval worden gedaan door vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden bij invoer in het programma van het gemeten stuwpeil. Daartoe is gezocht naar een locatie waarin de (geo-)hydrologische eigenschappen naar verwachting overeen zullen komen met de gemiddelde situatie, zoals die voor het programma zal worden gebruikt. De keuze is gevallen op buis nr. 49 in peilvak 0-38. Voor de locatie, zie fig. 3. In fig. 4 is het aldaar gemeten stuwpeilverloop weergegeven, tezamen met de gemeten en berekende grondwaterstanden behorende bij niet-gemengwoelde grond. Tevens is in de figuur de gemeten neerslag getekend. De enige calibratie die daarbij heeft plaatsgevonden is de vergroting van de drainageweerstand naar 250 d.

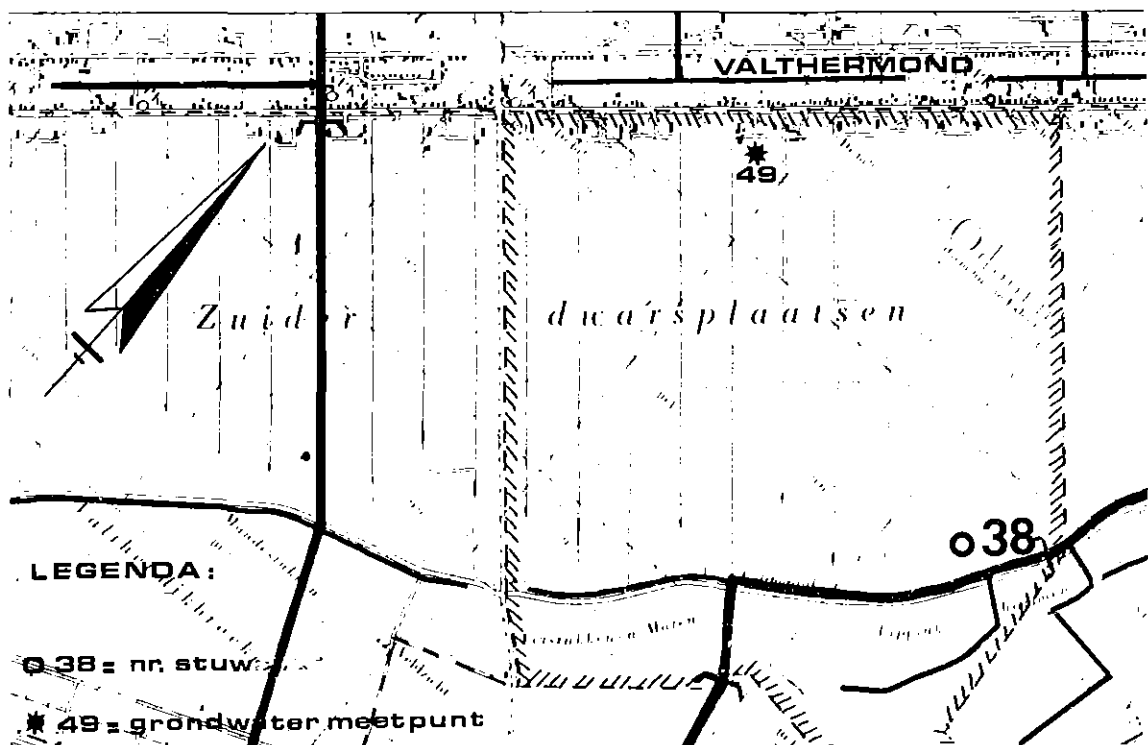


Fig. 3. Locatie van buis 49 in peilvak 0-38.

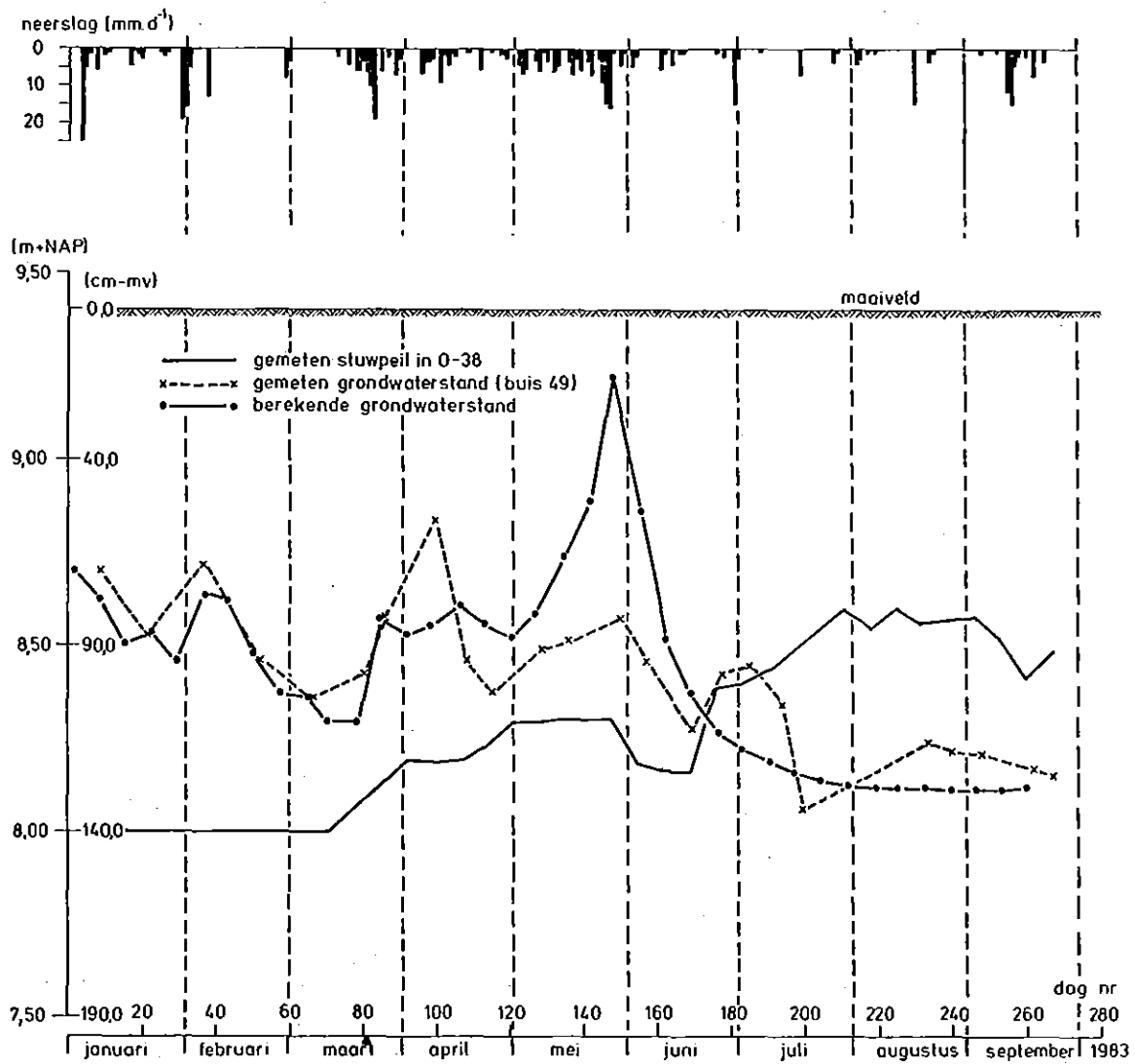


fig. 4 Vergelijking van in buis 49 gemeten en berekende grondwaterstand in 1983 bij invoer in het programma van het in peilvak 0-38 gemeten stuwpeil.

Wat opvalt is dat de neerslag van eind maart/begin april in het model niet tot zo'n hoge piek in de grondwaterstand leidt als is gemeten. Daarentegen is de berekende piek van eind mei in het veld niet gemeten, hoewel dit laatste kan zijn veroorzaakt doordat juist voor en na de piek is gemeten. De berekende grondwaterstand bij de gemengwoelde grond geeft overigens eind mei een minder hoge piek te zien. Een zeer opvallend feit is verder dat bij de ingezette peilverhoging vanaf 18 juni de gemeten grondwaterstand daar sterk op reageert, terwijl in de modelresultaten deze reactie totaal afwezig is. Voor het overige is de overeenkomst tussen gemeten en berekende grondwaterstand redelijk te noemen, zeker als men bedenkt dat geen gegevens voorhanden waren omtrent de verschillen tussen het peil in het hoofdwaterstelsel en het wijkstelsel.

Een andere, minder meetbare, manier van verifiëren bestaat uit het vergelijken van gemeten en 'berekende' gewasopbrengsten. De niet-gemengwoelde iWp-grond heeft, volgens het model een verdampings(opbrengst) reductie van 28%, de gemengwoelde grond een reductie van 17%.

Nadat is vastgesteld dat het programma redelijk de werkelijkheid simuleert, kan worden overgegaan tot het produceren van resultaten.

6. RESULTATEN

Bespreking van de resultaten van een aantal runs met het programma PEILBEHEER kan het beste geschieden aan de hand van de tabellen 4 en 5, waarin de modeluitkomsten zijn samengevat van een gemengwoelde respectievelijk niet-gemengwoelde iWp-grond.

De resultaten in tabel 4 zijn als volgt te beschrijven:

- a. Nemen we de situatie met een vaste stuw als uitgangspunt, dan kan allereerst het effect van conservering worden afgelezen. Dit bedraagt $262,2 - 254,0 = 6,2$ mm (alt. 2 - alt. 1).
- b. Ten opzichte van conservering bedraagt het effect van het in 0-38 gerealiseerde stuwpeil $316,6 - 262,2 = 54,4$ mm (alt. 3 - alt. 2). Rekening houdend met een correctie voor ongelijke maaiveldsligging van 25% (zie rapport 'Water naar het Herinrichtingsgebied'), resulteert dit in een effect van ca. 40 mm, hetgeen met de in genoemd rapport aangenomen effect van f 19,- per mm neerkomt op ca. f 775,- per ha. cultuurgrond.

Tabel 4. Resultaten van een aantal simulaties over de eerste 9 maanden van 1983 met het programma PEILBEHEER.
Profieltype: iWp gemengwoeld

Alt. nr.	Type beheer	T _{pot} (mm)	T _{act} (mm)	Aanvoer (mm)	Opmerkingen
1	Vaste stuw op 140 cm-mv	364,2	254,0	0,0	
2	Conservering	"	262,2	0,0	
3	Gemeten stuwpeil	"	316,6	--	
4	Aanvoer; $a_{cap}=1,5 \text{ mm.d}^{-1}$	"	303,7	156,0	
5	Aanvoer; $a_{cap}=2,5 \text{ mm.d}^{-1}$	"	325,8	230,0	
6	Aanvoer; $a_{cap}=1,5 \text{ mm.d}^{-1}$ Schema Wiebing	"	289,7	156,0	
7	Idem 4; slecht onderhouden wijk	"	297,2	95,2	76 dagen te laat poten

Tabel 5. Resultaten van een aantal simulaties over de eerste 9 maanden van 1983 met het programma PEILBEHEER.
Profieltype: iWp

Alt. nr.	Type beheer	T _{pot} (mm)	T _{act} (mm)	Aanvoer (mm)	Opmerkingen
1	Vaste stuw op 140 cm-mv	364,2	220,0	0,0	
2	Conservering	"	231,8	0,0	
3	Gemeten stuwpeil	"	262,5	--	
4	Aanvoer; $a_{cap}=1,5 \text{ mm.d}^{-1}$	"	261,2	140,9	
5	Aanvoer; $a_{cap}=2,5 \text{ mm.d}^{-1}$	"	275,8	212,0	
6	Aanvoer; $a_{cap}=1,5 \text{ mm.d}^{-1}$ Schema Wiebing	"	256,1	129,1	
7	Idem 4; $T_1 = 290$ (17 okt)	"	261,2	140,8	
8	Idem 4; $T_1 = 275$ (2 okt)	"	261,2	132,5	
9	Idem 4; $T_1 = 260$ (17 sept)	"	261,1	114,2	
10	Idem 4; $T_1 = 245$ (2 sept)	"	260,4	100,7	
11	Idem 4; $T_1 = 230$ (18 aug)	"	256,0	81,7	

- c. Bij een peilbeheer volgens de in hoofdstuk 3 genoemde uitgangspunten en een maximale aanvoercapaciteit van $1,5 \text{ mm.d}^{-1}$ bedraagt de gewasverdamping $303,7 \text{ mm}$. Ten opzichte van conservering is dat een toename van $303,7 - 262,2 = 41,5 \text{ mm}$ (alt. 4 - alt. 2). Om dit effect te bereiken moet $156,0 \text{ mm}$ worden aangevoerd. Dit betekent dus een aanvoer-efficiëntie van $(41,5/156,0) \times 100\% = 26,6\%$. Ongeveer gelijke percentages zijn gevonden bij de berekeningen ten behoeve van het rapport 'Water naar het Herinrichtingsgebied' in de droge jaren 1975 en 1976. Zie hierover VAN WALSUM en VAN BAKEL (1983); tabel 3.
- d. Bij een aanvoercapaciteit van $2,5 \text{ mm.d}^{-1}$ bedraagt de toename in de verdamping $325,8 - 262,2 = 63,6 \text{ mm}$ (alt. 5 - alt. 2) en een bijbehorende aanvoer van $230,0 \text{ mm}$. In deze situatie bedraagt de aanvoerefficiëntie dus $27,6\%$.
- e. In fig. 5 worden de twee peilverlopen die door het model zijn berekend en die behoren bij aanvoercapaciteiten van $1,5$ en $2,5 \text{ mm.d}^{-1}$, vergeleken met het gemeten stuwpeilverloop. Hieruit blijkt dat de 'model'-beheerder eerder in het voorjaar begint met het opzetten van het peil en - met name in begin mei - sneller reageert op de hoge neerslagen dan het waterschap heeft gedaan. Verder blijkt uit de figuur dat in de maanden juli en augustus de werkelijke opgetreden aanvoer iets minder is geweest dan $2,5 \text{ mm.d}^{-1}$. Nemen we aan dat deze $2,3 \text{ mm.d}^{-1}$ is geweest. Met deze $2,3 \text{ mm.d}^{-1}$ zou het model een verdamping hebben gerealiseerd van $321,4 \text{ mm}$ (nl. $303,7 + ((2,3-1,5)/(2,5-1,5)) \times (325,8 - 303,7)$), wat neerkomt op een aanvoereffect van $321,4 - 262,2 = 59,2 \text{ mm}$. Vergelijken we dit cijfer met 54,4 mm behorende bij het gerealiseerde stuwpeil, dan kan gesteld worden dat het waterschap met zijn peilbeheer het 'model'peilbeheer voor ruim 90% heeft benaderd. Uiteraard moet dit percentage als niet te absoluut worden opgevat. Als een aanwijzing dat het waterschap hun peilbeheer goed heeft uitgevoerd, kan het echter wel worden gebruikt. Uitdrukkelijk moet hier vermeld worden dat de berekende aanvoercapaciteit naar 0-38 van $2,3 \text{ mm.d}^{-1}$ duidelijk hoger is dan de gemiddelde gerealiseerde aanvoercapaciteit van het gehele gebied van het waterschap.
- Dit peilvak is door zijn ligging duidelijk in het voordeel wat aanvoer van water betreft.

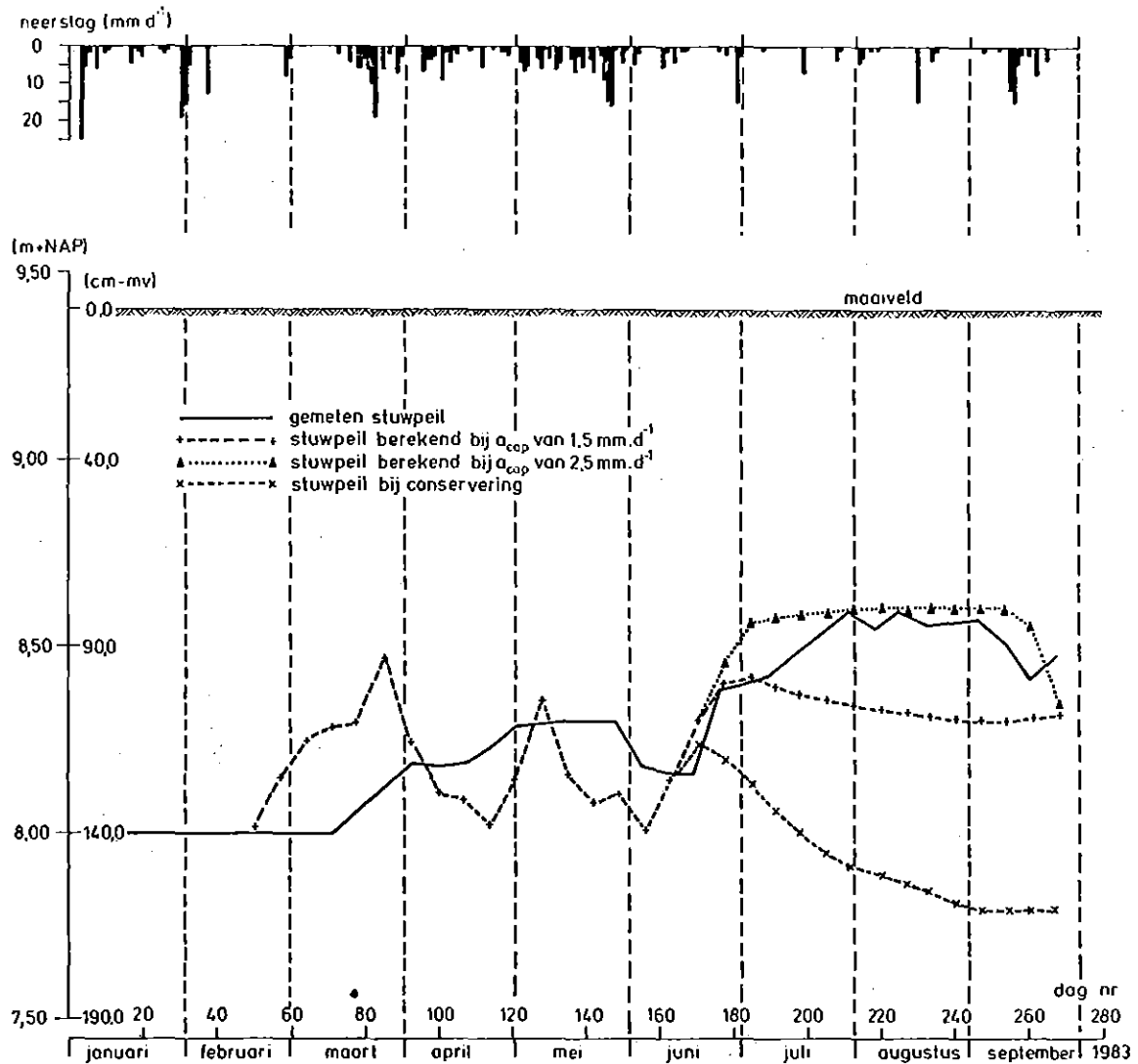


Fig. 5 Vergelijking van gemeten en een aantal gesimuleerde stuwpeilverlopen gedurende de eerste 9 maanden van 1983.
Profieltype: iWp gemengwoeld

- f. In overleg met WIEBING (1983) is ook berekend, wat de effecten zijn van een voorzichtiger peilbeheer. Dit is geëffectueerd door de grenzen in tabel 2 met 20 cm te verlagen. Dus men kan pas beginnen met het verhogen van het peil als de grondwaterstand dieper is dan 100 cm-mv. Dat dit tot een snellere reactie leidt is te zien in fig. 6. Dit peilbeheer geeft echter een duidelijke vermindering van de gewasverdamping tot gevolg van $303,7 - 289,7 = 14,0$ mm (alt. 6 - alt. 4). Daar staat een duidelijk verlagend effect op de grondwaterstand tegenover, zoals is te zien in fig. 6. Of de wortelingsdiepte hierdoor toeneemt, is met het gebruikte model niet na te gaan.
- g. Met het model is het mogelijk een indruk te geven van het effect van wijkonderhoud. In de tot nu toe behandelde alternatieven is steeds uitgegaan van een goed opgeschoonde wijk en met de uitstroombuiker en wijkbodem beneden het laagst voorkomende stuwpeil. Een slecht onderhouden wijk wordt nu modelmatig nagebootst door de wijkbodem op 100 cm -mv te leggen en de opstuwing van de wijk bij dezelfde afvoerintensiteit te verviervoudigen (zie alt. 7). Dit heeft tot gevolg dat wijkpeilen en dus ook de grondwaterstanden in perioden met afvoer sterk stijgen. Daardoor zouden pas eind mei 10 werkbare dagen zijn voorgekomen. In dit verband zijn werkbare dagen gedefinieerd als die dagen, waarop de grondwaterstand dieper is dan 70 cm -mv (ontleend aan BEUVING (1982)). Uit de HELP-studie is afgeleid dat voor het poten van alle aardappelen gemiddeld 10 werkbare dagen vanaf 20 maart moeten zijn voorgekomen. Dus de laatste aardappelen kunnen pas eind mei de grond in, hetgeen zeker een opbrengstreductie van 20 a 30% tot gevolg zal hebben. Voor het aardappelgewas dat op tijd in de grond is gekomen wordt een gewasverdamping berekend van 297,2 mm en een bijbehorende aanvoer van 95,2 mm. Door de hoge ligging van de wijkbodem wordt als het ware in versterkte mate water geconserveerd, terwijl toch nog aanvoer mogelijk blijft. Uit de berekeningen blijkt verder de verdampingsreductie hoofdzakelijk het gevolg is van te hoge grondwaterstanden gedurende het groeiseizoen, hetgeen een tekort aan zuurstof in de wortelzone veroorzaakt. Hoewel niet berekend, zullen de omstandigheden tijdens de oogst eveneens nadelig worden beïnvloed door de slechte onderhoudstoestand van de wijk.

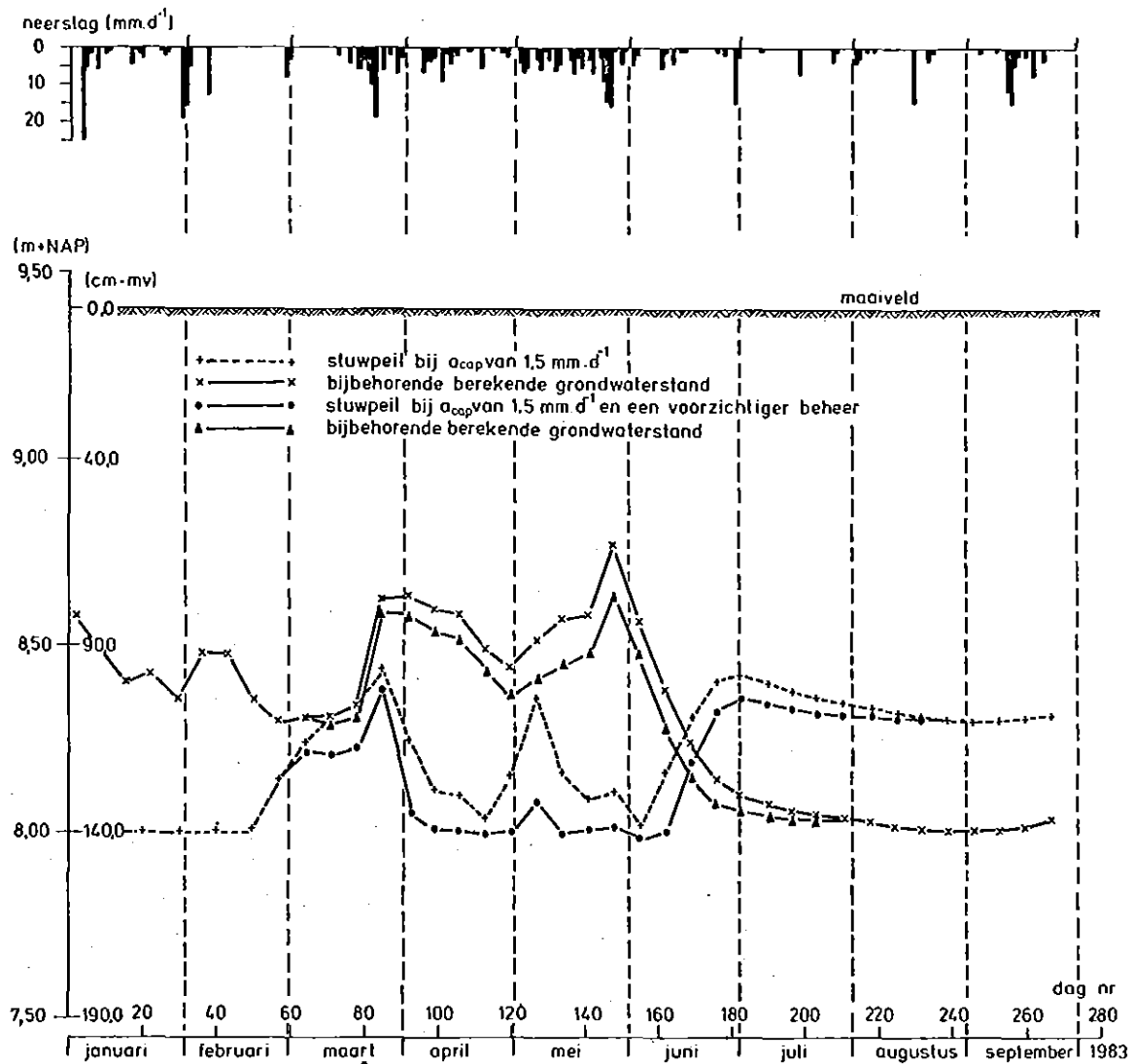


Fig. 6. Weergave van het effect op het grondwaterstandsverloop van een voorzichtiger manier van peilbeheer.
Profieltype: iWp gemengwoeld

Aan de hand van tabel 5 (niet gemengwoelde iWp-grond) zijn de volgende conclusies te trekken:

- a. Het conserveringseffect bedraagt hier $231,8 - 220,0 = 11,8$ mm (alt. 2 - alt. 1).
- b. Ten opzichte van conservering bedraagt het gerealiseerde effect van wateraanvoer $262,5 - 231,8 = 30,7$ mm (alt. 3 - alt. 2). Wederom rekening houdend met een correctie voor ongelijke maaiveldsligging van 25% en een geldelijk effect van f 19,- per mm, komt dit neer op ca. f 435,- per ha. cultuurgrond.
- c. De berekende verdamping bij een aanvoercapaciteit van $1,5 \text{ mm.d}^{-1}$ bedraagt 261,2 mm en de bijbehorende aanvoer 140,9 mm. Dit levert dus een aanvoer-efficiëntie op van $((261,2 - 231,8) / 140,9) \times 100\% = 22\%$.
- d. De verdamping bij een aanvoercapaciteit van $2,5 \text{ mm.d}^{-1}$ is 275,8 mm. Ten opzichte van $1,5 \text{ mm.d}^{-1}$ betekent dit een toename van $275,8 - 261,2 = 14,6$ mm (alt. 5 - alt. 4). Daarvoor moet $212,0 - 140,9 = 71,1$ mm meer water worden aangevoerd. De aanvoer-efficiëntie van dit extra water bedraagt dus $(14,6 / 71,1) \times 100\% = 20,5\%$.
- e. In fig. 7 zijn wederom de peilverlopen behorende bij een aanvoercapaciteit van 1,5 resp. $2,5 \text{ mm.d}^{-1}$ vergeleken met het gemeten stuwpeilverloop. Het gemeten verloop blijft nu in de maanden juli en augustus duidelijk lager dan het verloop bij aanvoercapaciteit van $2,5 \text{ mm.d}^{-1}$. Nemen we aan dat een aanvoercapaciteit van $2,1 \text{ mm.d}^{-1}$ het gemeten verloop in de zomer goed zou hebben benaderd, dan is hiervoor een verdamping te berekenen van ca. 270 mm, wat neer zou komen op een aanvoereffect van $270 - 231,8 = 38,2$ mm. Het gerealiseerde effect van 30,7 mm benadert dit bedrag in dit geval dus voor 80%.
- f. Een voorzichtig peilbeheer (alt. 6) heeft bij dit profieltype minder effect op de gewasverdamping: $261,2 - 256,1 = 5,1$ mm (alt. 4 - alt. 6). Ook hier weer duidelijke effecten van het peilverloop op de grondwaterstand zoals te zien is in fig. 8.
- g. Bij dit profieltype is nagegaan wat de invloed is van het eerder verlagen van het stuwpeil naar 120 cm.-mv aan het einde van het groeiseizoen. Dit alles bij een aanvoercapaciteit van $1,5 \text{ mm.d}^{-1}$. In de alternatieven 7 t/m 11 wordt dit tijdstip telkens met 15 dagen vervroegd (in de referentiesituatie was dit 1 november). Uit de resultaten blijkt pas bij alternatief 10 (= 2 september) enig effect op de gewasverdamping te zien is en alleen bij vervroegen tot half augustus treedt duidelijke vermindering van verdamping op.

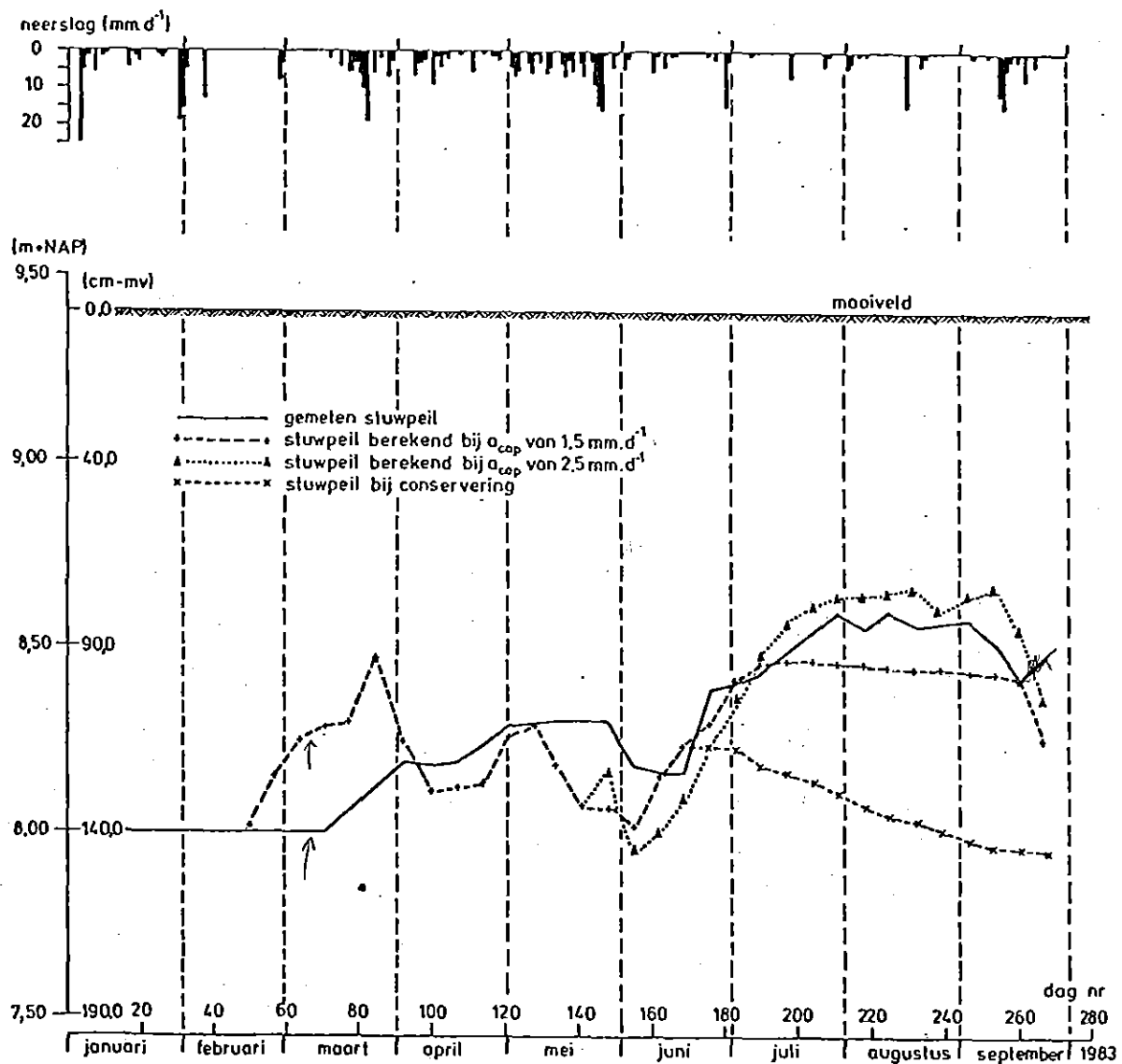


Fig. 7. Vergelijking van gemeten en een aantal gesimuleerde sluwpeilverlopen gedurende de eerste 9 maanden van 1983
Profieltype: iWp (niet gemengwoeld)

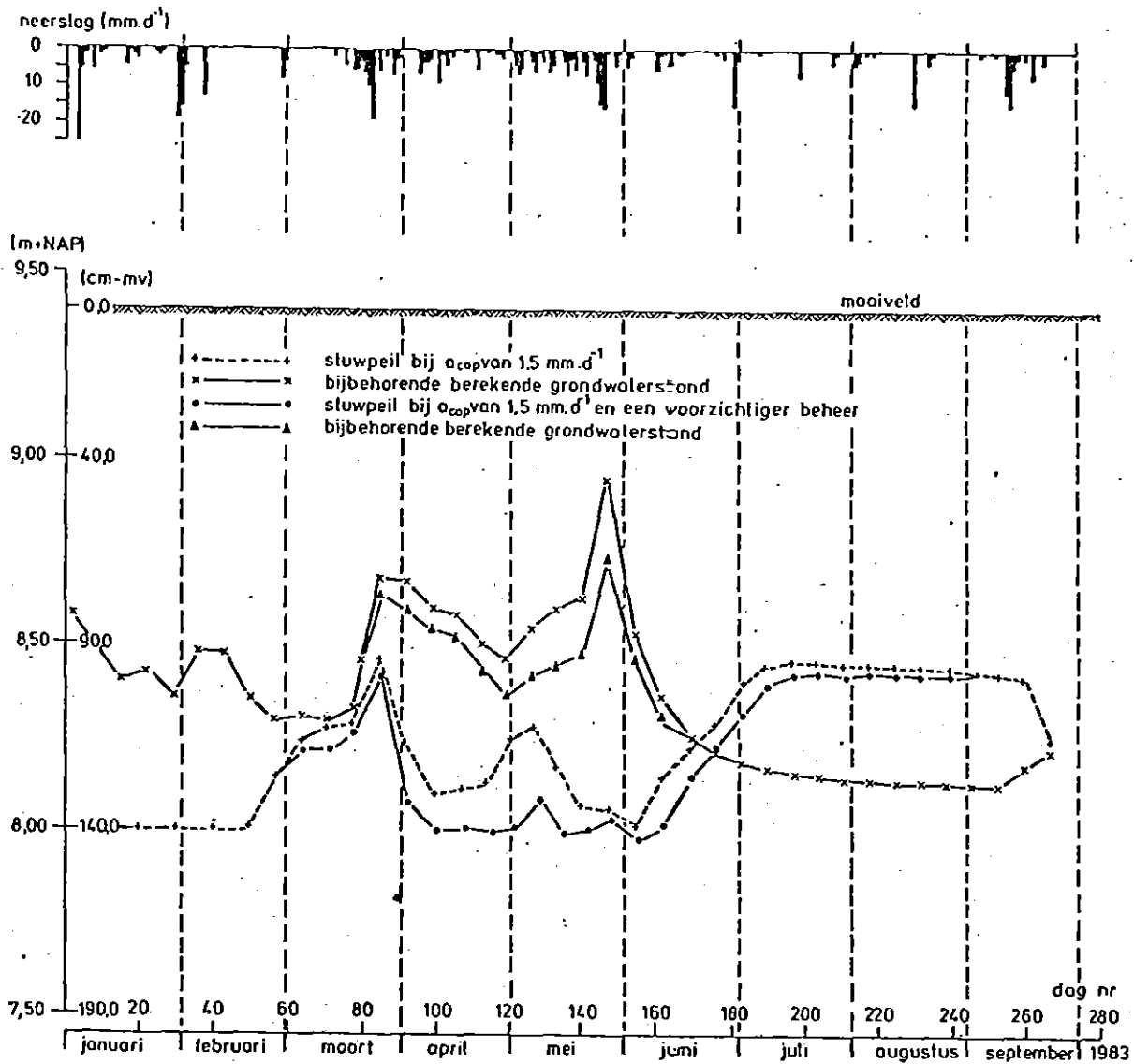


Fig. 8. Weergave van het effect op het grondwaterstandsverloop van een voorzichtigere manier van peilbeheer
 Profieltype iWp (niet gemengwoeld)

Dus in een jaar waarin alle omstandigheden pleiten voor het lang hoog houden van het peil (laat gewas, droge maanden juni, juli en augustus) blijkt toch dat dit weinig oplevert en alleen maar de wateraanvoer vergroot. Deze (belangwekkende) uitspraak wordt bevestigd door simulaties van de reeks 1971 tot en met 1982, waarin eveneens duidelijk naar voren komt dat een hoger peil dan 120 cm - mv na half september handhaven geen enkel nut heeft en alleen maar ten koste gaat van het aantal werkbare dagen tijdens het oogsten.

7. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Het jaar 1983 is in meteorologisch opzicht een zeer bijzonder jaar geweest: een natte tot zeer natte periode vanaf half maart tot eind mei, gevolgd door een vrij droge periode van juni tot en met augustus. Vooral de maand mei is extreem nat te noemen. Om te onderzoeken of het waterschap 'De Veenmarken' met het stuwpeilbeheer goed heeft ingespeeld op deze situatie, is met behulp van simulaties met het computerprogramma PEILBEHEER het in 1983 in de praktijk gevoerde peilbeheer in een peilvak vergeleken met 'model' peilbeheeren. Daartoe is een voor het waterschap representatieve hydrologische situatie gekozen en als representatief voor de bodemsoort een veenkoloniale moerige grond, al of niet gemengwoeld.

Aan de hand van de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

- a. Het waterschap heeft met het in 1983 gevoerde peilbeheer in die peilvakken waar wateraanvoer mogelijk was, een verhoging van de gewasverdamping bereikt van 23 à 40 mm, hetgeen neerkomt op ca. f 400,- resp. f 750,- per ha cultuurgrond. Dit alles ten opzichte van conservering en bij een goed onderhouden wijkstelsel en geen kwel of wegzijging.
- b. De effecten van het stuwpeilbeheer door het waterschap benaderen voor 80 à 90 % de resultaten met een 'model' peilbeheer.
- c. Waterconservering zou in 1983 een verhoging van de gewasverdamping hebben gegeven van 6 à 11 mm.

- d. Een voorzichtiger manier van peilbeheer heeft tot gevolg dat het effect van wateraanvoer op de gewasverdamping vermindert van ca. 40 resp. 30 mm (wel resp. niet-gemengwoeld profiel) naar ca. 25 mm. Deze waarde is weliswaar duidelijk lager, maar nog steeds de moeite waard. Het betekent nl. (na correctie voor ongelijke maaiveldsligging) een verhoging van de geldelijke opbrengst van ca. f 350,- per ha cultuurgrond.
- e. Het na half september nog hoog houden van het stuwpeil heeft - althans volgens de modelberekeningen - geen enkel nut gehad.
- Deze conclusies dienen opgevat te worden als een indicatie, omdat ze slechts gelden voor de twee gevallen die zijn doorgerekend.

Samenvattend kan worden gesteld dat het waterschap in 1983 goed heeft ingespeeld op de extreme weerssituatie. Bij een peilbeheer dat niet zou zijn gekoppeld aan de hydrologische werkelijkheid zouden er grote schades zijn opgetreden. De resultaten van de analyse, zoals beschreven in deze nota, vormen dan ook een sterke ondersteuning voor een - weliswaar moeilijker - peilbeheer dat is gekoppeld aan de actuele situatie. Dat daarbij de laatste schakel, namelijk het wijzensysteem, niet kan achterblijven, kan eveneens uit de resultaten worden afgeleid.

LITERATUUR

- BELMANS, C., L.G. WESSELING en R.A. FEDDES, 1983. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. J. of Hydrol. 63(4), 271-286.
- BEUVING, J., 1982. Onderzoek naar bodem- en waterhuishoudkundige gegevens voor invoer en verificatie van een model voor berekening van de effecten van de waterhuishouding. Nota 1378, ICW.
- LAAT, P.J.M. DE, 1980. Model for unsaturated flow above a shallow water table applied to a regional subsurface flow problem. Proefschr. PUDOC, Wageningen.
- NIJHOF, G., 1983. Persoonlijke mededelingen.
- WALSUM, P.E.V. en P.J.T. VAN BAKEL, 1983. Berekening van de effecten van infiltratie op de gewasverdamping in het Herinrichtingsgebied met een aangepaste versie van het model SWATRE. Nota 1434, ICW.
- WERKGROEP OPSCHONEN WIJKEN, 1983. Opschonen wijken. Verslag van een proef in de Drentse Veenkoloniën.
- WERKGROEP WATERAANVOER, 1983. Wateraanvoer naar het Herinrichtingsgebied.
- WIEBING, R., 1983. Persoonlijke mededelingen.