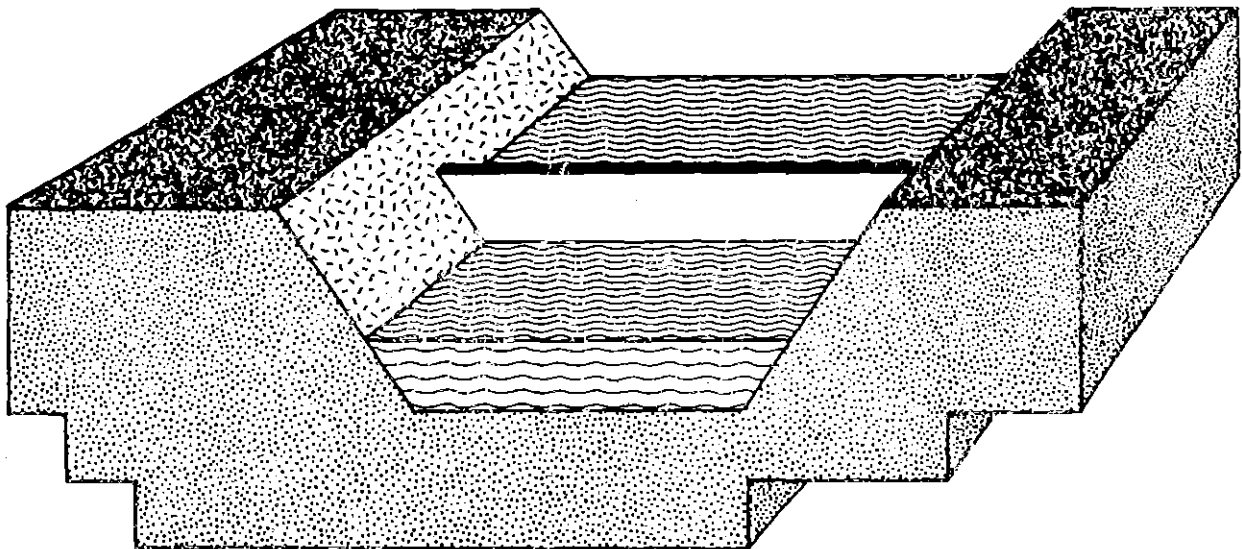


ICW Nota 1912  
oktober 1988

**ALTERRA**  
Wageningen Universiteit & Research centre  
Omgevingswetenschappen  
Centrum Water & Klimaat  
*Team Integraal Waterbeheer*

# Ontwikkeling en toepassing van het simulatie- model SWW als begeleidingssysteem voor het kwantitatieve oppervlaktewaterbeheer

## Simulatiemodel Waterbeheer Waterschappen



W. Beekman  
P.J.T. van Bakel  
G. Nijhof \*

\* Waterschap De Veenmarken

NOTA/1912

## VOORWOORD

Eén van de meest uitgevoerde waterhuishoudkundige maatregelen is het manipuleren van het open waterpeil, het zgn. peilbeheer. In dit rapport wordt verslag gedaan van een activiteit om een reeds bestaand simulatiemodel zodanig om te bouwen dat het kan dienen om dit peilbeheer te ondersteunen. Toepassing van dit model is vergelijkbaar met op sommige landbouwbedrijven reeds in gebruik zijnde bedrijfsbegeleidingssystemen.

De praktische uitwerking van de opdracht werd in eerste instantie ter hand genomen door M.R. Dijkema en afgerond door W. Beekman.

Gezien het potentieel praktisch belang van het beschikbaar hebben van een computermodel dat het peilbeheer kan ondersteunen, is aan dit onderzoek financieel bijgedragen door de Centrale Landinrichtingsdienst in Utrecht en het Waterschap De Veenmarken. Bij genoemd waterschap vond ook de eerste toepassing plaats. Daarbij werd voortgebouwd op het aldaar in de periode 1978-1985 uitgevoerde onderzoek en de vervolgactiviteit in het kader van de werkgroep 'tus-10-plan', namelijk het verder ontwikkelen en toepassen van het model SWADRE.

NOTA/1912

## INHOUD

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. THEORETISCHE ACHTERGRONDEN EN MODELLERING VAN HET HYDROLOGISCH SYSTEEM	3
2.1. Algemeen	3
2.2. Het gewas/atmosfeersysteem	3
2.3. De onverzadigde zone	9
2.4. De verzadigde zone	9
2.5. Het oppervlaktewatersysteem	12
3. RANDVOORWAARDEN VOOR TOEPASSING VAN HET SIMULATIEMODEL SWW ALS BEGELEIDINGSSYSTEEM VOOR HET PEILBEHEER	16
3.1. Inleiding	
3.2. Benodigde gegevens	16
4. BESCHRIJVING VAN HET PROGRAMMA SWW	27
4.1. Inleiding	27
4.2. Structuur en omgeving van SWW	30
4.3. Invoer voor SWW	30
4.3.1. Het hoofdmenu en vastleggen van het simulatie- gebied	34
4.3.2. Invoer meteogegevens	36
4.3.3. Invoer peilgegevens	40
4.3.4. Invoer waarnemingen aan het gewas	43
4.3.5. Invoer peilvakgegevens	44
4.3.6. Invoer bodemgegevens	52
4.3.7. Invoer gewasgegevens	55
4.4. De simulatie van de waterhuishouding in SWW	61
4.5. Uitvoer van SWW en presentatie van de simulatieresultaten	65
4.5.1. De presentatie van simulatieresultaten	65
4.5.2. Automatische uitvoer van simulatieresultaten	71
4.6. Beschikbaarstelling van SWW	76

NOTA/1912

VERVOLG INHOUD

5. TOEPASSING VAN HET MODEL SWW IN HET WATERSCHAP DE VEENMARKEN	77
5.1. Inleiding	77
5.2. Het peilbeheer	77
5.3. Waterbeheer met het computermodel SWW	79
5.4. Het peilbeheer in 1987	79
5.5. Conclusies	84
LITERATUUR	88
BIJLAGEN	

## 1 . INLEIDING

In Nederland berust het kwantitatieve beheer van het oppervlaktewater (uitgezonderd Rijkswateren) bij de waterschappen (polderdistricten, hoogheemraadschappen). Dit beheer is er op gericht verschillende belangen te dienen. In agrarische gebieden is het beheer vooral gericht op de landbouw. Om voor de landbouwgewassen goede groeiomstandigheden te creëren, dient het teveel aan water zo snel mogelijk te worden afgevoerd.

In perioden met een neerslagtekort kan het voorkomen dat de beschikbare hoeveelheid vocht in de bodem onvoldoende is, en kan het aantrekkelijk zijn voor aanvulling van het watertekort te zorgen.

Om bovengenoemd beheer te kunnen realiseren werden en worden waterbeheersplannen uitgevoerd waarbij, naast de verbetering van de ont- en afwatering, ook de mogelijkheid wordt geschapen om waterconservering en -aanvoer te realiseren.

Dit betekent dat na de afvoer van de overtollige neerslag in de winter, de waterbeheerder in het voorjaar het peil van het oppervlaktewatersysteem zodanig moet verhogen, dat het in het voorjaar aanwezige water zoveel mogelijk wordt vastgehouden (conserveren). Indien wateraanvoer mogelijk is kan het dalen van de open waterpeilen in droge zomerperiodes worden voorkomen waardoor beregening vanuit het oppervlaktewater of aanvulling van het grondwater via subinfiltratie mogelijk wordt gemaakt.

Eén van de problemen is dat het de waterschappen, als waterbeheerders, ontbreekt aan objectieve methoden om het dagelijks beheer onder alle omstandigheden goed uit te voeren. Zij zien zich voor een moeilijk probleem geplaatst: binnen de beheerseenheden (peilvakken) komen veelal ruimtelijke verschillen voor in bijvoorbeeld eigenschappen van het oppervlaktewatersysteem, de maaiveldshoogten en de bodemfysische eigenschappen. Gesteld dat deze ruimtelijke verschillen bekend zijn, dan dienen vervolgens alle processen die door het waterbeheer worden beïnvloed in kwantitatieve zin bekend te zijn. Wederom gesteld dat dit het geval is, dan dient nog te worden gereageerd op sterk variërende weersomstandigheden. Bovendien zijn de beslissingen met betrekking tot het dagelijks beheer onderling zowel in tijd als ruimte afhankelijk, vanwege respectievelijk de relatief lange reactietijden van het hydrologisch systeem en de ruimtelijke samenhang via het verzadigd grondwatersysteem.

Het vorenstaande is wellicht één van de voornaamste redenen dat waterschappen hun peilbeheer uitvoeren op grond van ervaringsregels, waarbij als terugkoppelingsmechanisme de reactie van de ingelanden worden gebruikt (het zgn. piepsysteem). Eén van de grootste nadelen van dit systeem is echter dat het niet objectief is en dat veranderende produktie-omstandigheden niet snel genoeg worden vertaald in een ander peilbeheer. Er bestaat dus duidelijk behoefte aan methoden die het beheer kunnen ondersteunen met meer objectieve beheersregels.

In het kader van het onderzoek 'De Monden', uitgevoerd in de periode 1978-1985 in het waterschap De Veenmarken, gelegen in de Drentse Veenkoloniën is een methodiek ontwikkeld om met behulp van computermodellen het peilbeheer te simuleren om aldus met objectieve beheersregels af te leiden. Voor een uitvoerige beschrijving, zie VAN BAKEL, 1985 en 1986a. Ook is hierover een kort artikel verschenen in 'Waterschapsbelangen' (VAN BAKEL, 1986b).

Als eindprodukt van deze studie werd o.a. verkregen het simulatiemodel SWADRE (KEESMAN en VAN BAKEL, 1985) waarmee met behulp van een historische reeks weergegevens verschillende vormen van peilbeheer kunnen worden nagebootst. Aldus is men bijvoorbeeld in staat de meest geschikte manier van peilbeheer te vinden. In dit geval werd het op elk tijdstip in het jaar meest geschikte peil van het oppervlaktewater gekoppeld aan de met het model berekende grondwaterstand en vochtvoorraad in de wortelzone.

Eén van de aanbevelingen uit het onderzoek luidde dat de inschakeling van de computer bij het dagelijks peilbeheer zo snel mogelijk ter hand moest worden genomen. Dit zou o.a. inhouden het ombouwen van het simulatiemodel tot een interactieve versie waarmee op elk moment met behulp van gegevens met betrekking tot de actuele hydrologische toestand een advies kan worden verkregen over het meest geschikte in te stellen peil.

De uitwerking van deze opdracht staat beschreven in dit rapport. Allereerst wordt in hoofdstuk 2 de theoretische achtergronden en modellering van het hydrologisch systeem behandeld. In hoofdstuk 3 wordt beschreven welke gegevens bekend moeten zijn om een computerondersteund peilbeheer te kunnen voeren en hoe die kunnen worden verzameld. In hoofdstuk 4 wordt de gebruikershandleiding van het aldus aangepaste programma, SWW genoemd (Simulatiemodel voor het Waterbeheer door Waterschappen), gegeven. In hoofdstuk 5 tenslotte komt een praktijktoepassing aan de orde.

## 2. THEORETISCHE ACHTERGRONDEN EN MODEL- LERING VAN HET HYDROLOGISCH SYSTEEM

### 2.1. ALGEMEEN

In ICW-report 13 (VAN BAKEL, 1986a) staan de theoretische achtergronden van de processen uitgebreid beschreven, waarmee het hydrologisch systeem van een gebied kan worden gemodelleerd. Daarbij is een onderverdeling gemaakt naar 4 deelsystemen:

- het gewas/atmosfeersysteem
- de onverzadigde zone
- het verzadigd grondwatersysteem
- het oppervlaktewatersysteem

Bij elk van deze deelsystemen zijn een aantal basisvergelijkingen te geven, die hierna in het kort zullen worden behandeld. Daarbij komt ook aan de orde welke vereenvoudigingen zijn doorgevoerd om te komen tot een voor waterbeheerders toepasbaar model.

### 2.2. HET GEWAS/ATMOSFEERSYSTEEM

Op een zeker tijdstip bepaalt het weer hoeveel een eventueel met een gewas begroeid oppervlak maximaal kan verdampen en hoe groot de aanmaaksnelheid is van assimilatieprodukten. Verdamping en produktie van een gewas zijn aan elkaar gekoppeld. Dit betekent dat een reductie in verdamping een reductie in produktie tot gevolg heeft. Omdat waterbeheer invloed heeft op de verdamping van een gewas, is daarmee de verbinding gelegd tussen waterbeheer enerzijds en gewasproduktie (en geldelijke opbrengsten) anderzijds.

Uit het voorgaande volgt dat het nodig is een onderscheid te maken tussen de verdamping die, bij een gegeven oppervlak wordt bepaald door de atmosfeer (de zgn. potentiële verdamping,  $E_p$ ) en de aktuele verdamping,  $E$ , die mede wordt bepaald door de waterhuishoudkundige toestand.

Er bestaan vele methoden om uit meteorologische parameters en kenmerken van het oppervlak de potentiële verdamping te bepalen. Voor waterbeheerders wordt geadviseerd de zgn. Makkink-formule toe te passen, waarmee de verdamping van een referentie-gewas,  $E_r$ , wordt berekend als (MAKKINK, 1957):

$$\lambda E_r = 0,65 \frac{s}{s+\gamma} K^{\downarrow} \quad (2.1)$$

waarin:  $\lambda$  = de specifieke verdampingswarmte van water ( $J.kg^{-1}$ )  
 $s$  = de helling van de verzadigingsdampdrukcurve ( $mbar.K^{-1}$ )  
 $\gamma$  = de psychrometerconstante (-)  
 $K^{\downarrow}$  = de globale stralingsstroomdichtheid ( $W.m^{-2}$ )

Voor elk ander gewas, en voor kale of gedeeltelijke begroeide grond of voor open water is de potentiële verdamping hieruit te herleiden (FEDDES, 1987):

$$E_p = f E_r \quad (2.2)$$

waarin:  $E_p$  = de potentiële verdamping ( $cm.d^{-1}$ )  
 $f$  = de reductiefactor voor de referentie-gewasverdamping

De potentiële verdamping kan ook worden berekend met de Penman-Monteith vergelijking:

$$E_p = \frac{s+\gamma}{s+\gamma(1+r_c/r_a)} (E_w - E_i) \quad (2.3)$$

waarin:  $r_c$  = de gewasweerstand ( $s.m^{-1}$ )  
 $r_a$  = aerodynamische weerstand ( $s.m^{-1}$ ). Deze is een functie van gewashoogte c.q. ruwheid van het oppervlak en de windsnelheid (FEDDES et al., 1978; AD-HOC GROEP VERDAMPING, 1984)  
 $E_w$  = de verdamping van een nat gewas ( $cm.d^{-1}$ )  
 $E_i$  = de interceptieverdamping ( $cm.d^{-1}$ )

De verdamping van een nat gewas wordt berekend als:

$$E_w = \frac{1}{\lambda} \frac{s(Q^*-G) + \frac{\rho_a c_p}{r_a} (e_s\{T(z)\} - e(z))}{s + \gamma} \quad (2.4)$$

waarin:  $Q^*$  = de netto stralingsstroomdichtheid ( $W.m^{-2}$ )  
 $G$  = de bodenwarmtestroomdichtheid ( $W.m^{-2}$ )  
 $\rho_a$  = de dichtheid van de lucht ( $kg.m^{-3}$ )  
 $c_p$  = de specifieke warmte van lucht ( $J.kg^{-1}.K^{-1}$ )  
 $e_s$  = de verzadigingsdampspanning (mbar)  
 $e$  = dampspanning (mbar)  
 $T$  = de temperatuur (K)  
 $z$  = z-coördinaat (m)



De interceptieverdamping wordt berekend als functie van de neerslag. Deze functie is gewasafhankelijk (FEDDES et al., 1987).

#### Potentiële gewasverdamping

De potentiële gewasverdamping  $E_{tp}$  wordt berekend als:

$$E_{tp} = E_p - E_{sp} \quad (2.5)$$

waarin:  $E_{sp}$  = potentiële bodemverdamping

#### Actuele gewasverdamping

De actuele verdamping van het gewas wordt berekend aan de hand van de som van de wateropname door de wortels (BELMANS et al., 1983):

$$E_t = \int_0^{z_r} S(h_p) dz \quad (2.6)$$

waarin:  $E_t$  = actuele gewasverdamping ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )

$z_r$  = de dikte van de wortelzone (cm)

$S$  = het volume water dat per tijdseenheid per volume-eenheid grond door de wortels wordt opgenomen ( $\text{d}^{-1}$ )

$h_p$  = lokale drukhoogte van het water (cm)

De relatie  $S(h_p)$  kan als volgt worden weergegeven:

$$S(h_p) = \alpha_s(h_p) S_{\max} \quad (2.7)$$

waarin:  $\alpha_s(h_p)$  = een voorgeschreven functie van  $h_p$  (Fig. 2.1)

$S_{\max}$  = maximaal mogelijke wortelopname ( $\text{d}^{-1}$ )

De berekening van  $S_{\max}$  kan geschieden op twee verschillende manieren, zoals beschreven door FEDDES et al. (1978) resp. HOOGLAND et al. (1981):

$$S_{\max} = E_{tp} / |z_r| \quad (2.8)$$

respectievelijk:

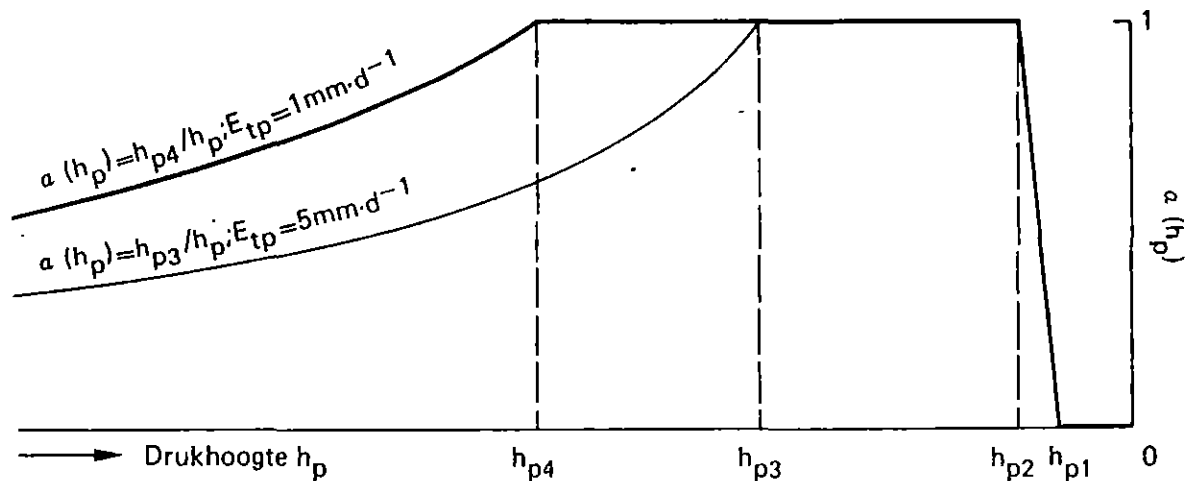


Fig. 2.1. Schematische voorstelling van de dimensieloze sinkterm  $\alpha_s$  als functie van de drukhoogte  $h_p$ .  $h_{p1}$  tot en met  $h_{p4}$  zijn per gewas te specificeren parameters;  $E_{tp}$  = de potentiële transpiratie

$$S_{\max} = a_s - b_s |z_r| \quad (2.9)$$

waarin:  $E_{tp}$  = potentiële gewasverdamping ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )

$a_s$  = constante

$b_s$  = constante

Met de punten  $h_{p1}$ ,  $h_{p2}$ ,  $h_{p3}$  en  $h_{p4}$  (Fig. 2.1) en het verwelkingspunt en een nadere specificatie van verloop van de reductie tussen de punten  $h_{p3}$  en  $h_{p4}$  (lineair of asymptotisch) wordt de reactie van het gewas op de waterhuishoudkundige toestand in de wortelzone volledig vastgelegd, zowel voor natte als droge omstandigheden.

### Potentiële bodemverdamping

De potentiële bodemverdamping wordt berekend als:

$$E_{sp} = E_p * e^{-0,39LAI} \quad (2.10)$$

waarin: LAI = groene bladerenindex (-); het bladoppervlak per eenheid van grondoppervlak

LAI is een functie van de bodembedekkingsgraad  $S_c$  (BELMANS et al., 1983).

Op zijn beurt is het verloop van de bodembedekkingsgraad gedurende het groeiseizoen als invoergegeven bekend, of wordt berekend als functie van het ontwikkelingsstadium van het gewas  $D_s$  (fig. 2.2).

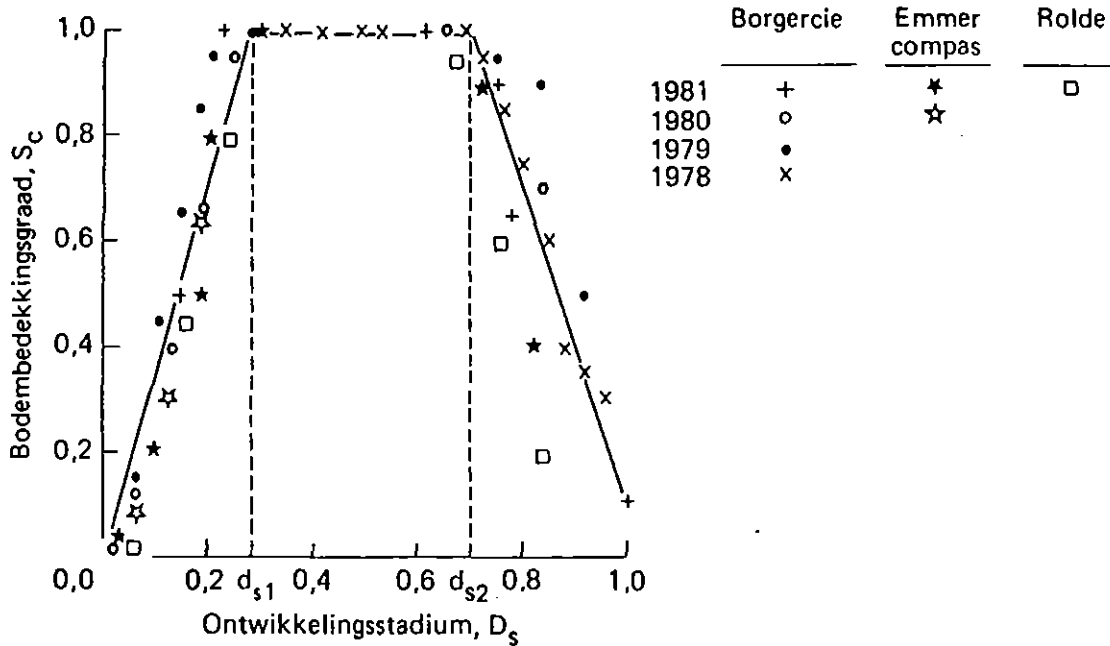


Fig. 2.2. Relatie tussen de bodembedekkingsgraad,  $S_c$  en het ontwikkelingsstadium  $D_s$  voor het aardappelras Astarte (ontleend aan VAN WIJK and FEDES, 1986)

Het ontwikkelingsstadium  $D_s$  wordt gedefinieerd als:

$$D_s(t) = (t - t_{em}) / (t_{ha} - t_{em}) \quad (2.11)$$

waarin:  $t_{em}$  = datum van opkomst

$t_{ha}$  = oogstdatum

De datum van opkomst is afhankelijk van de zaai/pootdatum en de tijd tussen zaaien/poten en opkomst. Deze laatste is afhankelijk van de temperatuur en de waterhuishoudkundige omstandigheden in de toplaag gedurende deze periode.

In fig. 2.3 is te zien dat bij te natte en te droge omstandigheden de benodigde temperatuursom  $F$ , gedefinieerd als:

$$F = (\bar{T} - T_{min}) t \quad (2.12)$$

waarin:  $\bar{T}$  = daggemiddelde bodemtemperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{min}$  = minimum temperatuur, waar beneden geen kieming plaats vindt ( $^{\circ}\text{C}$ )

hoger wordt.

NOTA/1912

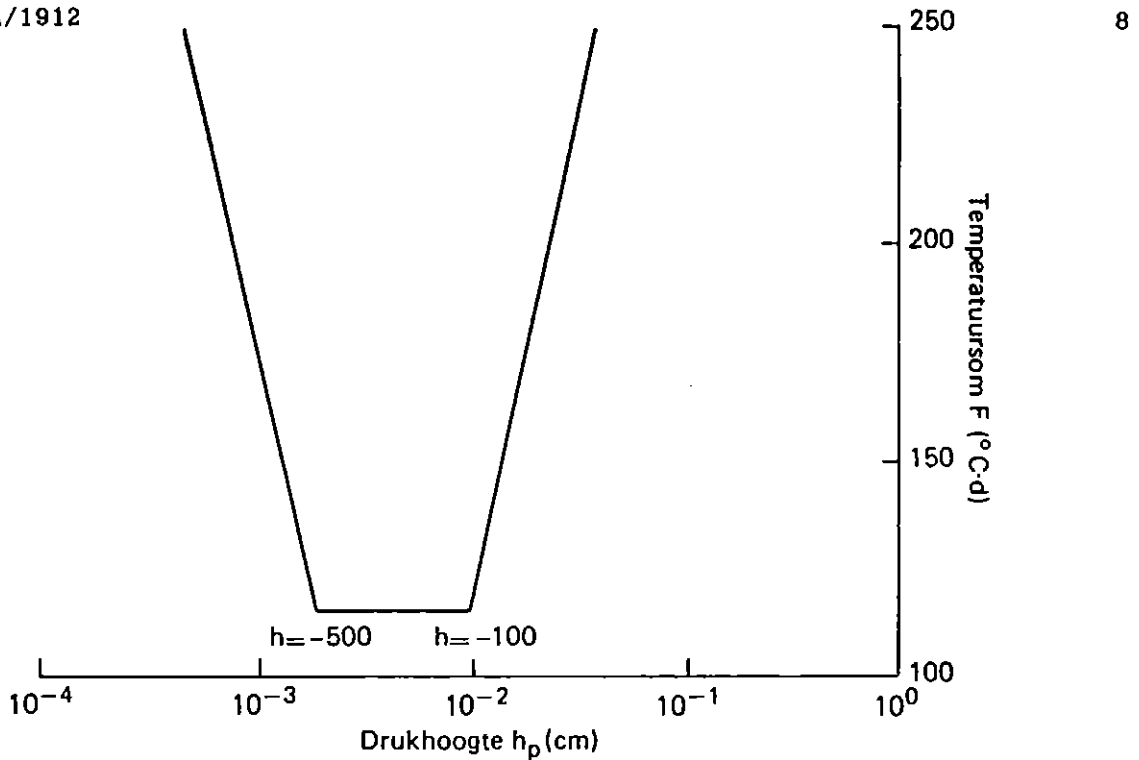


Fig. 2.3. Relatie tussen benodigde temperatuursom voor opkomst van aard-appelen en de waterhuishoudkundige toestand van de toplaag (ontleend aan VAN WIJK and FEDDES, 1986)

#### Actuele bodemverdamping

De cumulatieve actuele bodemverdamping,  $\sum E_s$ , bij uitdroging kan worden benaderd met (BOESTEN en STROOSNIJDER, 1986)

$$EE = a (C_t)^{\frac{1}{2}} \quad (2.13)$$

waarin:  $a_t$  = bodemafhankelijke parameter ( $\text{cm}^{\frac{1}{2}}\cdot\text{d}^{-1}$ )

$C_t$  = een cumulatieteller (cm)

$C_t$  geeft de afwijking weer van het actuele watergehalte ten opzichte van de situatie van veldcapaciteit van de bovenste 10 cm van het bodemprofiel.

De verandering in  $C_t$  wordt per dag berekend als:

$$\Delta C_t = E_{sp} - P - \Delta W \quad (2.14)$$

waarin:  $E_{sp}$  = potentiële bodemverdamping ( $\text{cm}\cdot\text{d}^{-1}$ )

$P$  = de netto neerslag ( $\text{cm}\cdot\text{d}^{-1}$ )

$\Delta W$  = de verandering in watergehalte van de bovenste 10 cm gedurende de voorgaande dag

De cumulatieve bodemverdamping op dag  $t$  verminderd met die op tijdstip  $t-1$  levert de bodemverdamping op dag  $t$ . Echter dit resultaat wordt gecorrigeerd voor de neerslag gedurende deze tijdstap.

Bovendien wordt gesteld dat de actuele bodemverdamping de potentiële nooit kan overtreffen. Aldus ontstaat de uitdrukking:

$$E_s = \min\left\{\frac{\Sigma E_s(t) - \Sigma E_s(t-1) + P}{\Delta t}, E_{sp}\right\} \quad (2.15)$$

### 2.3. DE ONVERZADIGDE ZONE

Met de onverzadigde zone wordt hier bedoeld de zone tussen het bodemoppervlak en de freatische grondwaterspiegel. Door aan te nemen dat de grondwaterstroming alleen in de verticale richting plaatsvindt en dat de grond niet zwelt of krimpt, wordt de wiskundige beschrijving ervan sterk vereenvoudigd tot:

$$v_z = k(h_p) \left(\frac{\delta h}{\delta z} + 1\right) \quad (2.16)$$

waarin:  $v_z$  = de verticale flux ( $\text{cm.d}^{-1}$ )

$k(h_p)$  = het capillair geleidingsvermogen ( $\text{cm.d}^{-1}$ )

$$\frac{\delta \theta}{\delta t} = \frac{\delta v_z}{\delta z} - S \quad (\text{d}^{-1}) \quad (2.17)$$

waarin:  $\theta$  = het volumetrisch watergehalte (-) en

$t$  = de tijd (d)

Tussen  $\theta$  en  $h_p$  bestaat een zekere relatie, uitgedrukt in de waterretentiekarakteristiek of pF-curve.

Met vergelijking (2.16) en (2.17) tezamen met vergelijking (2.7) is de waterbeweging in de onverzadigde zone volledig te beschrijven, mits men beschikt over de functies  $K(h_p)$  en  $\theta(h_p)$ . Opgemerkt kan worden dat  $K$  ook kan worden gegeven als functie van  $\theta$ . In BELMANS et al. (1983) staat beschreven hoe met behulp van een eindige differentiebenadering de waterbeweging in de onverzadigde zone numeriek kan worden benaderd. Het daarop gebaseerde computerprogramma SWATRE heeft gediend als basis voor het computerprogramma SWW.

### 2.4. DE VERZADIGDE ZONE

De waterbeweging in de verzadigde zone kan niet meer worden vereenvoudigd tot een 1-dimensionale stroming, maar er dienen op zijn minst twee dimensies te worden meegenomen om de lokale en/of regionale grondwaterstroming

adequaat te beschrijven. Het is in principe mogelijk dit verzadigd stromingssysteem te koppelen aan de onverzadigde zone en het oppervlaktewaterstelsel. Uit het oogpunt van haalbaarheid is hier (voorlopig) vanaf gezien. In plaats hiervan wordt gebruik gemaakt van een optie die het model SWATRE biedt, nl. dat de flux door de onderrand kan worden beschreven als functie van de grondwaterstand en het open waterpeil. In formule:

$$q_b = q_d + q_a (+ q_r) \quad (2.18)$$

waarin:  $q_b$  = het specifieke debiet over het grensvlak ( $\text{cm.d}^{-1}$ )

$q_d$  = het specifieke debiet naar het oppervlaktewaterstelsel ( $\text{cm.d}^{-1}$ )

$q_a$  = de kwel of wegzijging ( $\text{cm.d}^{-1}$ )

$q_r$  = de door het peilbeheer geïnduceerd specifiek debiet ( $\text{cm.d}^{-1}$ ).

In Fig. 2.2 wordt deze wijze van schematiseren weergegeven.

De term  $q_d$  is te schrijven als:

$$q_d = \frac{h_g - h_o}{\eta T} ; h_o \geq h_b \quad (2.19a)$$

$$q_d = 0 ; h_o < h_b \quad (2.19b)$$

waarin:  $h_g$  = de gemiddelde grondwaterstand

$h_o$  = het oppervlaktewaterpeil (m)

$\eta$  = de vormfactor van het freatisch vlak (-)

$T$  = de ontwateringsweerstand (d) en

$h_b$  = de hoogte van de bodem van de watergang (cm)

Bovenstaande vergelijking geldt als er slechts één uniform waterlopenstelsel aanwezig is. Echter in de regel zullen bij hogere grondwaterstanden meer watergangen aan het afvoerproces deelnemen, of zullen bij subinfiltratie (omgekeerde van drainage) watergangen droogvallen. In het algemeen is een indeling in een beheersbaar (secundair) en niet-beheersbaar (tertiair) waterlopenstelsel, elk met een eigen ontwateringsweerstand, zinvol. Het kenmerk van het beheersbaar deel is dat hierbij het open waterpeil

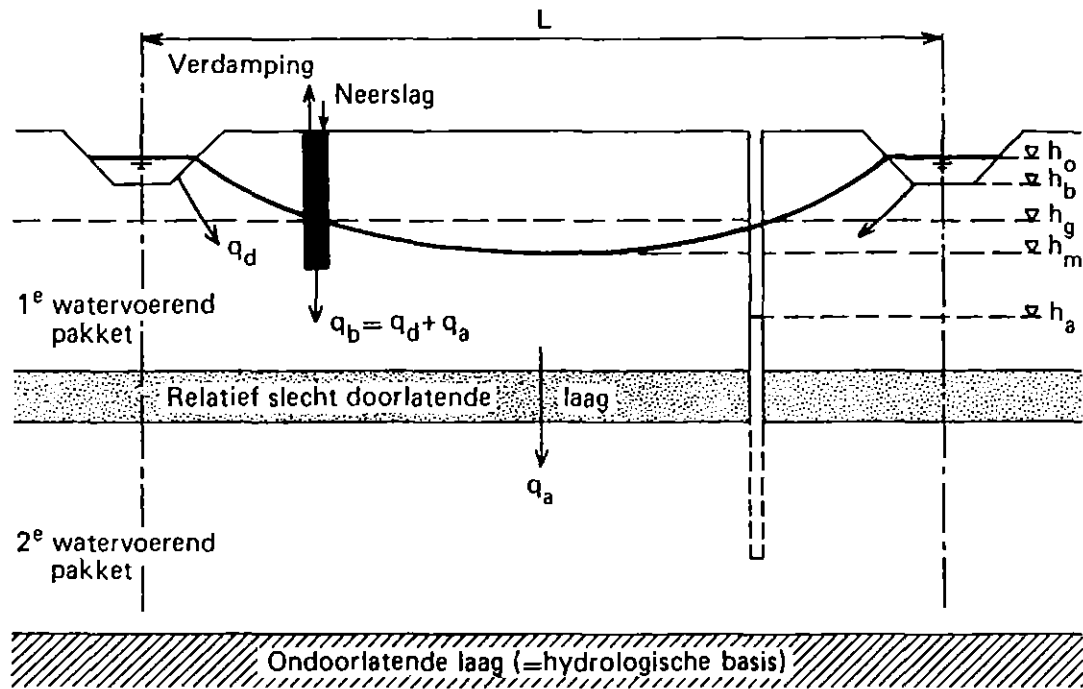


Fig. 2.4 Schematische voorstellingen van de verschillende grondwaterstromingen (naar BELMANS et al., 1983)

- $h_o$  = waterstand in het oppervlaktewaterstelsel (cm)
- $h_b$  = bodemhoogte watergang (cm)
- $h_g$  = gemiddelde grondwaterstand (cm)
- $h_m$  = grondwaterstand midden tussen de sloten (cm)
- $h_a$  = grondwaterstand in het 2e watervoerend pakket (cm)
- $q_b$  = specifiek debiet over onderkant één-dimensionaal model gemodelleerd met SWW ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )
- $q_d$  = specifiek debiet naar oppervlaktewaterstelsel ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )
- $q_a$  = kwel of wegzijging ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )

beheersbaar is en dat zowel drainage als subinfiltratie kan plaatsvinden. Het kenmerk van het niet-beheersbaar deel is dat alleen drainage kan plaatsvinden en wel met een intensiteit die een functie is van de hoogte van de grondwaterstand boven zijn ontwateringsbasis. Deze indeling leidt tot de volgende uitdrukking:

$$q_d = q_d' + q_d'' \quad (2.20)$$

De term  $q_d'$  is te beschrijven met vergelijking (2.19) terwijl  $q_d''$  beschreven kan worden als:

$$q_d'' = \max \left\{ 0, \frac{h_g - h_{b,t}}{\eta \tau''} \right\} \quad (2.21)$$

waarin:  $h_{b,t}$  = de hoogte van de bodem van het niet-beheersbaar stelsel (m)  
 $\tau''$  = de ontwateringsweerstand van dit stelsel (d)

Indien bekend is dat het beheersbaar danwel niet-beheersbaar stelsel verder is onder te verdelen, kan voor elke deelverzameling vergelijking (2.19) of

(2.20) worden toegepast. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de aanwezigheid van buisdrainage.

De kwel of wegzijging,  $q_a$ , kan op verschillende manieren worden weergegeven:

- als constant gedurende het gehele jaar;
- als functie van de tijd;
- als functie van de grondwaterstand en het open waterpeil.

Welke functie wordt gekozen is afhankelijk van de beschikbare gegevens (zie hoofdstuk 3).

Kennis omtrent de door het peilbeheer geïnduceerde kwel of wegzijging,  $q_r$ , is van belang als ten gevolge van het peilbeheer de regionale grondwaterstroming verandert. De enige mogelijkheid om  $q_r$  te kwantificeren is om berekeningen uit te voeren waarin de eigenschappen van het regionaal systeem worden meegenomen. In de meeste gevallen betekent dit het toepassen van een regionaal stromingsmodel. Zie o.a. POST en VAN BAKEL (1985).

## 2.5. HET OPPERVLAKTEWATERSYSTEEM

Het oppervlaktewatersysteem van een gebied vervult veelal twee functies, nl. drainage of subinfiltratie en af- of toevoer van water.

In de vorige paragraaf is beschreven hoe de drainage of subinfiltratie,  $q_d$ , kan worden berekend met de vergelijkingen (2.19) t/m (2.21). In de eerste twee vergelijkingen komt het open waterpeil,  $h_o$ , voor. Via deze variabele kan de relatie worden gelegd met het peilbeheer. De berekening van het open waterpeil op elk moment geschiedt met behulp van de waterbalans van het beheersbaar stelsel:

$$h_o(t + \Delta t) = h_o(t) + \Delta t \{ a/f_{ow} + q_d (1 - f_{ow}) + P - E_o + q_a (+ q_r) \} \quad (2.22)$$

waarin:  $\Delta t$  = tijdstaplengthe (d)

$a$  = wateraanvoer ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )

$f_{ow}$  = oppervlakteaandeel open water (-)

$P$  = neerslag ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ ) en

$E_o$  = open water verdamping ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )

Als bovenrandvoorwaarde geldt:

$$h_o(t + \Delta t) \leq h_{o,s} \quad (2.23)$$

waarin:  $h_{o,s}$  = het te handhaven streefpeil (cm)



Aan de onderrand geldt bij droogvallende watergangen de voorwaarde:

$$h_o(t + \Delta t) = h_f(t) ; h_o(t) < h_{b,s} \quad (2.24)$$

waarin:  $h_{b,s}$  = hoogte van de bodem van het beheersbaar stelsel (cm)

Uit vergelijking (2.23) volgt dat geen opstuwing in de watergangen en geen waterafvoer van hoger gelegen delen in rekening wordt gebracht. Zeker in hellende gebieden is het noodzakelijk hiermee rekening te houden, daar anders de werkelijkheid te veel geweld wordt aangedaan (ROBBERTS, 1988). Wil men deze processen in de beschouwing betrekken, dan is een aparte modellering nodig van de niet-stationaire stroming in het oppervlaktewaterstelsel, met behulp van bijvoorbeeld programma's als HYDRA (BOUWKNEGT, 1978) en SIMWAT (QUERNER, 1986). De koppeling tussen SWW en HYDRA of SIMWAT zal in de nabije toekomst gaan plaatsvinden. Daarbij is het de bedoeling gebruik te maken van de gegevens van het oppervlaktewaterstelsel zoals vastgelegd in de zgn. 'leggers'. Voor de berekening van het percentage open water,  $f_{ow}$ , wordt uitgegaan van het schematisch profiel volgens fig. 2.5. Bij elk niveau van  $h_o$  is  $f_{ow}$  te berekenen als:

$$f_{ow} = \frac{b + 2n(h_o - h_b)}{L} ; h_o > h_b \quad (2.25)$$

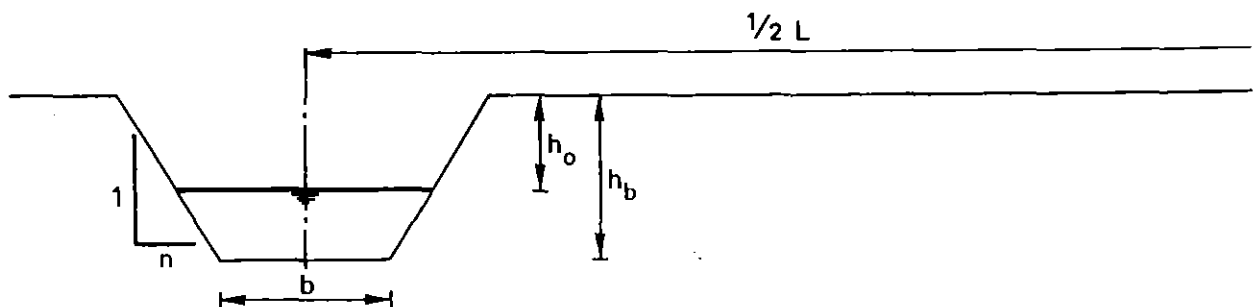


Fig. 2.5. Schematisch profiel van de watergangen zoals gebruikt in de berekening van het percentage openwater

waarin:  $b$  = de bodembreedte (m)

$n$  = helling van het talud van de watergang (-) en

$L$  = de gemiddelde afstand tussen de beheersbare watergangen (m)

De belangrijkste sturingsvariabelen is het te handhaven streefpeil,  $h_{o,s}$ . Door VAN BAKEL (1985) is uitgebreid beschreven hoe de beheersregels voor het instellen van dit peil zijn te koppelen aan de grondwaterstanden en de vochtvoorraad in de wortelzone.

Een van het streefpeil afgeleide sturingsvariabele is de wateraanvoer. In periodes dat aanvoer is toegestaan, is deze in principe gelijk aan de maximale aanvoercapaciteit,  $a_{max}$ . Echter in het geval er een voorspelbare af-

voer zal plaatsvinden in de loop van de periode waarvoor de aanvoer wordt vastgelegd, zal de aanvoer worden gereduceerd. Dit gaat als volgt. Men kan voor een gefixeerde aanvoer de verandering in open waterpeil benaderen door de waterbalansvergelijking voor het open waterstelsel een bepaalde periode vooruit te tekenen. Dit levert een open waterpeil op dat gelijk moet zijn aan het ideaal geachte stuwpeil. Indien het daarvan afwijkt kan de waterbalansvergelijking opnieuw worden opgelost met een ander aanvoerdebiet, tot men het juiste aanvoerdebiet heeft gevonden.

### **Modellering van de indirecte gevolgen van wateroverlast**

Hoge watergehalten in het bodemprofiel kunnen tot gevolg hebben dat de zuurstofhuishouding belemmerd wordt voor de wateropname door de wortels. De modellering van dit proces in het model SWW gebeurt via het specificeren van de waarden  $h_{p1}$  en  $h_{p2}$  in de  $\alpha(h_p)$ -relatie (zie fig. 2.1).

Er zijn echter ook indirecte effecten van natte omstandigheden die niet procesmatig in SWW worden meegenomen, zoals het niet kunnen berijden of bewerken van de grond, of een vertraging in de kieming en opkomst door lagere grondtemperaturen, of extra beweidings- of berijdingsverliezen bij grasland.

In het kader van de HELP-studie is voor akkerbouwgewassen een procedure ontwikkeld om deze verliezen te kwantificeren (VAN WIJK en FEDDES, 1986). Deze procedure is, enigszins aangepast, overgenomen. Dit houdt het volgende in. Het model SWW simuleert de drukhoogte op 5 cm beneden maaiveld. Boven een bepaalde grenswaarde kan er geen grondbewerking, zaaien of poten plaatsvinden. Dagen waarop deze grenswaarde wordt overschreden gelden als niet-werkbare dagen. Door een boekhouding van het aantal werkbare dagen kan bepaald worden wanneer het gewas gezaaid of gepoot kan zijn. Verder kan op basis van de luchttemperatuur en de vochttoestand van de bodem via een empirische relatie een temperatuursom vanaf zaaien of planten worden bepaald. Zodra deze temperaturen de benodigde temperatuursom voor opkomst van het gewas overschrijdt, is het 'modelgewas' opgekomen. Vanaf dat moment neemt de bodembedekkingsgraad eerst toe tot 1, blijft dan gedurende een zekere periode gelijk aan 1 en neemt vervolgens weer af. Een verlate opkomst heeft tot gevolg dat het tijdsverloop in de bedekkingsgraad als het ware in elkaar wordt gedrukt, hetgeen een uitdrukking is voor een verkort groeiseizoen met als resultaat een gereduceerde verdamping (en opbrengst).

Aangezien veelal de kennis over de parameterwaarden in de boven beschreven

processen onvoldoende is, bestaat de mogelijkheid om de opkomstdatum in te voeren.

Voor het tijdig oogsten van het gewas zijn gedurende de oogstperiode een zeker aantal werkbare dagen nodig. Een dag wordt als werkbaar gedefinieerd als de drukhoogte op 5 cm beneden maaiveld kleiner of gelijk is aan -60 cm. Wederom kan via een boekhouding het aantal werkbare dagen worden bepaald. Zodra het werkelijke aantal lager is dan het benodigde aantal zal een gedeelte van het gewas te laat worden geoogst met als gevolg een reductie in de opbrengst. Voor grasland is een vergelijkbare procedure nog niet operationeel. Daarom wordt hierbij (nog) gewerkt met relaties waarin de opbrengstreductie door wateroverlast een functie is van de gemiddeld hoogste respectievelijk gemiddeld laagste grondwaterstand (GHG resp. GLG); zie WERKGROEP LANDBOUWKUNDIGE ASPECTEN, 1984.

### 3. RANDVOORWAARDEN VOOR TOEPASSING VAN HET SIMULATIEMODEL SWW ALS BEGELEI- DINGSSYSTEEM VOOR HET PEILBEHEER

#### 3.1. INLEIDING

Zoals reeds in de inleiding is beschreven is het uitvoeren van goed peilbeheer een moeilijk probleem. Er is dus een 'markt' voor methoden die daarbij behulpzaam kunnen zijn. Een voor de hand liggende methode is het toepassen van een regelsysteem gekoppeld aan een aantal meetpunten voor de grondwaterstand en het open waterpeil en waarbij tevens gebruik wordt gemaakt van informatie omtrent de weersgesteldheid. De bedoeling van dit hoofdstuk is om potentiële gebruikers van het simulatiemodel SWW, als regelsysteem voor het peilbeheer, te attenderen op de randvoorwaarden voor toepassing. Op de eerste plaats is dat de toegang tot een computer, en personeel die dit apparaat kunnen beheren en bedienen. Hierop zal niet nader worden ingegaan. Wel zal in hoofdstuk 4 worden beschreven aan welke specificaties de computer moet voldoen.

Het grootste probleem is echter de beschikbaarheid van gegevens. Daarom zal de rest van dit hoofdstuk hieraan zijn gewijd, waarbij is getracht een handleiding te verschaffen hoe de potentiële gebruiker deze tot zijn beschikking kan krijgen.

#### 3.2. BENODIGDE GEGEVENS

Uit de beschrijving van de theoretische achtergronden en de modellering in hoofdstuk 2 is af te leiden welke gegevens, eventueel per beheerseenheid, bekend moeten zijn.

##### **Meteorologische gegevens**

Bij gebruik van de formule Makkink (verg. 2.1.) zijn - op dagbasis - slechts gegevens nodig van de globale straling en de temperatuur. Echter door het Consulentenschap voor Bodem-, Water en Bemestingszaken in de Akker- en Tuinbouw worden de dagwaarden van de referentie-gewasverdampingscijfers, met

een vertraging van 1 à 2 dagen, voor de hoofdstations Eelde, De Bilt, Den Helder, Vlissingen en Beek, voor de maanden april t/m oktober verstrekt. Het is aan te bevelen hiervan zoveel mogelijk gebruik te maken. Bij het gebruik van historische reeksen kan het nodig zijn gebruik te maken van de Penman-Monteith formule (verg. 2.3). In dat geval zijn op dagbasis gegevens nodig over temperatuur, netto straling, windsnelheid en relatieve luchtvochtigheid of dampdruk. Indien in plaats van de netto straling de inkomende kortgolvlige straling beschikbaar is, kan eerstgenoemde hieruit worden afgeleid volgens:

$$Q^* = (1 - r) K_d + L^* \quad (3.1)$$

waarin:  $r$  = de albedo (-)

$L^*$  = de netto langdurige stralingsstroomdichtheid ( $W \cdot m^{-2}$ ), die kan worden berekend uit de temperatuur, de kortgolvlige stralingsstroomdichtheid en relatieve luchtvochtigheid (AD HOC GROEP VERDAMPING, 1984).

Neerslag vertoont meer ruimtelijke variatie dan verdamping. Het is dan ook raadzaam deze ter plaatse te meten.

#### Gewasgegevens

Voor de berekening van de potentiële en actuele gewas- en bodemverdamping zijn een groot aantal gegevens nodig die per gewas bekend moeten zijn. Het betreft hier:

- een tabel van de reductiefactoren, ter berekening van de potentiële verdamping uit de referentie-gewasverdamping, in het geval de Makkink-formule (verg. 2.2) wordt toegepast;
- de gewasweerstand  $r_c$ ;
- het albedo  $r$ ;
- de benodigde temperatuursom  $F$ , voor opkomst bij gewassen die in het voorjaar worden gezaaid of gepoot;
- coëfficiënten die de correctie op de temperatuursom bepalen als gevolg van te natte of te droge omstandigheden (fig. 2.3);
- de drempelwaarde ter berekening van de temperatuursom  $T_{min}$ ;
- de maximum gewashoogte;
- de parameters  $d_{s1}$  en  $d_{s2}$ , die het verloop van het ontwikkelingsstadium bepalen (fig. 2.2);
- de parameters  $h_{p1}$  tot en met  $h_{p4}$  (fig. 2.1) en het type van de Sink term; vergelijking (2.8) of verg. (2.9);

- het verloop van de reductie tussen  $h_{p3}$  en  $h_{p4}$  (fig. 2.1); lineair of asymptotisch;
- de maximale bewortelingsdiepte;
- de coëfficiënten ter berekening van de LAI uit de bodembedekkingsgraad;
- de coëfficiënten ter berekening van de interceptieverdamping uit de neerslag;
- de maximale interceptieverdamping;
- de coëfficiënten ter berekening van de gewashoogte uit de bodembedekkingsgraad.

### **Gegevens over wateroverlast**

In hoofdstuk 2 is besproken hoe voor akkerbouwgewassen de indirecte effecten van wateroverlast zijn gemodelleerd. Hiervoor zijn per gewas gegevens nodig over:

- minimaal vereiste waterdruk in het bovenste compartiment voor berijding;
- de vroegst mogelijke datum waarop wordt begonnen met de voorjaarswerkzaamheden;
- het benodigd aantal dagen om op tijd te kunnen zaaien/poten;
- de opbrengstverlaging per dag vertraging in de laatst mogelijke poot/zaaidatum waarop nog geen reductie optreedt;
- de vroegst mogelijke oogstdatum;
- de duur van de oogstwerkzaamheden;
- de laatste datum van de oogst zonder oogstverlies;
- de opbrengstverlaging per dag overschrijding van de laatst mogelijke oogstdatum.

Voor grasland zijn, zoals gezegd, de LAGO-relaties van toepassing en deze behoeven niet te worden ingevoerd.

Met name de vaststelling van de gewasgegevens en de gegevens ter bepaling van de wateroverlast vereisen vrij veel specifieke kennis. Daarom is er naar gestreefd van de meest voorkomende gewassen deze gegevens ter beschikking te hebben voor de gebruiker in de vorm van invoerfiles met daarop de benodigde gegevens in de juiste format.

Het betreft hier:

- grasland;
- aardappelen;
- mais.

### **Bodemfysische eigenschappen**

Van elk gebied in Nederland is een bodemkaart, schaal 1:50 000, beschikbaar. Verder is beschikbaar een standaardreeks van bodemfysische eigenschappen (i.c. de vocht karakteristiek en het capillair geleidingsvermogen) van een aantal bouwstenen, de zgn. Staringreeks (WÖSTEN e.a., 1986). Een eerste schatting van de bodemfysische eigenschappen van een beheerseenheid is om van het meest representatieve bodemprofiel de bodemopbouw in termen van Staringreeks-bouwstenen vast te stellen. Een volgende stap bestaat uit het (laten) vaststellen van deze eigenschappen met behulp van een op de bodem in het gebied betrekking hebbend laboratorium- en veldonderzoek. Uit onderzoek van o.a. WÖSTEN e.a. (1985) is de conclusie te trekken dat, indien men geïnteresseerd is in gemiddelden over een zeker gebied (en dat is bij peil-beheer het geval), de schaal 1:50 000 goed voldoet.

### **Maaiveldshoogteligging**

Binnen een beheerseenheid komen altijd maaiveldshoogteverschillen voor. Vooral in wat hellende gebieden of gebieden met een behoorlijk reliëf kan dit ertoe leiden dat sommige delen te hoog liggen om van de grondwaterstandsbeïnvloeding door peilbeheer te profiteren. Het is dus beter bij het peilbeheer deze hoger gelegen gedeelten niet mee te tellen. Van het overblijvende profiterende oppervlakte kan met behulp van hoogtelijnen- en/of hoogtecijferkaarten de gemiddelde maaiveldhoogte en de variatie daarin (uitgedrukt als standaardafwijking) worden afgeleid.

Resteert de vraag waar de grens tussen wel- en niet-profilerend oppervlakte moet worden gelegd. Op basis van het onderzoek 'De Monden' ligt deze grens voor zand-, veen- en moerige gronden op circa 1,20 m boven zomerpeil. In diverse waterbeheersplannen wordt echter de grens van 1,00 m boven zomerpeil gehanteerd.

### **Relatie oppervlaktewater-grondwater**

De grondwaterstroming van of naar de ontwateringsmiddelen,  $q_d$  ( $\text{cm.d}^{-1}$ )

kan worden beschreven met de vergelijking (2.19) tot en met (2.21).

Toegepast op het niet-beheersbaar stelsel kan voor  $h_{b,s}$  worden gelezen de effectieve bodemhoogte (op te vatten als dat niveau waar beneden geen transport van water in de lengterichting van de watergang mogelijk is). In de regel ontbreekt het aan gegevens om de ontwateringsweerstand van het niet-beheersbaar stelsel te berekenen. Aangezien deze weerstand wel van belang is om de hydrologische situatie in perioden met hoge grondwaterstan-

den te berekenen, kan in eerste instantie worden uitgegaan van de bekende ontwateringscriteria (zie hiervoor o.a. WERKGROEP AFVOERBEREKENINGEN, 1979).

Toepassing van de vergelijkingen op het beheersbaar stelsel veronderstelt dat de ontwateringsweerstand hiervan zowel in de drainage als subinfiltratie-toestand bekend is. In de regel blijkt dit één van de moeilijkst te achterhalen gegevens. Ten behoeve van het grondwaterplan Drenthe (TECHNISCHE WERKGROEP GRONDWATERPLAN, 1984) is een methode ontwikkeld die ten behoeve van de aanvoerstudie 'Water naar het tussen-10-plan gebied' nader is uitgewerkt (KEESMAN e.a., 1985). Voor toepassing van deze methode worden de beheersbare watergangen in klassen ingedeeld en dienen per waterloopklasse de volgende gegevens bekend te zijn:

- gemiddelde afstand tussen de beheersbare waterlopen;
- geo-hydrologische opbouw i.c. de opbouw in watervoerende en weerstand-biedende lagen en de daarbij behorende parameters;
- weerstand van de waterbodem (dit is de bodem van de watergang die zich onder de waterspiegel bevindt).

Het eerstgenoemde gegeven is met behulp van kaarten goed vast te stellen, de overige gegevens kunnen alleen na veldonderzoek worden bepaald.

Een praktisch toepasbare werkwijze is een indeling in beheersbaar secundair en beheersbaar tertiair oppervlaktewaterstelsel. De secundaire watergangen zijn in onderhoud bij de waterschappen, de tertiaire zijn bijv. goed onderhouden kavelsloten (schouwsloten), waarvan de bodem op een zodanig niveau ligt dat bij zomerpeil het water deze sloot kan instromen. Per klasse moet de drainageweerstand bekend zijn. Indien alleen de totale weerstand van de beheersbare watergangen bekend, vindt een opsplitsing plaats naar secundair en tertiair stelsel evenredig met de gemiddelde afstand en omgekeerd evenredig met de natuurlijke logaritme van de natte omtrek.

Een apart punt van aandacht is de aanwezigheid van buisdrainage. In de regel zal men met het zomerpeil onder het niveau blijven waarop de drains zijn gelegd. In dat geval maakt het buisdrainagesysteem deel uit van het niet-beheersbare systeem. Echter indien dit niet het geval is, zorgt buisdrainage voor een verlaging van de ontwateringsweerstand in het beheersbare deel. Daarbij hoort wel de veronderstelling dat de drainbuizen ook bij subinfiltratie goed blijven functioneren.

Zoals gezegd is de kwantificering van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater een van de moeilijkst te bepalen relaties. Daarom is in SWW een



mogelijkheid gecreëerd die in veel gevallen beter aansluit bij de veldkennis omtrent deze relatie. Deze methode zal hierna uitvoerig worden beschreven.

Stel we beschikken over meetgegevens waarbij in een situatie van vrije afwatering tegelijkertijd de afvoer van een peilvak en de grondwaterstand op een representatieve lokatie binnen dit peilvak is gemeten. Uitzetten van deze paren van meetgegevens in een figuur levert een puntenverzameling op. In de regel is hier wel een exponentieel verband tussen afvoer,  $q$  en grondwaterstandsdiepte,  $h^*$  uit af te leiden (Fig. 3.1) dat ook theoretisch is te onderbouwen (ERNST, 1978).

Deze zogenaamde  $q(h^*)$ -relatie kan geschreven worden als:

$$q(h^*) = \alpha \exp(\beta h^*) \quad (3.2)$$

De afgeleide van deze relatie,  $dq/dh^*$  is de reciproke van de drainageweersstandsrelatie:

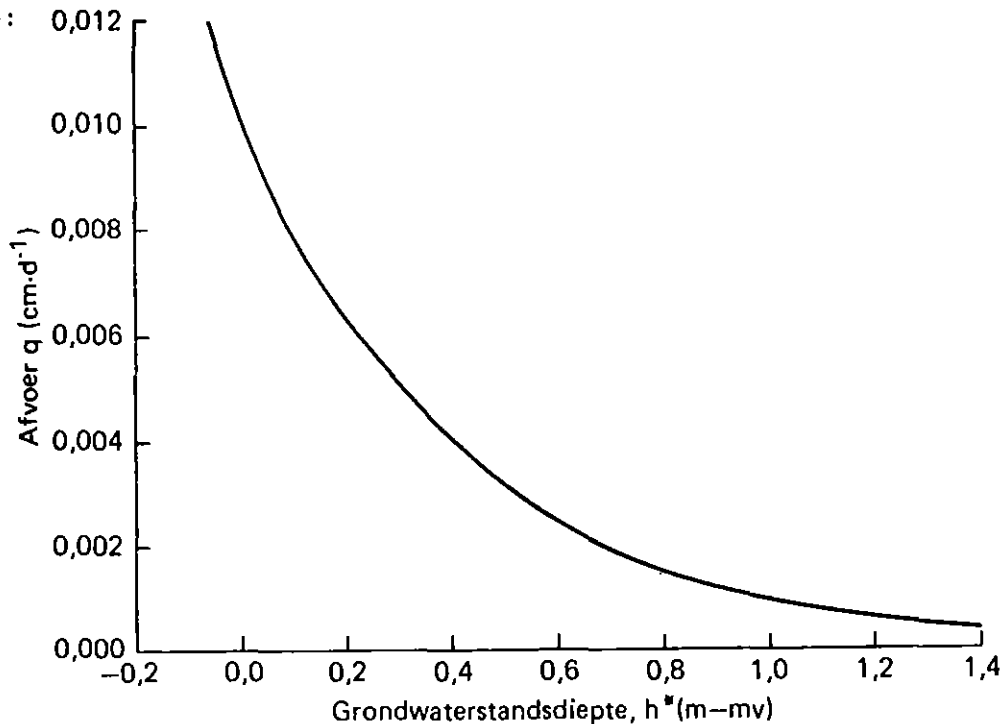


Fig. 3.1 Grafische voorstelling van de exponentiële relatie tussen de grondwaterstandsdiepte,  $h^*$  en de afvoer naar de ontwateringsmiddelen,  $q$

$$1/T(h^*) = \alpha \beta \exp(\beta h^*) \quad (3.3)$$

$$T(h^*) = \frac{1}{\alpha \beta \exp(\beta h^*)} = \frac{1}{\alpha \beta} \exp(-\beta h^*) = \alpha' \exp(\beta' h^*) \quad (3.4)$$

De fysische verklaring voor een exponentiële relatie is dat steeds meer watergangen mee gaan doen bij stijgende grondwaterstand terwijl die toename sneller gaat naarmate de grondwaterstand dichterbij het maaiveld komt.

De  $q(h^*)$ -relatie bevat geen variabele voor het open waterpeil. Immers er wordt vanuit gegaan dat de waterstand in de watergangen niet afhankelijk is van de afvoer (en dus van  $h^*$ ). ERNST (1978) heeft aangetoond dat het in rekening brengen van een afvoer-afhankelijke waterstand in de watergang bij beekdalsystemen nauwelijks een verandering in de  $q(h^*)$ -relatie tot gevolg heeft.

Anders wordt het als we peilbeheer in rekening brengen. Dan is namelijk het open waterpeil in principe onafhankelijk van de afvoer (althans het beheersbare deel). In dat geval wordt de volgende werkwijze voorgesteld:

1. De volgens vergelijking (3.4) gegeven  $q(h^*)$ -relatie wordt in grafiek gezet (Fig. 3.2).
2. Het beheersbaar deel wordt zo mogelijk opgesplitst in een secundair beheersbaar deel en een tertiair beheersbaar deel.
3. De representatieve bodemhoogten van beide klassen,  $h_s^*$  respectievelijk  $h_t^*$ , worden op de x-as aangegeven, te zamen met het zomerpeil,  $h_{zp}^*$ .
4. De  $T(h^*)$ -relatie wordt gedeeltelijk gelineariseerd zoals in Fig. 3.2. is aangegeven.
5. De weerstand van het secundair beheersbaar stelsel is te schrijven als:

$$T_s(h^*) = T(ht^*) + tg(\omega_1) (h^* - ht^*); ht^* < h^* < h_s^* \quad (3.5)$$

$$T_s(h^*) = \infty; h^* > h_s^* \quad (3.6)$$

$$T_s(h^*) = T(ht^*); h^* < ht^* \quad (3.7)$$

Voor  $h^*$  kan ook gelezen worden  $h_o^*$ .

6. De weerstand van het tertiair beheersbaar stelsel is te schrijven als:

$$1/T_t(h^*) = 1/T(h^*) - 1/T_s(h^*) = 1/[T(h_{zp}^*) + tg(\omega_2)(h^* - h_{zp}^*)] - 1/T(ht^*); h_{zp}^* < h^* < ht^* \quad (3.8)$$

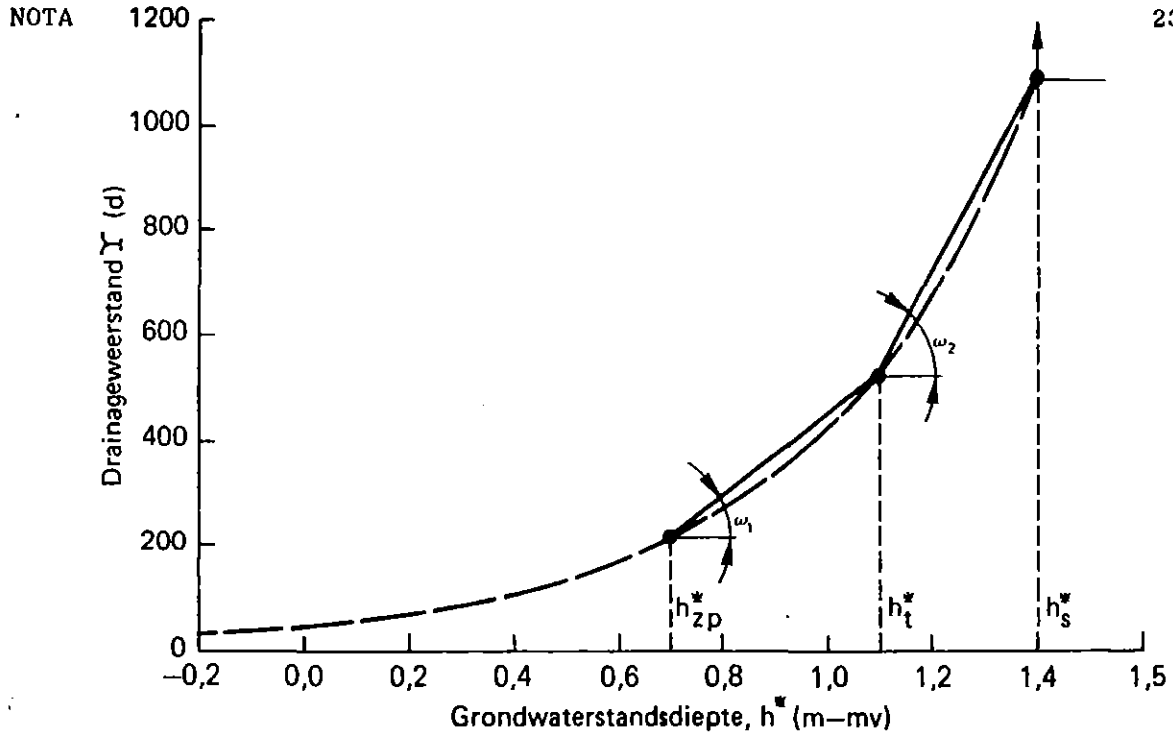


Fig. 3.2 Grafische weergave tussen de grondwaterstandsdiepte,  $h^*$  en de drainageweerstand,  $T$ , afgeleid uit een exponentiële  $q(h)$ -relatie en de linearisatie t.b.v. de opdeling van de beheersbare watergangen in een beperkt aantal klassen.

$\omega_1$  resp.  $\omega_2$  = hellingshoek van de gelineariseerde relatie bij  $h^* = h_{zp}^*$  respectievelijk  $h_t^*$

$h_{zp}^*$  = grondwaterstandsdiepte gelijk aan zomerpeil (cm-mv)

$h_t^*$  = grondwaterstandsdiepte gelijk aan bodemhoogte van het tertiair beheersbaar open waterstelsel (cm -mv)

$h_s^*$  = grondwaterstandsdiepte gelijk aan bodemhoogte van het secundair beheersbaar open waterstelsel (cm -mv)

$$T_t(h^*) = \infty; h^* > h_t^* \quad (3.9)$$

$$1/T_t(h^*) = 1/T(h_{zp}^*) - 1/T(h_t^*) ; h^* < h_{zp}^* \quad (3.10)$$

7. De weerstand van het niet-beheersbaar tertiair (greppel-)systeem is te schrijven als:

$$\begin{aligned} 1/T_g(h^*) &= 1/T(h^*) - 1/T(h_{zp}^*) \\ &= \alpha \beta \exp(\beta h^*) - 1/T(h_{zp}^*) ; h^* \leq h_{zp}^* \end{aligned} \quad (3.11)$$

$$T_g(h^*) = \infty; h^* > h_{zp}^* \quad (3.12)$$

Er zijn de volgende gevallen te onderscheiden:

a. vrij afwaterend

$$h^* < h_{zp}^*$$

$$h_o^* > h_{zp}^*$$

$$q_{grep} = \alpha \exp(\beta h^*) - (h_{zp}^* - h^*)/T(h_{zp}^*) \quad (3.13)$$

b. gestremde afvoer

$$h^* < h_o^*$$

$$h_o^* < h_{zp}^*$$

$$q_{grep} = \alpha \exp(\beta h^*) - \alpha \exp(\beta h_o^*) - (h_o^* - h^*)/T(h_{zp}^*) \quad (3.14)$$

- c. infiltratie vanuit  
 niet-beheersbaar systeem  
 (niet erg waarschijnlijk)  
 $h^* > h_o^*$   
 $h_o^* < h_{zp}^*$

$$q_{greq} = (h^* - h_o^*) / T_g(h_o^*) \quad (3.15)$$

Een soortgelijke beschouwing als is gegeven voor een exponentiële  $q(h^*)$ -relatie is op te zetten voor elke differentieerbare  $q(h^*)$ -relatie, bijvoorbeeld een polynoom van de  $n$ -de graad. Alhoewel een polynoom zich beter leent om te fitten op een gemeten verband tussen grondwaterstand en afvoer, heeft het als groot nadeel dat men aan de coëfficiënten geen fysische betekenis kan toekennen en dat bij extrapolatie fysisch onrealistische resultaten worden geproduceerd. Ook kan linearisering van de  $q(h^*)$ -relatie volledig achterwege blijven. Er is echter gekozen voor linearisering omdat dat aansluit bij de opdeling in een beperkt aantal te onderscheiden klassen van watergangen. In het geval geen gemeten  $q(h)$  relaties tot onze beschikking staan, bestaat de mogelijkheid om de  $q(h)$ -relatie te koppelen aan de grondwatertrap, door een langjarige reeks door te rekenen en de kwel/wegzijging en de  $q(h)$ -relatie iteratief bij te stellen totdat berekende GHG en GLG in voldoende mate overeenstemmen met de GHG en GLG-waarden behorende bij de betreffende grondwatertrap. Een procedure hiervoor is reeds getest en heeft tot bevredigende resultaten geleid (BEEKMAN, in voorbereiding).

#### **Kwel/wegzijging**

Kwel of wegzijging wordt gedefinieerd als de hoeveelheid grondwater die in een bepaald gebied via het verzadigd grondwatersysteem netto wordt aangevoerd respectievelijk wordt afgevoerd, uitgedrukt per eenheid van tijd en oppervlakte.

In de meeste gebieden in Nederland zijn studies van de regionale grondwaterstroming verricht, waaruit op zijn minst het regionale patroon van kwel of wegzijging redelijk kan worden bepaald. Een andere bron van informatie in dit opzicht zijn de verschillen in afvoer tussen de diverse beheerseenheden. Verder geven de gehanteerde grondwatertrappen en het voorkomen van bepaalde vegetaties indicaties omtrent de intensiteit van kwel of wegzijging.

### Oppervlaktewaterstelsel

Een zinvolle opsplitsing van het oppervlaktewaterstelsel binnen een waterschap is in dit verband wederom die tussen niet-beheersbaar (of vrij afwaterend) en beheersbaar systeem. Wat het eerste systeem betreft: hiervan is het in de regel niet nodig het bergend vermogen en de stromingsweerstand te kennen. De enige gegevens die nodig zijn, zijn de effectieve ontwateringsdiepte en de drainageweerstand van dit systeem. Van het beheersbaar secundair systeem zijn uit de beheersplannen de eigenschappen die voor toepassingen van het simulatiemodel bekend moeten zijn per peilvak af te leiden, namelijk:

- De in te stellen peilen, te weten het zomerpeil en het winterpeil. Deze moeten bekend zijn ten opzichte van NAP. Een probleem kan zijn dat deze peilen gekoppeld zijn aan de debieten in de watergangen. Er is dan sprake van verhanglijnen. Met name in de wintersituatie is dat meestal het geval. Aangezien het model geen rekening houdt met opstuwing in de watergangen kan voor het winterpeil het beste de gemiddelde waterstand van een peilvak (of althans het profiterend oppervlakte) bij een kwart van de maatgevende afvoer worden genomen. In aanvoersituaties zijn de debieten veel geringer en zijn de waterdieptes in de watergangen ook groter. Ondanks de dan aanwezige sterkere begroeiing in de watergangen wordt aangenomen dat het verhang (voor de berekeningen althans) verwaarloosbaar is.
- Soms zijn de beweegbare stuwten hoger op te zetten dan het zomerpeil aangeeft. Met andere woorden het stuwtraject van beweegbare stuwten kan afwijken van het traject zomerpeil-winterpeil. Daarom is het stuwtraject een gegeven dat bekend moet zijn.
- De relatie tussen waterdiepte in het systeem en het waterbergend vermogen (uitgedrukt per eenheid van oppervlakte). Deze relatie wordt door het programma zelf berekend als daartoe zijn opgegeven de bodemdiepte, de bodembreedte, het talud en de gemiddelde onderlinge afstand tussen de afwateringsmiddelen.
- De maximale aanvoercapaciteit, uitgedrukt per eenheid van oppervlakte, bijvoorbeeld  $\text{cm.d}^{-1}$  of  $\text{l.s.}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ .

Indien een beheersbaar tertiair systeem aanwezig is moet hiervan bekend zijn de bodemdiepte, de bodembreedte, het talud en de gemiddelde onderlinge afstand.

Van het niet-beheersbaar tertiair systeem moet worden opgegeven de ontwateringsbasis en de drainageweerstand.

### **Beheersregels voor het peilbeheer**

Het meest gewenste streefpeil op elk tijdstip gedurende het jaar is gekoppeld aan de grondwaterstand op dat tijdstip. Het ter beschikking hebben van een peilbuis die representatief is voor de beheerseenheid waarvoor het streefpeil wordt vastgesteld, is dus noodzakelijk. Echter indien geen peilbuisgegevens beschikbaar zijn, wordt automatisch overgegaan op de door het model zelf te berekenen grondwaterstand.

Verder is het streefpeil gekoppeld aan de vochtvoorraad in de wortelzone.

Er wordt vanuit gegaan dat het meten van deze grootte nochtans veel problemen oplevert, zodat wordt gewerkt met gesimuleerde waarden. In de vorm van twee tabellen wordt per fase (dit is een bepaalde klasse van open waterpeil, bijvoorbeeld tussen 140 en 130 cm - mv) gespecificeerd aan welke minimum eisen grondwaterstand en tekort aan water in de wortelzone moeten voldoen. Het vaststellen van deze tabellen kan geschieden aan de hand van het doorrekenen van een historische reeks van jaren, waarbij via 'trial and error' de eisen worden vastgesteld of via het vooruit rekenen met (standaard) meteorologische gegevens. Deze laatste methode is echter nog in onderzoek. Een laatste onderdeel bij het specificeren van beheersregels is het vastleggen van data waarop mag of kan worden begonnen met het opzetten van het peil, met het aanvoeren van water en van het moment waarop het winterpeil moet zijn bereikt.

### **Beheersregels voor berekening uit oppervlaktewater**

Per gewas moeten worden gespecificeerd:

- de maximale bruto gift die in een beurt wordt gegeven;
- het minimum beregeningsinterval;
- een kritieke pF-waarde in de wortelzone, waarboven beregening mag plaatsvinden.

Voor de verhouding bruto/netto gift wordt .85 aangehouden. Verder is in de SWW ingebouwd dat er geen berekening plaats vindt als de neerslagsom van de betreffende dag groter is dan 10 mm.

## 4. BESCHRIJVING VAN HET PROGRAMMA SWW

### 4.1. INLEIDING

Het onderzoek naar de landbouwwaterhuishouding op het ICW heeft geleid tot de ontwikkeling van simulatiemodellen, waarmee ingrepen in de waterhuishouding kunnen worden nagebootst. Op onderzoeksschaal zijn deze modellen ingezet om de optimale ontwateringstoestand van een aantal proefgebieden vast te stellen. Tegenwoordig dienen deze modellen ook veelvuldig om de schade van ingrepen vast te stellen.

Men kan hieruit de conclusie trekken dat deze modellen de pure onderzoeksfase ontgroeid zijn en operationeel zijn om het waterbeheer te ondersteunen.

Ook tegen de achtergrond van de meetplicht, die voor Waterschappen en andere waterbeheerders zal worden vastgelegd, is de introductie van gegevens-verwerkende modellen een logisch vervolg. Het zal immers onmogelijk zijn de enorme hoeveelheid extra gegevens handmatig te interpreteren en te verwerken. De tendens naar integraal waterbeheer, inhoudende het behartigen van de belangen ten aanzien van de waterkwaliteit en kwantiteit alsmede het peilbeheer, voor de verschillende belangensectoren zal de taak van de toekomstige waterbeheerder nog complexer maken.

Een praktisch bruikbaar resultaat van het onderzoeksinstrumentarium is een peilbeheermodel voor vlakke gebieden. Dit model is ontwikkeld uit een gezamenlijk initiatief van het Waterschap de Veenmarken, de Landinrichtingdienst en het ICW.

De specificatie voor het model luidde:

- zij moet het verloop van de grondwaterstand simuleren in relatie tot het gevoerde peilbeheer, de meteorologische conditie en het gewas;
- zij moet op basis van deze simulatie een interpretatie geven van het in te stellen stuwpeil;
- zij moet op elk gewenst moment meetgegevens van stuwpeil en grondwaterstand kunnen betrekken in haar simulatie en interpretatie;
- zij moet deze simulatie uit kunnen voeren voor alle verschillende beheerseenheden van een waterschap;
- de bediening van het model moet eenvoudig zijn;
- de uitkomsten moeten grafisch en tabellarisch weergegeven kunnen worden

Het programma is vanwege deze specificatie gedoopt met de naam:

Simulatie Waterbeheer voor Waterschappen.

SWW is een afgeleide en een uitbreiding van het SWATRE model voor een-dimensionale simulatie van het watertransport in een bodemprofiel. De theoretische randvoorwaarden van dit model zijn vervangen door meer realistische concepten:

- voor de onderrand van het model moeten de kwelcomponent in het gebied, alsmede de infiltratie- of drainageweerstand van het waterlopenstelsel bekend zijn. Bovendien kunnen gemeten grondwaterstanden en geregistreerde stuwpeilen dienst doen als randvoorwaarde. De infiltratie of drainage vanuit de waterlopen, onder invloed van het stijghoogteverschil tussen het stuwpeil en het grondwater, welke in principe een duidelijke horizontale component heeft, wordt via de afvoerrelatie omgezet in een effectieve verticale component welke binnen het een-dimensionale model-concept past;
- voor de bovenrand van het model moeten de klimatologische gegevens bekend zijn, alsmede het geteelde gewas. Deze combinatie dient om uit te rekenen welk watertransport vanuit het gemodelleerde bodemprofiel naar de atmosfeer plaats vindt.

Voor de bediening van het model is een menu-gestuurde opzet gekozen, in samenhang met een volledig interactieve aanmaak van de invoerfiles. Tegen onrealistische invoer is het programma goeddeels beveiligd. Invoerfiles die niet op interactieve wijze zijn aangemaakt kunnen echter het 'crashen' van het programma tot gevolg hebben. Voor de lokalisatie van de oorzaak is men dan afhankelijk van de systeemmeldingen.

In paragraaf 4.2 wordt de structuur van het model en de benodigde omgeving voor het werken met het programma toegelicht.

De invoer zal in paragraaf 4.3 op gedetailleerde wijze worden beschreven, daar deze uiteraard bepalend is voor de bruikbaarheid van de resultaten van de berekeningen, in casu de interpretatie van het ideaal te achten stuwpeil.

De verschillende concepten die in het model worden gehanteerd zullen in paragraaf 4.4 worden besproken.

De uitvoer komt in paragraaf 4.5 aan bod. De uitvoer presenteert in de huidige versie een klein deel van de beschikbare gegevens. Voor de doeleinden van de gemiddelde gebruiker zal dat overigens voldoende zijn.



#### 4.2. STRUCTUUR EN OMGEVING VAN SWW

Voor het werken met SWW heeft men een normale computerconfiguratie nodig, bestaande uit een CPU, een opslagmedium, een toetsenbord en een scherm. Bij voorkeur dient het scherm grafische mogelijkheden te bezitten. Een printer en een plotter zijn noodzakelijk voor de representatie en opslag op papier. Momenteel is de werking getest op een VAX-configuratie. Bovendien is er een IBM-compatible-PC-versie beschikbaar, die met behulp van een simpel modificatie programma, direkt verkregen kan worden uit de programmalijs van de VAX-versie.

Voor andere systemen zullen wellicht andere aanpassingen noodzakelijk zijn in de I/O organisatie.

De draaiklare versie beslaat een geheugenruimte van 150 Kb.

De commandolijs van het programma beslaat eveneens 150 Kb.

Voor de uitvoer per beheerseenheid en per jaar vraagt het programma een geheugen van 10-100 Kb. Deze uitvoer vraagt dus enige aandacht bij het vaststellen van de benodigde werkruimte op een computersysteem. Voor het probleemloos werken met het programma op praktijkschaal van een waterschap met bijvoorbeeld 100 peilvakken is een vrije werkruimte van 20 Mb. nodig. Deze benodigde werkruimte is vrijwel recht evenredig met het aantal peilvakken.

De structuur van het programma SWW is opgebouwd uit twee lagen:

- het sturings- of keuzeniveau
- het actieniveau

Het actieniveau keert automatisch terug in het keuzeniveau bij beëindiging van de actie, hetzij door completering van de actie, hetzij door een foutenregistratie. Hiervan wordt melding gemaakt in de informatiebalk aan de bovenkant van het schermbeeld. Bovendien wordt daarin de keuze-optie aangegeven via welke de fout opgeheven kan worden.

Een eenvoudig stroomschema van het programma wordt in onderstaande figuur weergegeven:

NOTA/

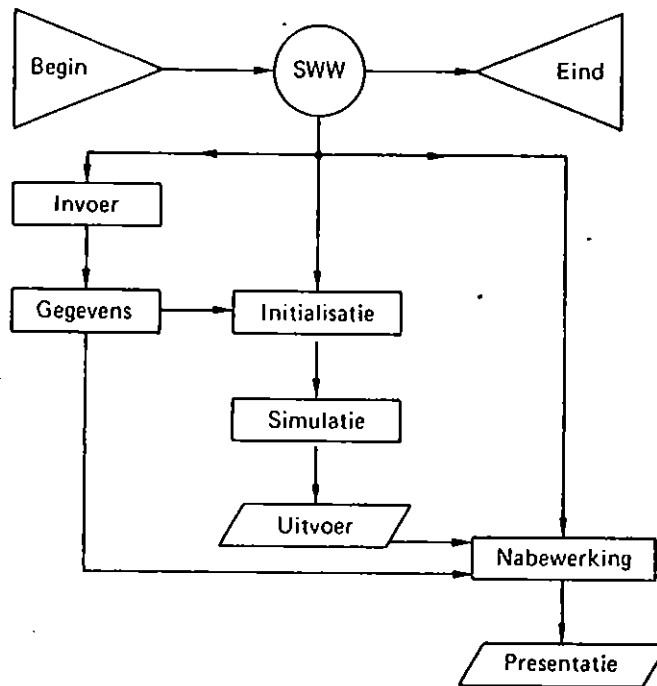


Fig. 4.1. Eenvoudig stroomschema van het programma SWW

De volledige subroutine-structuur van het programma wordt in Fig. 4.8 gegeven.

#### 4.3. INVOER VOOR SWW

De werking van het Simulatie model voor het Waterbeheer van Waterschappen kan goed worden weergegeven met de onderstaande figuur.

Aan de hand van deze figuur kunnen de noodzakelijke invoergegevens voor het programma inzichtelijk worden gemaakt.

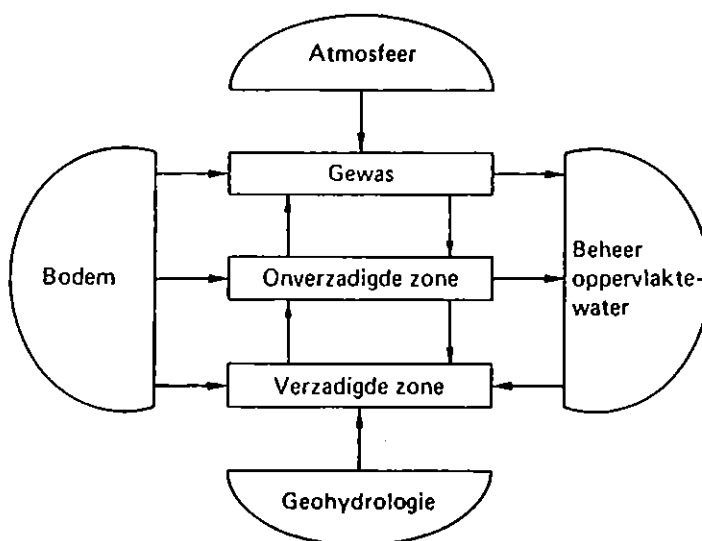


Fig. 4.2. Schema van benodigde invoergegevens van SWW

De invoer kan worden opgedeeld in blokken die elk weer kunnen worden opgedeeld naar functie volgens onderstaand schema:

vaste invoer gegevens	simulatiegebied hydrologie beheer bodem gewas
variabele invoer gegevens	peilen/standen meteorologische gegevens gewaswaarnemingen

Er worden vaste en variabele invoergegevens onderscheiden. De vaste gegevens definiëren respectievelijk het simulatiegebied en de simulatie-eenheden.

Het simulatiegebied is de omschrijving van het gebied in globale kwantitatieve termen: zij wordt onderverdeeld in inlaatgebieden en elk inlaatgebied wordt opgedeeld in simulatie-eenheden, ook wel peilvakken genoemd.

Deze peilvaknummering en inlaatgebied-nummering vormt naast de jaaraanduiding de basis voor het wegschrijven en terugvinden van de simulatie-resultaten en de uitvoer.

De peilvakgegevens definiëren de betreffende simulatie-eenheid, door middel van een referentie naar het bodemtype, het gewas en het geassocieerde meteostation, alsmede informatie over de hydrologie, de cultuurtechnische situatie, topografische gegevens en het na te streven peilbeheer.

De bodemgegevens geven een profielopbouw en de bijbehorende pF-curve in tabelvorm.

De gewasgegevens definiëren alle parameters die in het gewasgroeiconcept zijn opgenomen en welke van invloed zijn op het vochttransport door het gewas.

De variabele gegevens definiëren respectievelijk waarnemingen aan:

- de grondwaterstand
- het peil in de waterlopen
- het weer met betrekking tot de verdampingsvraag en de neerslag
- het gewas met betrekking tot de zaai-, opkomst- of oogstdatum

De vaste gegevens moeten volledig bekend zijn, voor men met het model kan werken. Van de variabele gegevens zijn alleen de klimatologische gegevens van doorslaggevend belang. De betrouwbaarheid van de modeluitkomsten wordt uiteraard verhoogd door meer actuele waarnemingen aan andere variabelen. De betrouwbaarheid hangt echter in belangrijke mate af van de nauwkeu-

righeid waarmee men geslaagd is de simulatie-eenheden te definiëren.  
Onderstaande figuur laat het verband zien tussen de verschillende gegevens-  
lijsten.

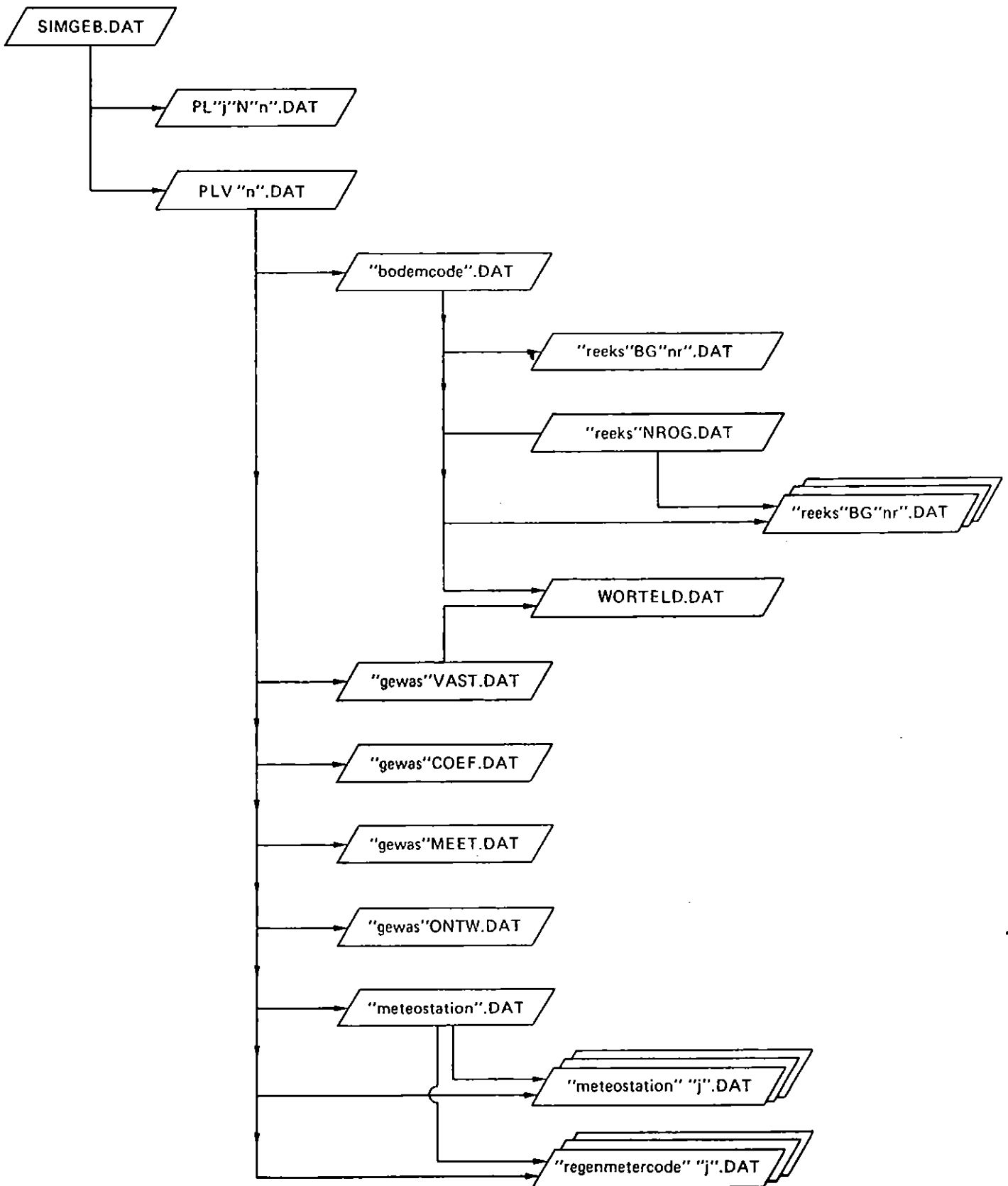


Fig. 4.3. Systeemstroomschema van de hoofdgroep invoerfiles

#### 4.3.1. Het hoofdmenu en vastleggen van het simulatiegebied

Het programma SWW wordt gestart met het commando: \$ run SWW

Indien het programma geladen is op het betreffende systeem dan krijgt men een titelpagina te zien zoals afgedrukt:

### SIMULATIE WATERBEHEER VAN WATERSCHAPPEN

een hulpmiddel voor het volgen  
van het hydrologische gedrag van  
het beheersgebied van een Waterschap

Dit programma is ontwikkeld door:

het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, door W. Beekman

Het programma is samengesteld uit het model SWATRE -

- voor de simulatie van het vochttransport in de onverzadigde zone
- auteurs: Belmans, Feddes, et al.

en het model PEILBEHEER -

- voor de berekening van het optimaal in te stellen stuwpeil
- auteurs: v.Bakel, v.Walsum, et al.

press <return> to continue :

Na het indrukken van de <return> toets verschijnt het hoofdmenu:

hoofdmenu	keuze advies 0
-----------	----------------

kies uit de volgende opties:

begin berekeningen	(0)
invoer klimaatswaarnemingen	(1)
invoer grondwater-en peil waarnemingen	(2)
invoer grondwater-en peil waarn. per peilvak	(3)
invoer gewaswaarnemingen	(4)
invoer vaste peilvakgegevens	(5)
invoer vaste bodemgegevens	(6)
invoer vaste gewasgegevens	(7)
printen of plotten van de weekcijfers	(8)
stoppen van het programma	(9)
keuze:	0

De bovenste regel van dit menu is de informatiebalk die de gebruiker informeert over geconstateerde deficiënties in de invoer als gevolg van de voorgaande opdracht.

Een keuze uit dit menu brengt de gebruiker op het tweede niveau van het

programma.

Indien het programma draait in een maagdelijke omgeving, wat in dit verband inhoud dat alleen een draaiklare versie van het programma is geïnstalleerd, maar geen bijbehorende invoerfiles zijn aangemaakt, zal het volgen van het keuzeadvies leiden tot de registratie dat het simulatiegebied niet is beschreven. Ter plekke kan dit manko worden opgeheven. De gegevens worden opgeslagen onder de naam SIMGEB.DAT.

De volgende set vragen moet door de gebruiker worden ingevuld:

Het simulatiegebied is niet gedefinieerd!

press <return> to continue :

invoer	simulatiegebied		
Waterschap/Organisatie :	ICW-Staringcentrum		
Totaal aantal peilvakken :	260		
Aantal inlaatgebieden :	3		
Aantal peilvakken in inlaatgebied 1 :	250		
Aantal peilvakken in inlaatgebied 2 :	7		
naam inlaatgebied 1 :	inlaat1		
naam inlaatgebied 2 :	inlaat2		
naam inlaatgebied 3 :	inlaat3		
Waarna de berekeningen voortgezet worden:			
alle peilvakken doorrekenen? (j/n)	n		
kies peilvak voor simulatie (1-260)	1		
type de begindatum (dd,mm,yy)	1,1,87		
type einddatum (dd,mm,yy)	1,1,88		
simulatie	1- 1-87	1- 1-88	peilvaknr: 1

Dit is de volledige interactieve initialisatie voor het simuleren van het waterbeheer in het opgegeven simulatiegebied. Uitgaande van een nog onvolledige set invoergegevens zal de simulatie echter direct afbreken, gedurende de controleprocedure. De informatiebalk geeft aan welk probleem op zijn minst moet worden opgelost voor de simulatie gecontinueerd kan worden. In onderstaand voorbeeld moet dus de peilvakgegevens van peilvak 1 (plv1) worden aangemaakt m.b.v. optie 5.

hoofdmenu	keuze advies	5	pvl	1
-----------	--------------	---	-----	---

kies uit de volgende opties:

begin berekeningen	(0)
invoer klimaatswaarnemingen	(1)
invoer grondwater-en peil waarnemingen	(2)
invoer grondwater-en peil waarn. per peilvak	(3)
invoer gewaswaarnemingen	(4)
invoer vaste peilvakgegevens	(5)
invoer vaste bodemgegevens	(6)
invoer vaste gewasgegevens	(7)
printen of plotten van de weekcijfers	(8)
stoppen van het programma	(9)

keuze: 1

Afwijkend van de volgorde van registratie door het programma zullen de verschillende opties hier in volgorde weergegeven worden en de gevraagde invoer besproken worden.

#### 4.3.2. Invoer meteogegevens

Het stroomschema van de invoer van meteogegevens wordt in de volgende figuur inzichtelijk gemaakt :



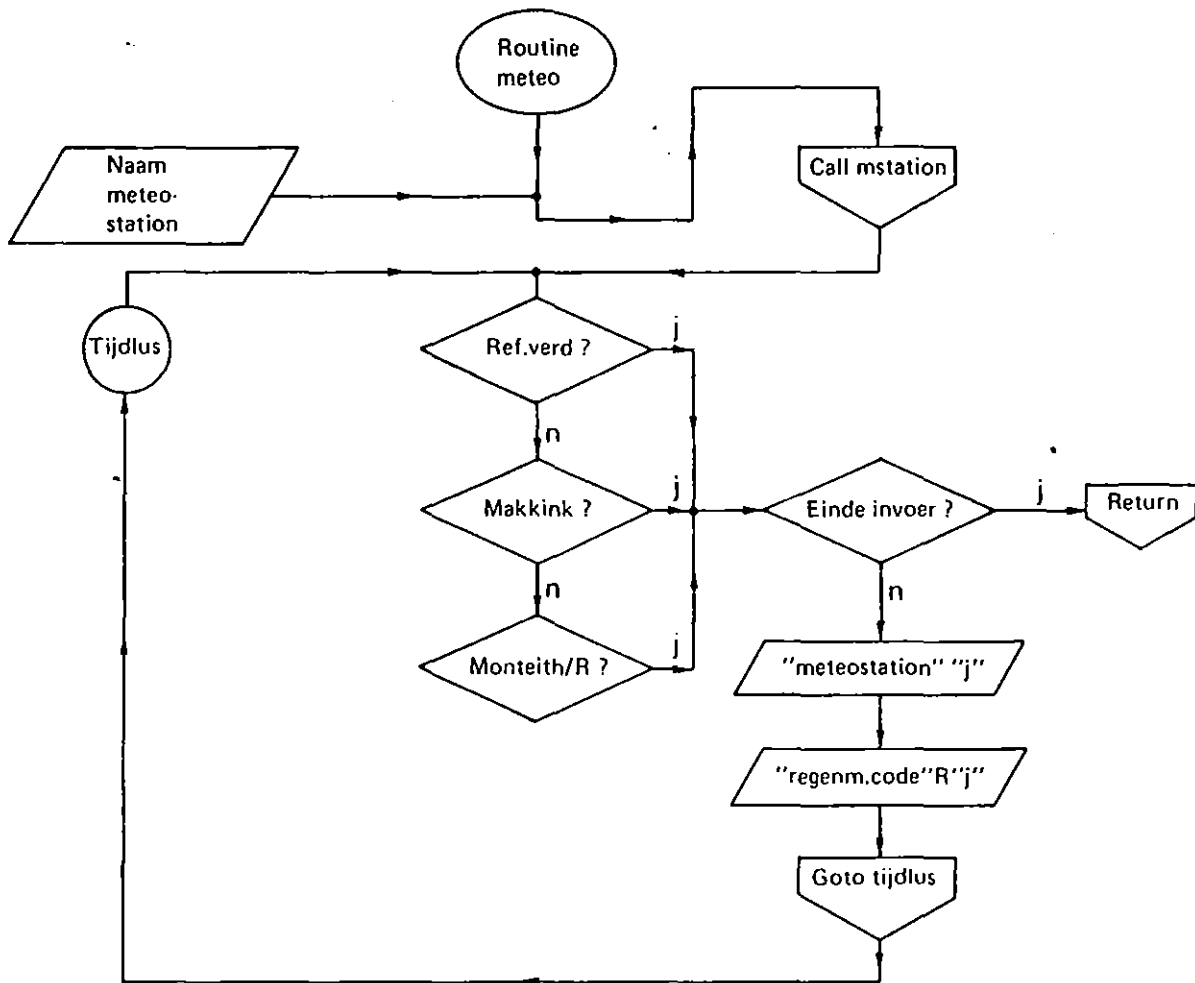


Fig. 4.4. Systeemstroomschema voor invoer van meteogegevens

De werking van bovenstaand schema wordt in het vervolg behandeld.

Keuze 1 van het hoofdmenu geeft de volgende set vragen:

---

<b>invoer</b>	<b>meteo gegevens</b>
---------------	-----------------------

---

**naam meteostation ?** **eelde**

Indien dit meteostation nog niet is gedefinieerd op het zoekgebied van het programma onder de naam 'mstat'.DAT, dan volgt eerst de opvraging van de karakteristieken van dit meteostation in de routine mstation:

**Plaatsnaam meteostation:** **eelde**

**welke invoer voor verdampingsbepaling:**

- |   |          |
|---|----------|
| referentie gewasverdamping              | type (1) |
| verdampingsformule van Makkink          | type (2) |
| verdampingsformule van Monteith/Rijtema | type (3) |
| keuze                                   | -        |

**aantal geregistreerde regenmeters :**

- |                     |     |
|---------------------|-----|
| code regenmeter 1 : | 111 |
| code regenmeter 2 : | 222 |

Daarna wordt de gewone invoer voor meteogegevens hervat:

**begin datum meteogegevens (d,m,jj) ?** **1,1,87**

Afhankelijk van de gekozen verdampingsbepalende karakteristiek, zoals opgeslagen in de file 'mstat'.DAT worden de volgende gegevens opgevraagd:  
 keuze 1 (referentie-gewasverdamping):

---

<b>invoer</b>	<b>meteogegevens</b>	<b>1- 1-87</b>	<b>eelde87</b>
---------------	----------------------	----------------	----------------

---

**voer resp. de volgende gegevens in :**

- gem. dagtemperatuur (C)
  - referentie-gewasverdamping van Makkink (mm)
  - neerslag in resp. de 'n' regenmeters (mm)
- |                        |        |
|------------------------|--------|
| geen gegevens bekend : | type x |
| terug naar hoofdmenu : | type s |
- gem. dagtemperatuur :  
 ref. verdamping Makkink :  
 neerslag regenmeter 1 :  
 neerslag regenmeter 'n' :

keuze 2 (formule van Makkink) :

invoer	meteogegevens	1- 1-87	eelde87
--------	---------------	---------	---------

voer resp. de volgende gegevens in :

gem. dagtemperatuur (C)

globale traling (J/m\*\*2)

neerslag in resp. de 'n' regenmeters (mm)

geen gegevens bekend : type x

terug naar hoofdmenu : type s

gem. dagtemperatuur :

globale straling :

neerslag regenmeter 1 :

neerslag regenmeter 'n' :

keuze 3 (formule van Monteith/Rijtema) :

invoer	meteogegevens	1- 1-87	eelde87
--------	---------------	---------	---------

voer resp. de volgende gegevens in :

gem. dagtemperatuur (C)

globale straling (J/m\*\*2)

windsnelheid (m/s)

waterdampspanning (mbar)

neerslag in resp. de 'n' regenmeters (mm)

geen gegevens bekend : type x

terug naar hoofdmenu : type s

gem. dagtemperatuur :

globale instraling :

windsnelheid :

waterdampdruk :

neerslag regenmeter 1 :

neerslag regenmeter 'n' :

Ten aanzien van de beantwoording kunnen de volgende zaken worden opgemerkt:  
 De naam van het meteostation moet uiteraard consequent zijn in de verschillende files waarin gerefereerd wordt aan dit station. Het programma selecteert op de eerste 5 letters van de naam. Het meteostation 'Amsterdam' zal dus geïdentificeerd worden als 'Amste' net zoals bijvoorbeeld het station 'Amstelveen'. Ook discrimineert het programma tussen hoofd en kleine letters.

De begindatum moet gegeven worden als 3 gehele getallen, gescheiden door komma's, terwijl in de jaaraanduiding de eeuwteiler weggelaten moet worden: 1988 wordt gegeven als 88.

In de informatiebalk verschijnt vervolgens de datum waarop de invoergegevens betrekking hebben en de naam van de lijst waarin de gegevens weggeschreven worden. Automatisch verspringt de datum na het completeren van de invoer van een dag.

De gemiddelde dagtemperatuur wordt over het algemeen berekend als het gemiddelde tussen de hoogste en de laagste dagtemperatuur.

De globale straling is een gegeven dat met een globale stralingsmeter wordt geregistreerd. Over het algemeen zal men voor dit gegeven afhankelijk zijn van een KNMI-weerstation dat over deze apparatuur beschikt.

De windsnelheid wordt vaak op 10 meter hoogte geregistreerd. Omrekening naar de standaardhoogte van 2 meter geschiedt in het programma.

De waterdampdruk is eveneens een daggemiddelde dat wordt verkregen uit de middeling van de hoogste en laagste dagwaarde.

Voor de neerslag worden aparte files geopend per registratielokatie, zodat men de mogelijkheid heeft een onbeperkt aantal neerslagwaarnemingsstations te koppelen aan een meteostation. Deze files krijgen de naam van de regenmeter gevoegd voor de letter 'R' en het jaartal: 'regenmetercode'R'jj'.DAT. De KNMI-codering voor meteostations en neerslagwaarnemingsstations kunnen zodoende eenvoudig gehandhaafd blijven.

De referentie-verdamping van Makkink wordt aangeleverd door het KNMI voor de verschillende hoofdstations.

Het typen van de opdracht 's' brengt de gebruiker weer terug bij het hoofdmenu.

#### 4.3.3. Invoer peilgegevens

Het stroomschema van de invoer van peilgegevens wordt in de volgende figuur inzichtelijk gemaakt:

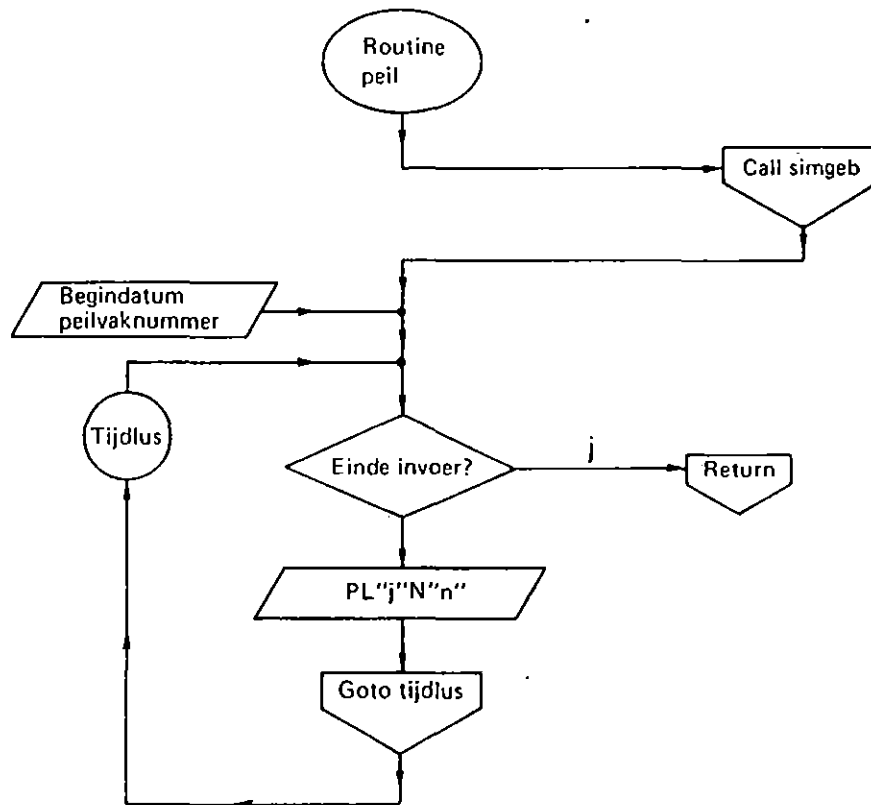


Fig. 4.5. Systeemstroomschema voor invoer van peilgegevens

De werking van bovenstaand schema wordt in het vervolg behandeld. Uitgaande van het hoofdmenu start keuze 2 en 3 de volgende opvraging, er vanuit gaande dat het simulatiegebied is gedefinieerd zoals in paragraaf 4.3.1 is beschreven:

invoer	peilgegevens		
geef begindatum peilgegevens (d,m,yy)	3,1,87		
peilvaknummer (1/10)	1		
invoer	3- 1-87	peil87n 1	Gasselternijv.

voer resp. de volgende gegevens in :

    stuwpeil                      (cm tov NAP)

    bovenstrooms stuwpeil (cm tov NAP)

    grondwaterstand            (cm tov mv)

    overstorthoogte            (cm)

geen gegevens bekend :        type (x)

terug naar het hoofdmenu :    type (s)

stuwpeil :

bovenstrooms stuwpeil :

grondwaterstand :

overstorthoogte :

De begindatum van de peilgegevens moet in het bekende format worden opgegeven: getallen scheiden door komma's en alleen de laatste twee cijfers van de jaaraanduiding gebruiken.

Het peilvaknummer moet corresponderen met het nummer zoals dat in de definitief file van het simulatiegebied is opgegeven.

De informatiebalk houdt vervolgens de datum bij waarop de invoer geacht wordt betrekking te hebben alsmede de file waar deze gegevens naar toe worden geschreven en de gebruikersnaam van het betreffende peilvak.

De gegevens zijn volledig facultatief:

Het stuwpeil wordt gevraagd in cm tov NAP. Dit gegeven wordt wel gebruikt tijdens de simulatie. Indien het gegeven niet beschikbaar is neemt het programma het advies-stuwpeil als werkelijk peil.

De grondwaterstand wordt gevraagd in cm tov maaiveld. Indien hiervoor een waarde wordt ingevoerd, gaat het model deze gebruiker als onderrandvoorwaarde, ongeacht of het gesimuleerde drukhoogteprofiel in de onverzadigde zone hier wel mee correspondeert. In sommige gevallen (b.v. tijdens vorst en dooi of bij een verkeerde profieldefinitie) kan dit aanleiding zijn tot foutieve simulaties.

Men moet zich realiseren dat de mate van overeenkomst tussen simulaties met

en zonder gebruik van grondwaterstandsgegevens een belangrijke indicatie is voor de afstemming van het programma op het beschouwde referentiepunt. Ook moet men kritisch de herkomst van de grondwaterstandsgegevens bekijken in de afstemming op het referentiepunt. Het bovenstroomse stuwpeil is een grootheid die geen enkele invloed heeft in het verloop van de simulatie. Het gegeven wordt echter wel meegenomen in de uitvoer. Ook de overstorthoogte heeft geen nut in een een-dimensionale simulatie. Het gegeven wordt echter voor gebruikersdoeleinden in de uitvoer meegenomen.

Keuze 2 van het hoofdmenu is identiek aan keuze 3 met een verschil in de informatiebalk. De datum is in deze optie niet de looper, maar het peilvak, zodat voor een datum het volledige simulatiegebied kan worden ingevoerd.

#### 4.3.4. Invoer waarnemingen aan het gewas

Keuze 4 van het hoofdmenu roept de volgende keuze respectievelijk vraag op:

invoer	gewaswaarneming
--------	-----------------

**ACTUELE WAARNEMINGEN AAN HET GEWAS :**

**gewas ?**

**welke waarneming toevoegen :**

**de poot/zaaidatum : (type 1)**

**de opkomstdatum : (type 2)**

**de oogstdatum : (type 3)**

**geen van deze data : (type 0)**

----- 1

**de poot/zaaidatum (d,m,yy) :**

Het gewas moet een consequente gewasaanduiding zijn waarvan de eerste 4 letters voor het programma relevant zijn. De gegevens worden vervolgens opgeslagen in de file 'gewas'ONTW.DAT als een dagnummer per onderkende gebeurtenis in een jaar.

De keuze van de waarneming spreekt voor zich.

Na het invullen van de datum in het gebruikelijke format keert het programma automatisch terug naar het hoofdmenu, daar het onwaarschijnlijk is dat men bij interactief gebruik op het zelfde moment informatie heeft over twee groeidata.

De gegevens zijn volledig facultatief, daar standaard data zijn opgenomen per gewas.

#### 4.3.5. Invoer peilvakgegevens

Keuze 5 van het hoofdmenu brengt de gebruiker bij de invoerprocedure voor een peilvak. De opgegeven gegevens worden vastgelegd in de file **PLV'N'.DAT**. De informatiebalk houdt de gebruiker op de hoogte van de naam van het peilvak waarop de gegevens geacht worden betrekking te hebben. Per blok wordt de invoer successievelijk opgevraagd. Na het beëindigen van de invoer van een blok kunnen de gegevens alsnog gewijzigd worden; het gehele blok moet dan opnieuw worden ingevuld. Het eerste blok vraagt de onderstaande informatie:

Invoer	peilvakgegevens
<b>PEILVAKDEFINITIE:</b>	
peilvak naam ?	test
peilvaknummer (1/10) ?	2
kode profieltype ?	1WpIII
kode grondwaterbuis ?	*
gewas ?	aardappels
meteostation-plaatsnaam ?	eelde
code regenmeter ?	111
*****	
invoer correct (j/n) ?	j

De peilvaknaam is de gebruikersnaam. Zij komt terug in de uitvoer, maar speelt geen rol in de besturing van de in- en uitvoer.

Het peilvaknummer is daarentegen van groot belang, daar alle peilvakspecifieke uitvoer onder andere met dit nummer gemerkt zijn. Momenteel is het maximale nummer 999.

De code voor het profieltype is eveneens een sleutel voor gegevensoverdracht. De eerste 8 karakters van de code zijn significant voor het onderscheid met een andere profielcode. Bovendien moet -indien bekend- de grondwatertrapcode in de naam worden meegenomen.

De code voor de grondwaterbuis is gebruikers bepaald. Met de informatie wordt door het programma niet anders gedaan dan dat zij wordt overgedragen naar de uitvoer.

Het gewas is een sleutel voor het inlezen van bijbehorende gegevens in de bijpassende gegevenslijsten. De eerste vier letters zijn daarvoor het onderscheidcriterium.

De plaatsnaam van het meteorologische station is eveneens een sleutel voor



het combineren van de juiste meteogegevens met het juiste peilvak.

De plaatsnaam is in de eerste 5 letters bepaald.

De regenmetercode is van belang om de juiste regencijfers te koppelen bij het peilvak, en wordt door 3 letters c.q. cijfers bepaald.

Het tweede blok vraagt een keuze:

invoer	peilvakgegevens test	nr.:	2
--------	----------------------	------	---

TE VOEREN BEHEERTYPE :

- constant streefpeil (0)
- alleen conservering (1)
- conservering met wateraanvoer (2)
- conservering,wateraanvoer en berekening (3)

keuze:

\*\*\*\*\*

invoer correct (j/n) ?

Een constant streefpeil moet worden gekozen indien men geen manipulatie mogelijkheden heeft met het beheerssysteem. Dat betekent dat het peilvak wordt gestuurd met behulp van een vaste stuw of bodemval, of volledig vrij afwatert.

Conservering kan worden bedreven indien men in een peilvak over een beweegbare stuw beschikt.

Indien men bovendien over wateraanvoermogelijkheden via het waterlopenstelsel beschikt, moet voor die optie gekozen worden. De berekeningsoptie kan worden gekozen indien binnen het peilvak een groot deel van het oppervlak kan worden beregend. Men moet zich realiseren dat het programma geen gradueel onderscheid maakt: het is ofwel beregenen volgens een aantal door de gebruiker te specificeren beheersregels, of niet beregenen. De genoemde beheersregels hebben betrekking op de beregeningsgift en de minimale beregeningscyclus, alsmede de gemiddelde vochtspanning in de wortelzone waarbij berekening wordt toegepast. Deze gegevens worden echter gewasspecifiek opgegeven en niet lokatiespecifiek.

Men heeft nog een kans zich te bezinnen op de gemaakte keuze alvorens het volgende blok invoer opgevraagd wordt:

invoer	peilvakgegevens test	nr.:	2
--------	----------------------	------	---

**FASERING BEHEER :**

moet compleet worden ingevuld

hoogwaterlijn (cm NAP) ?

standaard stuwbeleid      type (0)

specifiek stuwbeleid      type (1)

-----  
 keuze :

\*\*\*\*\*

invoer correct (j/n) ?

De gevraagde stuwfasen zijn afhankelijk van het gewas, maar ook van de bodemsoort, de hydrologische situatie en de stuwbeperkingen van het regelsysteem. Vandaar dat er een keuze wordt gevraagd of men een lokatiespecifiek peilbeheer voor het peilvak wil aanhouden of dat men het standaard beheer wil volgen, dat gebaseerd is op het gewas en de bodemsoort. Indien overigens geen standaard stuwbeleid bekend is, doordat het gewas nog niet gedefinieerd is, vervalt de optie. Stuwfase 1 is het ideaal geachte peil in de watergangen indien het grondwater zich vrij hoog in het profiel manifesteert : de einde winter situatie. Voor de voorjaarssituatie de najaarssituatie en voor tendenzen in de grondwaterbeweging worden in het programma aanpassingen voor het ideaal te achten stuwpeil berekend. De overige stuwfasen zijn op gelijke wijze gerelateerd aan een grondwaterstand die overeenkomt met de normale uitzakking in de loop van het seizoen als gevolg van het neerslagtekort. Stuwfase 8 is dan de maximale stuwhoogte die mogelijk of wenselijk is indien het grondwater ver is uitgezakt. Het doel is telkens een maximale drainage of infiltratie te induceren met zo klein mogelijk risico voor droogte- of natschade in de daarop volgende periode. Uiteraard is men bij het kiezen van de verschillende stuwfasen beperkt door de fysieke mogelijkheden van de betreffende stuw, zijnde zijn maximale en minimale kruininstelling.

Met behulp van het onderhavige model kan men het peilbeheer optimaliseren door verschillende strategieën te simuleren. De daar uit volgende gewasverdampingswaarden kunnen dienen als criterium om de meest belovende strategie te kiezen als toekomstig leidraad bij het peilbeheer.

Deze geoptimaliseerde strategie moet in het volgende blok worden vastgelegd:

TIMING BEHEER EN BEHEERSREGELS

- begin beheersperiode (dd,mm) ?
- einde beheersperiode (dd,mm) ?
- begin periode wateraanvoer (dd,mm) ?
- einde periode wateraanvoer (dd,mm) ?
- vroegste datum voor fase 6 (dd,mm) ?
- vroegste datum voor fase 7 en 8 (dd,mm) ?
- vroegste datum voor afbouwperiode (dd,mm) ?
  
- max. opwaartse aanp. openwaterpeil (cm) ?
- max. neerwaartse aanp. openwaterpeil (cm) ?
- verschuiving grndw.fase stijgend grondw.(cm)?
- grensw. vochtdeficiet stuwfase 5 (cm) ?
- grensw. vochtdeficiet stuwfase 6 (cm) ?
- grensw. vochtdeficiet afbouwperiode (cm) ?
- grensw. vochtdeficiet wateraanvoer (cm) ?

\*\*\*\*\*

invoer correct (j/n) ?

De verschillende tijdstippen begrenzen de vastgestelde relaties in de tijd (zie fig. 4.7).

De grenswaarden voor het vochtdeficiet zijn waarden die het peilbeheer beïnvloeden: hoe kleiner men de grens kiest hoe eerder zal het peil opgetrokken worden naar de volgende stuwfase, respectievelijk hoe later de afbouwperiode zal worden ingezet.

Onderstaande figuur geeft het principe van de meeste beheersregels weer:

- t1 - begin van de beheersperiode volgens beheersregels
- t2 - begin van de periode waarin wateraanvoer t.b.v. peilbeheer en / of t.b.v. berekening kan worden gepleegd.
- t3 - vroegste datum voor het instellen van beheerfase 6
- t4 - vroegste datum voor het instellen van beheerfase 7 en 8
- t5 - vroegste datum voor de afbouwperiode
- t6 - eind van de periode waarin wateraanvoer kan worden gepleegd.
- t7 - eind van de beheersperiode

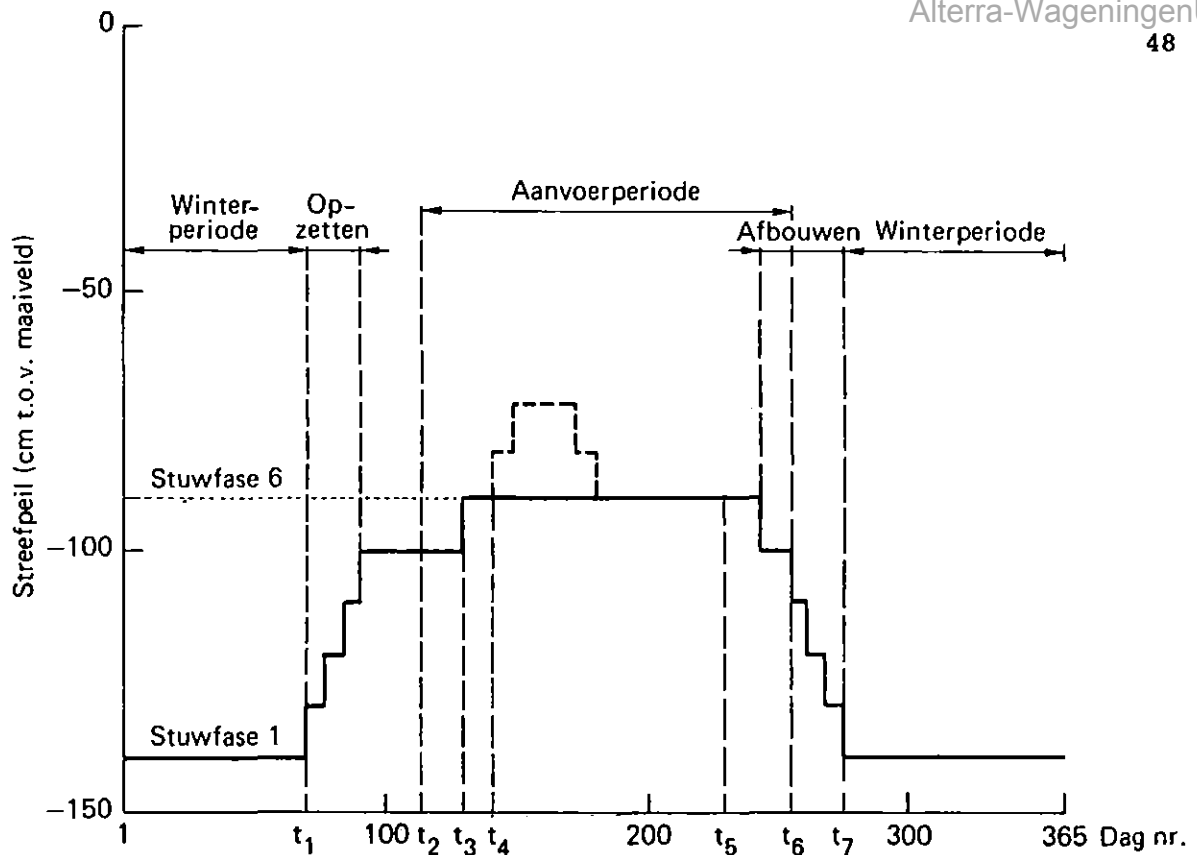


Fig. 4.7. Schematische voorstelling van het verloop van het streefpeil gedurende het jaar met aanduiding van de belangrijkste tijdstippen

Het volgende blok betreft de hydraulische eigenschappen van het waterlopenstelsel binnen een peilvak:

**HYDRAULISCHE EIGENSCHAPPEN:**

voor ontbrekende waarden: ||| type 0 |||

secundair beheersbaar stelsel:

- maximale aanvoercapaciteit (cm/dag) ?
- diepte watergangen (cm) ?
- bodem breedte watergangen (cm) ?
- talud (vert:hor = 1 : .?.)
- afstand tussen watergangen (m) ?
- capaciteit stuw (l/s) ?
- breedte stuw (cm) ?

tertiair beheersbaar stelsel :

diepte waterlopen (cm) ?

bodembreedte waterlopen (cm) ?

talud (vert:hor = 1 : .?.)

afstand tussen waterlopen (m) ?

capaciteit stuw (l/s) ?

breedte stuw (cm) ?

eff.diepte niet beheersb.stelsel (cm) ?

\*\*\*\*\*

invoer correct (j/n) ?

De maximale aanvoercapaciteit wordt alleen opgevraagd indien er sprake is van een aanvoersituatie ten behoeve van peilbeheer.

Indien er geen onderscheid gemaakt kan worden tussen een secundair en tertiair stelsel, dan moet het secundaire stelsel worden vastgelegd, terwijl het tertiaire stelsel met '0' kan worden gevuld.

De diepte van de watergangen moet opgegeven worden daar deze de maximale ontwateringsbasis bepaalt.

De bodembreedte van de watergang alsmede het talud bepalen het infiltratie oppervlak, maar ook de bergingsfunctie van de waterlopen.

De gemiddelde afstand tussen de waterlopen in een peilvak -ook uit te rekenen als de reciproke van het aantal meter watergang per vierkante meter- completeert de berekeningen van de bergingscapaciteit van het waterlopenstelsel binnen een peilvak.

De gegevens over de stuw die het peilvak bedient zijn supplementair. Zij doen geen dienst in de simulatie. Deze gegevens worden echter wel meegenomen voor de algemene informatie in de uitvoer.

De hydrologische eigenschappen vormen het volgende invoerblok van de peilvakdefiniering:

invoer	peilvakgegevens test	nr.:	2
--------	----------------------	------	---

HYDROLOGISCHE EIGENSCHAPPEN :

voor ontbrekende waarden : ||| type 0 |||

de afvoerrelatie kan vaak beschreven worden met de formule :

$$q(h) = a \cdot \exp(b \cdot h) \text{ (cm/dag)}$$

coëfficiënt a in afvoerformule ?

coëfficiënt b in afvoerformule ?

totale drainageweerst. beheersbaar

- waterlopenstelsel (d) ?

drainageweerst. sec.watergangen (d) ?

drainageweerst. tert.watergangen (d) ?

drainageweerst. niet-beheersb. waterg. (d) ?

buisdrainage aanwezig (y/n) ?

regionale kwel(+) of wegzijging(-) (cm/d) ?

regionale kwel(+) of wegzijging(-)

tgw peilbeheer (cm/d) ?

\*\*\*\*\*

invoer correct (j/n) ?

Men kan de drainageweerstand beschrijven in de vorm van de coëfficiënten a en b in de bovenbeschreven afvoerrelatie. Indien deze gegevens bekend zijn uit metingen, heeft deze formulering de voorkeur.

Men moet bij het invoeren van de gegevens zich bewust zijn van de dimensies waarin de gegevens worden opgevraagd. Reële waarden van a en b zullen zich moeten bevinden tussen -.1 en -5. resp. 0.025 en 0.035. Indien deze gegevens niet beschikbaar zijn wordt overgegaan op de grovere inschatting van de totale drainageweerstand van het beheersbare stelsel, of van de weerstand van het secundaire en tertiaire stelsel separaat. Die waarden zullen zich moeten bevinden tussen de 100 en 2000 dagen.

De drainageweerstand van de watervoerende waterlopen van het peilvak moet bekend zijn. Zij wordt bepaald door de bodemsoort en de ontwateringsdichtheid. Binnen de simulatie wordt de infiltratieweerstand en de drainageweerstand gelijk genomen. Er zijn geen aanwijzingen dat deze weerstand in de praktijk significant afwijkt in een situatie met een regelmatige functiewisseling. De weerstand wordt in principe bepaald door veldmetingen van de opbolling resp. uitholling van het freatische vlak als functie van de afvoer.

De niet-beheersbare waterlopen hebben in principe alleen een afvoerfunctie. Zij dragen dus bij om de drainageweerstand in situaties met een hoge grondwaterstand te verlagen en de afvoer dus te vergroten. Daarmee bepaalt deze drainage in belangrijke mate het optreden van hoge grondwaterstanden. De bepaling van de grootte van deze weerstand gebeurt in principe op de zelfde wijze als voor de grotere waterlopen. De aanwezigheid van buisdrainage wordt alleen kwalitatief geregistreerd.

Vervolgens kent het programma daar een arbitraire weerstand aan toe, daar deze in veel gevallen volgens een standaard criterium ontworpen zijn.

De regionale kwel of wegzijging is een moeilijk per peilvak vast te stellen grootheid. Uit regionale studies moeten deze gegevens globaal bekend zijn.

De kwel tengevolge van het peilbeheer zelf is eveneens moeilijk vast te stellen. Daarvoor is een gedetailleerd onderzoek van de lokale hydrologische systemen en hun interactie met de regionale systemen noodzakelijk. Men kan over het algemeen deze invoer negeren.

Als laatste onderdeel van de definiering van het peilvak moeten topografische gegevens worden vastgelegd:

invoer	peilvakgegevens test	nr.:	2
--------	----------------------	------	---

**TOPOGRAFISCHE GEGEVENS :**

voor ontbrekende waarden : ||| type 0 |||

gemiddelde maaiveldsligging (cm t.o.v. NAP) ?

maaiveldsongelijkheid (cm afw. van gem.) ?

hoogte bovenkant grondwaterbuis (cm t.o.v. NAP) ?

maaiveldshoogte bij grondwaterbuis (cm t.o.v. NAP) ?

\*\*\*\*\*

invoer correct (j/n) ?

De gemiddelde maaiveldsligging kan verkregen worden met behulp van planimetrische bepaling van de oppervlakte tussen hoogtelijnen. Met die resultaten kan vervolgens voor het totale peilgebied een gewogen gemiddelde worden uitgerekend.

De maaiveldsongelijkheid wordt met behulp van dezelfde gegevens bepaald als de standaardafwijking van het scala aan gewogen oppervlakten. Indien men over een kaart beschikt met regelmatig verdeelde hoogtepunten kan men

ook rechtstreeks de standaardafwijking van deze hoogtepunten bepalen. Indien men over een grondwaterstandsbuis welke geregistreerd wordt en waarvan de gegevens in het simulatie programma gebruikt gaan worden moet uiteraard het referentieniveau ten opzichte waarvan men de aflezingen pleegt worden ingevoerd.

De maaiveldshoogte ter plaatse van de grondwaterbuis geeft een indruk van de topografische vergelijkbaarheid met het gerelateerde peilvak.

Met deze gegevens is een beheerseenheid volledig vastgelegd en verschijnt het hoofdmenu weer terug op het scherm.

#### 4.3.6 Invoer bodemgegevens

Onderstaande figuur geeft inzicht in de gegevens opslag in relatie tot een voorbeeld van een vierlagig bodemprofiel:

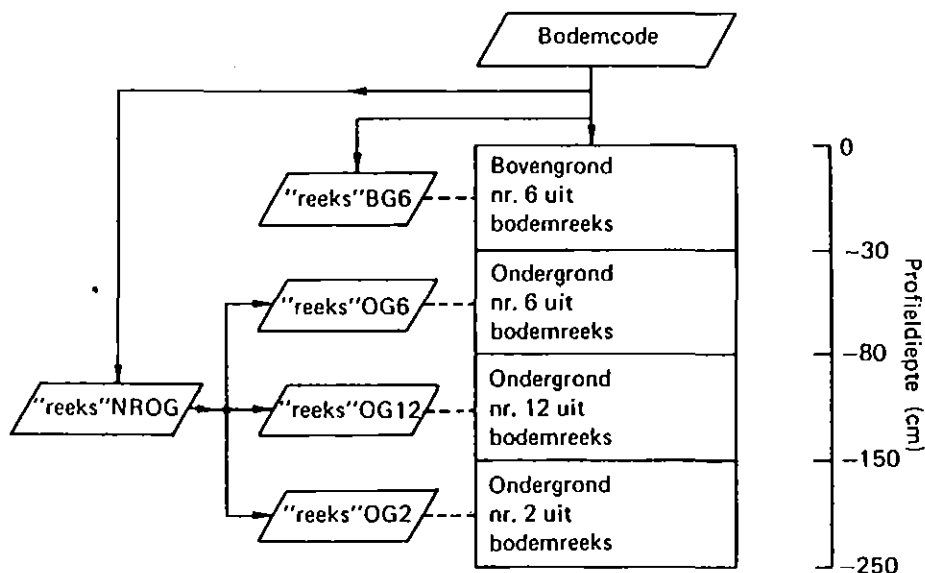


Fig. 4.6. Schema van de relatie tussen de bodemgegevenslijsten

Keuze 6 uit het hoofdmenu start de opvraging van de bodemgegevens waarmee een bodemprofiel wordt gedefinieerd:



---

invoer profielbeschrijving	algemeen
----------------------------	----------

---

naam bodemreeks :  
                  (<return> is "stop")  
  
bodemcode :  
grondsoort :

De bodemreeks is de sleutel naar de pF-curves en k(h)-relaties, welke tot bouwsteen voor het profiel dienen. De naam wordt op 4 letters afgekapt. De bodemcode is een code welke refereert naar de officiële registratie welke op de bodemkaart in een gebied voorkomt. Het is tevens de naam van de file waarin deze gegevens later door het programma worden gezocht:

'bodemcode'.DAT. Het programma onderscheidt 8 significante letters waarbinnen zij onderscheid maakt tussen de verschillende bodemprofielen.

Het kwalitatieve onderscheid tussen de grondsoorten wordt gebruikt voor de bijstelling van het peilbeheer. Deze optie is momenteel niet geïnstalleerd, in afwachting van een betere evaluatie van optimale beheersstrategieën voor verschillende grondsoorten.

Op dit punt van de invoer wordt gecontroleerd of de file met worteldiepten voor de verschillende te simuleren gewassen bekend is onder de naam 'WORTELD'.DAT. Indien niet, dan moet deze file op dit punt gedefinieerd worden en kan voor alle te definiëren bodemprofielen de worteldiepte per gewas worden opgegeven:

De HELP-tabel "worteldiepte" moet nog worden aangemaakt

press <return> to continue :

---

invoer	tabel worteldiepte bodem - gewas
--------	----------------------------------

---

aantal gewassen op te nemen in tabel (max 15, incl."gras") :	2
gewas 1 is altijd : gras	
naam gewas 2 :	aardappels

---

invoer	tabel worteldiepte bodem - gewas
--------	----------------------------------

---

                  (<return> is "stop")

code bodemprofiel :	iWpIII
- worteldiepte voor gras (cm) :	20
- worteldiepte voor aard (cm) :	25

Daarna wordt de invoer van de profielbeschrijving gecontinueerd :

invoer profielbeschrijving	algemeen	iWpIII
nummer bovengrond :		1
nummer ondergrond :		2

Het ondergrondnummer moet voorkomen in de file met ondergronddefinities genaamd 'bodemreeks'NROG.DAT.

Indien het opgegeven ondergrondnummer nog niet is gedefinieerd, moet deze definitie in het vervolg worden gegeven:

invoer profielbeschrijving	ondergrond	drenthenrog
ondergrond nummer 1 :		
aantal bodemlagen (max.4) :		2
diepte onderkant laag (max.250cm) 1 :		30
nummer pF-curve laag 1 :		1
nummer pF-curve laag 2 :		10

Het aantal bodemlagen hangt af van het bodemprofiel. Elke duidelijk te onderscheiden laag moet bodemfysisch geanalyseerd zijn zodat een pF-curve en een k(h)-relatie kan worden vastgesteld.

Aan de hand van de nummers van de bovengrond en van de ondergrond-pF-curves wordt gecontroleerd of de bijbehorende files met pF- en k(h) tabellen bestaan. Deze gegevens moeten beschikbaar zijn in tabelvorm onder respectievelijk de naam 'bodemreeks'BG'n'.DAT en 'bodemreeks'OG'n'.DAT, waarin 'n' het nummer is van de pF-curve annex k(h)-relatie. Indien dat niet het geval is start de opvraging van de benodigde meetgegevens, waartussen het programma een logaritmische interpolatie uitvoert:

invoer profielbeschrijving	pF-curve en K(h)drenthebg 1
aantal vochtgehaltes waarop pF en K(h) zijn bepaald	
voor curve nummer 1 van de bovengrond :	2
in volgorde van afnemend vochtgehalte :	
vochtgehalte (vol.%) 1 :	30
drukhoogte (cm) 1 :	10
doorlatendheid (cm/d) 1 :	10
vochtgehalte (vol.%) 2 :	10
drukhoogte (cm) 2 :	1000
doorlatendheid (cm/d) 2 :	.1

Om een pF-curve goed te kunnen beschrijven zijn minimaal een tiental labo-

ratorium bepalingen nodig van de drukhoogte en de doorlatendheid bij verschillende vochtgehalten. De interpolatie houdt in dat voor elk procent vocht het maximale en het minimale gemeten vochtgehalte een waarde wordt berekend.

Na het beëindigen van deze sessie verschijnt het hoofdmenu.

#### 4.3.7 Invoer gewasgegevens

Keuze 7 van het hoofdprogramma laat de volgende tekst op het scherm verschijnen:

---

invoer	gewasbeschrijving
--------	-------------------

---

#### DEFINIËRING VAN HET GEWAS :

gewas ?

De gewasnaam wordt gebruikt om de file te definiëren. Hiertoe worden de eerste 4 letters van de gewasnaam gebruikt en geplakt voor het adjectief 'VAST'. Men vindt het bestand dus terug onder de naam 'gewas'VAST.DAT. Dit adjectief is noodzakelijk daar het gewas de ingang vormt naar meerdere gegevenslijsten.

In het vervolg van de definiëring van de karakteristieke gegevens van een gewas wordt telkens per blok de gegevens opgevraagd, terwijl men na completering van een blok telkens de keuze heeft om opnieuw de betreffende gegevens in te voeren:

#### fysiologische gegevens :

gewasweerstand (s/m) ?

albedo (-) ?

temperatuursom voor opkomst (C.d) ?

coëfficiënt a in toename temp.som droge tak ?

coëfficiënt b in toename temp.som droge tak ?

coëfficiënt a in toename temp.som natte tak ?

coëfficiënt b in toename temp.som natte tak ?

min.temp voor gewasontwikkeling (C) ?

max. gewashoogte (cm) ?

max. worteldiepte (cm) ?

grens eerste ontwikkelingsstadium (-) ?

grens tweede ontwikkelingsstadium (-) ?

\*\*\*\*\*

invoer correct (j/n) ?

De gewasweerstand is de minimale weerstand die damptransport ondervindt bij stroming door de huidmondjes (ad hoc GROEP VERDAMPING, 1984). Van verschillende gewassen is deze weerstand bepaald.

De albedo geeft voor het groeiseizoen een waarde voor de gereflecteerde -en dus niet voor gewasproductie beschikbare-zonnestraling. Geen rekening wordt gehouden met een eventuele verschuiving van deze coëfficiënt door verouderingsprocessen of onder invloed van bodemvochtverschillen.

De temperatuursom voor de opkomst voor gezaaid en gepoot plantmateriaal is eveneens voor een aantal gewassen bekend uit fysiologisch onderzoek.

Bij droge en natte condities wordt de opkomst vertraagd, welk proces beschreven wordt door een lineair verloop aan beide zijden van het ongevoelige traject. De helling en het beginpunt worden bepaald door de coëfficiënten a en b (zie figuur 2.3).

De minimale temperatuur voor de ontwikkeling naar de datum van opkomst is eveneens een gewasafhankelijk gegeven dat bekend moet zijn om de opkomst van het gewas te kunnen bepalen.

De maximale gewashoogte wordt gebruikt om een standaard gewasgroei-curve af te leiden. Dit gegeven is alleen van belang indien men niet beschikt over standaard gegevens over de bodembedekking en gewashoogte die over het gehele groeiseizoen op dagelijkse basis voor sommige gewassen zijn vastgesteld. Deze gegevens zouden dan in een bestand onder de naam

'**gewas**'ONTW.DAT beschikbaar moeten zijn. Er is geen interactieve invoer module beschikbaar voor het opstellen van een dergelijk bestand. Men moet deze dus op een andere wijze beschikbaar maken door met een vrij format in volgorde van het dagnummer 366 getallen met de dimensie centimeter voor het gegeven gewashoogte en evenzoveel uitgedrukt in fracties van 1 voor het gegeven bodembedekking onder de gegeven filenaam weg te schrijven. Indien geen bodembedekkingsgegevens worden gevonden neemt het programma daar een trapeziumvormige ontwikkeling voor met een standaardmaximum van 95%.

De vorm van dit trapezium wordt bepaald door de beantwoording van de vragen over de ontwikkelingsstadia. Ook hier worden de dimensieloze fracties van de totale groeiperiode bedoeld die bepaald wordt uit het datum van opkomst en de standaard oogstdatum (fig. 2.2).

Het volgende blok gewasspecifieke gegevens betreft de relatie tussen gewasgroei en de bodemvochtinhouding:

interactie plant - bodenwater :

verdrinkingspunt p0 (cm) ?

pul (cm) ?

p11 (cm) ?

p2h (cm) ?

p21 (cm) ?

p2 (cm) ?

verwelkingspunt p3 (cm) ?

onttrekkingspatroon volgens :

Feddes e.a. (0)

Hoogland e.a. (1)

keuze :

onttrekkingspatroon in droge tak :

lineair (0)

asymptotisch (1)

keuze :

\*\*\*\*\*

invoer correct (j/n) ?

De interactie bodenwater - plant is een belangrijk gegeven dat per gewas goed bepaald moet zijn. De concepten zijn in dit model vrij eenvoudig gehouden. Er wordt uitgegaan van een trapeziumvormig opnamepatroon door het wortelstelsel van de plant. Deze trapeziumvorm kan worden gekarakteriseerd door een aantal punten:

- het verdrinkingspunt p0 geeft het punt waar de vochtspanning onvoldoende diffusie van zuurstof in het profiel toelaat waardoor de groei tot stilstand komt en afsterving van plantdelen tot gevolg heeft.
- het punt pul geeft het punt waar de vochtspanning in de toplaag zodanig is dat net geen natschade meer optreedt. Dit punt is overigens ook sterk verbonden met de beschikbaarheid van nitraatmeststoffen.
- het punt p11 geeft het punt waar de vochtspanning in het profiel onder de toplaag zodanig is dat net geen natschade meer optreedt.
- het punt p21 is het hoekpunt van het trapezium aan de droge kant waar nog geen droogteschade te constateren valt bij een laag verdampingsniveau (0.1 cm/d).
- het punt p2h is het hoekpunt van het trapezium aan de droge kant waar nog geen droogteschade te constateren valt bij een hoog verdampingsniveau (0.5 cm/d).

bij de berekeningsmethode volgens Feddes wordt tussen deze waarden geïnterpoleerd.

- het punt p2 is het hoekpunt van het trapezium aan de droge kant waar nog geen droogteschade te constateren valt. Dit punt wordt gebruikt in de methode Hoogland.
- het punt p3 is het punt waar het gewas geen onttrekkingen meer kan plegen.

De keuze tussen een lineaire reductie of een hyperbolisch reductie van de gewasverdamping is afhankelijk van het beschikbare empirische materiaal. De maximale worteldiepte is een gegeven dat afhankelijk is van het gewas. Bovendien kan deze echter nog gereduceerd worden door de opbouw van het bodemprofiel. De relatie tussen de twee gegevens is verwerkt in de tabel 'WORTELD.DAT'

Het derde blok legt de relatie tussen de klimatologische fenomenen en het gewas vast:

**interactie plant - meteorologische condities :**

- coëf A in berekening LAI ?
- coëf B in berekening LAI ?
- coëf C in berekening LAI ?
- coëf A in berekening interceptie ?
- coëf B in berekening interceptie ?
- coëf C in berekening interceptie ?
- coëf D in berekening interceptie ?
- grensw. neerslag voor max. interceptie (cm)
- maximale interceptie (cm) ?
- coëf. A in gewashoogte functie ?
- coëf. B in gewashoogte functie ?
- coëf. C in gewashoogte functie ?
- coëf. D in gewashoogte functie ?
- minimum waarde gewasfunctie ?
- maximum waarde gewasfunctie ?
- grensw. gewashoogte in gewasfunctie (cm) ?

\*\*\*\*\*

invoer correct (j/n) ?

De coëfficiënten A,B en C dienen om de bladoppervlakte index (LAI) te berekenen. De algemene formule is :

$$LAI = A*SC + B*SC**2 + C*SC**3$$

SC - bodembedekking als fractie van 1

A - 2.6 voor aardappels

B - 1.5 " "

C - .9 " "

De coëfficiënten A,B,C en D in de interceptie berekeningen krijgen resp. de waarde 0.169,0.517,0.179 en 0.0593 welke gegevens zijn bepaald voor een aardappelgewas. De algemene formule luidt :

$$FIN = SC*A*N**(B-C*(N-D))$$

FIN - interceptie

N - neerslag

Bij 2 cm neerslag wordt bij een aardappelgewas maximale interceptie verkregen, welke op zijn beurt .19 cm bedraagt.

Ook in de functie tussen gewashoogte en de weerstand voor de windfunctie worden vier coëfficiënten gebruikt. Deze functie is echter gebroken in twee delen welke elk een kwadratische functie beschrijven:

$$RG1 = A*CH**B$$

$$RG2 = C*CH**D$$

De overgang van de ene functie naar de andere gebeurt bij een grenswaarde. De beide functies zijn bovendien begrensd door een randwaarde : resp de minimale en maximale gewasweerstand.

Het laatste gewasspecifieke blok legt de interactie tussen het landbouwsysteem, het peilbeheer en het gewas vast:

beschrijving standaard gewasverzorging :

- max. vochtsp. toplaag voor berijding (cm) ?
- poot/zaaidatum (dd,mm) ?
- duur poot/zaai-activiteit (d)
- opbr.verl. per dag vertraging poot/zaaidatum (%) ?
- oogstdatum (dd,mm) ?
- duur oogstactiviteit (d)
- laatste oogstdatum zonder oogstverlies (dd,mm)
- opbr.verl. per dag overschrijding oogstdatum (%) ?
- beregeningsgift (cm) ?
- beregeningscyclus (dagen) ?
- kritieke pF-waarde voor berekening (-log cm) ?

beschrijving peilbeheer:

stuwfase 1 (cm -mv) ?  
stuwfase 2 (cm -mv) ?  
stuwfase 3 (cm -mv) ?  
stuwfase 4 (cm -mv) ?  
stuwfase 5 (cm -mv) ?  
stuwfase 6 (cm -mv) ?  
stuwfase 7 (cm -mv) ?  
stuwfase 8 (cm -mv) ?

grondwaterniveau bij overgang fase 1-2 (cm -mv) ?  
grondwaterniveau bij overgang fase 2-3 (cm -mv) ?  
grondwaterniveau bij overgang fase 3-4 (cm -mv) ?  
grondwaterniveau bij overgang fase 4-5 (cm -mv) ?  
grondwaterniveau bij overgang fase 5-6 (cm -mv) ?  
grondwaterniveau bij overgang fase 6-7 (cm -mv) ?  
grondwaterniveau bij overgang fase 7-8 (cm -mv) ?

grensw. vochtdeficiet stuwfase 5 (cm) ?  
grensw. vochtdeficiet stuwfase 6 (cm) ?  
grensw. vochtdeficiet afbouwperiode (cm) ?  
grensw. vochtdeficiet voor infiltratie (cm) ?

\*\*\*\*\*

invoer correct (j/n) ?

De verschillende invoergegevens met betrekking tot de gewasverzorging spreken voor zich.

Het oppervlatawaterbeheer is vastgelegd in een aantal regels, die het verband geven tussen een aantal waarden en trajecten voor respectievelijk:

- tijd
- grondwaterstand
- tendens grondwaterstandsbeweging
- openwaterpeil
- vochttoestand van de wortelzone

Er kunnen verder restricties worden opgelegd ten aanzien van de fluctuaties in het openwaterstelsel.

Elke grondwaterfase is gerelateerd aan een stuwfase. De begrenzing van de grondwaterfases wordt bijgesteld voor de conditie van stijgende grondwaterspiegel met de correctiefactor 'gcmove'.



#### 4.4. DE SIMULATIE VAN DE WATERHUISHOUDING IN SWW

De simulatiestructuur bestaat uit een serie geschakelde subroutines die gezamenlijk inhoudelijk de programmas SWATRE en PEILBEHEER beslaan:

- het simuleren van het vochttransport in de bodem  
Een groot aantal processen beïnvloedt de stromingsconditie van het bodemvocht, waarvan de belangrijkste in de simulatie worden betrokken:
- infiltratie uit neerslag of irrigatie
- verdamping
- wortelonttrekkingen door een gewas
- drainage/infiltratie van een waterlopen stelsel
- kwel/wegzijging van de verzadigde zone

De simulatie zelf volgt dan de ontwikkeling van het vochtprofiel, het drukhoogteprofiel, het doorlatendheidsprofiel en het fluxprofiel. Deze simulatie wordt voorafgegaan door een interactieve initiatie, waarin de simulatieperiode en het simulatiegebied worden opgegeven.

Het programma zoekt vervolgens of alle benodigde gegevens beschikbaar zijn en houdt de gebruiker op de hoogte van het resultaat van deze controleprocedures. De simulatie verloopt verder zonder interactieve handelingen tot zij op een of andere wijze aan een einde geraakt. Per dag kan het vochtspanningsprofiel als resultaat van de simulatie worden vastgelegd. Op deze wijze kan elke dag het beginpunt zijn voor het vervolgen van de simulatieberekeningen. Per week worden een aantal variabelen vastgelegd, die de basis vormen voor het uitvoerprogramma. De lijsten waarin men deze gegevens kan terugvinden zijn resp. DW'jj'N'n'.DAT en WW'jj'N'n'.DAT gedoopt waarin 'jj' staat voor een jaartal aanduiding en 'n' voor een peilvaknummer.

Voor de bestudering van de theoretische achtergronden van het stromingsconcept en het gewasconcept wordt verwezen naar de basis publicatie en een aantal vervolgpublikaties.

In het onderhavige model is ook reeds de mogelijkheid verwerkt om de grondwaterstand tot aan het maaiveld te berekenen. Van deze uitbreiding die ook aan het SWATRE programma is toegevoegd is nog geen officiële publicatie gewijd.

In SWW is de mogelijkheid geschapen naast de Monteith-Reitema benadering van de potentiële verdamping de met behulp van de formule van Makkink bepaalde referentieverdamping in te voeren. Deze formule wordt als principieel beter beschouwd onder Nederlandse condities. Het KNMI heeft deze gegevens bovendien direct beschikbaar voor een groot aantal stations. Voor

de gebruiker betekent dit dat de invoer beperkt wordt tot een klimaatsgegeven per dag, naast de invoer van de neerslagcijfers. Daar het gegeven betrekking heeft op de referentieverdamping moet het vermenigvuldigd worden met een gewascoëfficiënt ter bepaling van de potentiële gewasverdamping van een concreet gewas. Van diverse gewassen zijn deze factoren bekend. In bijlage 2 zijn deze gegevens opgenomen.

Voor de interactie tussen het openwaterpeil en het grondwaterpeil is het concept van het model PEILBEHEER toegevoegd. Dit model wordt volledig behandeld in KEESMAN e.a. (1985) zodat een gedetailleerde toelichting hier achterwege kan blijven.

De stroomschema's van de twee hoofdbestanddelen van het programma staan weergegeven in figuren 4.8 en 4.9, aangevuld met een korte beschrijving van de bewerking die in de desbetreffende subroutine wordt uitgevoerd.

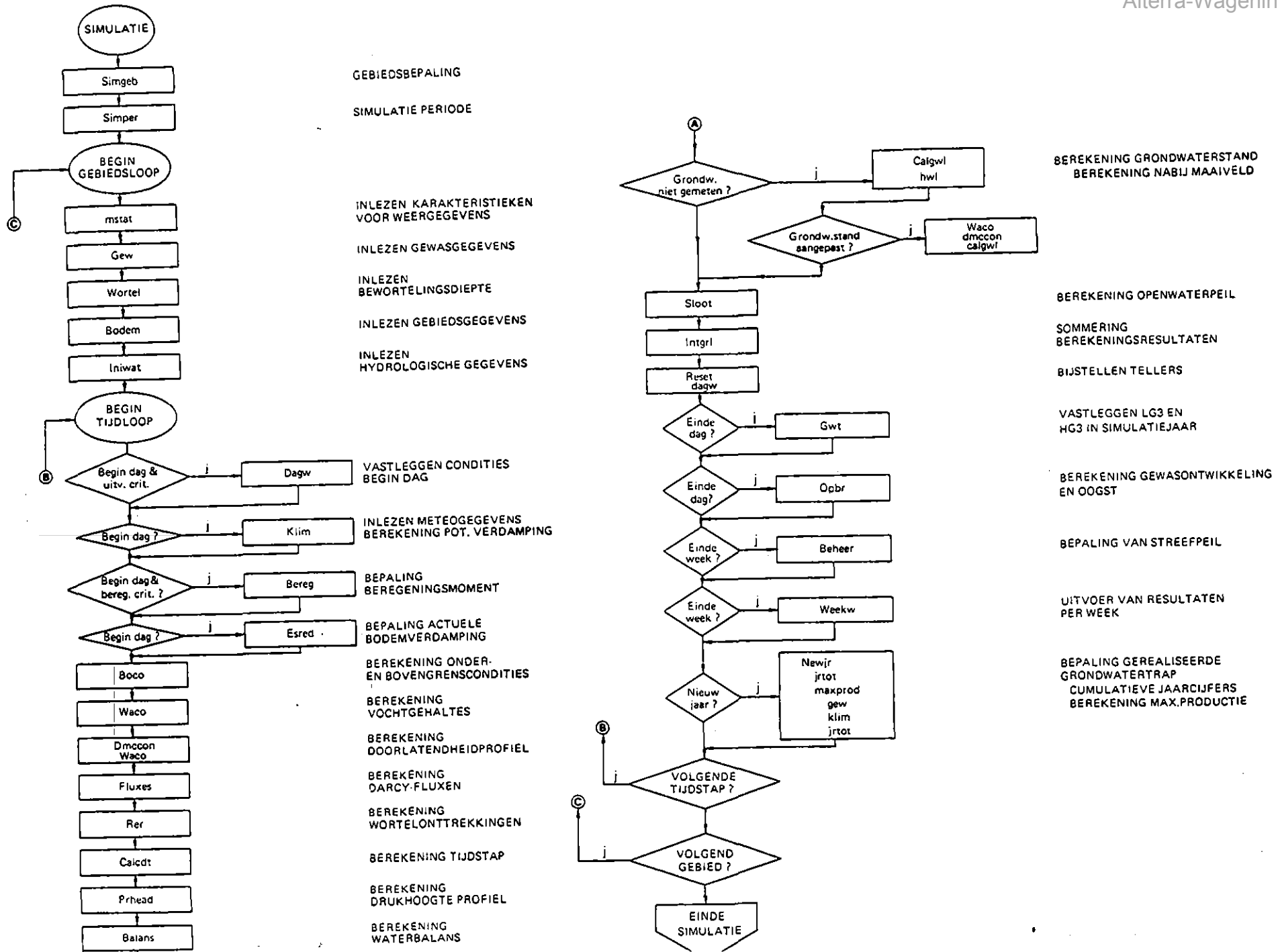


Fig. 4.6. Stroomschema van de simulatie van de vochthuishouding in het bodemprofiel

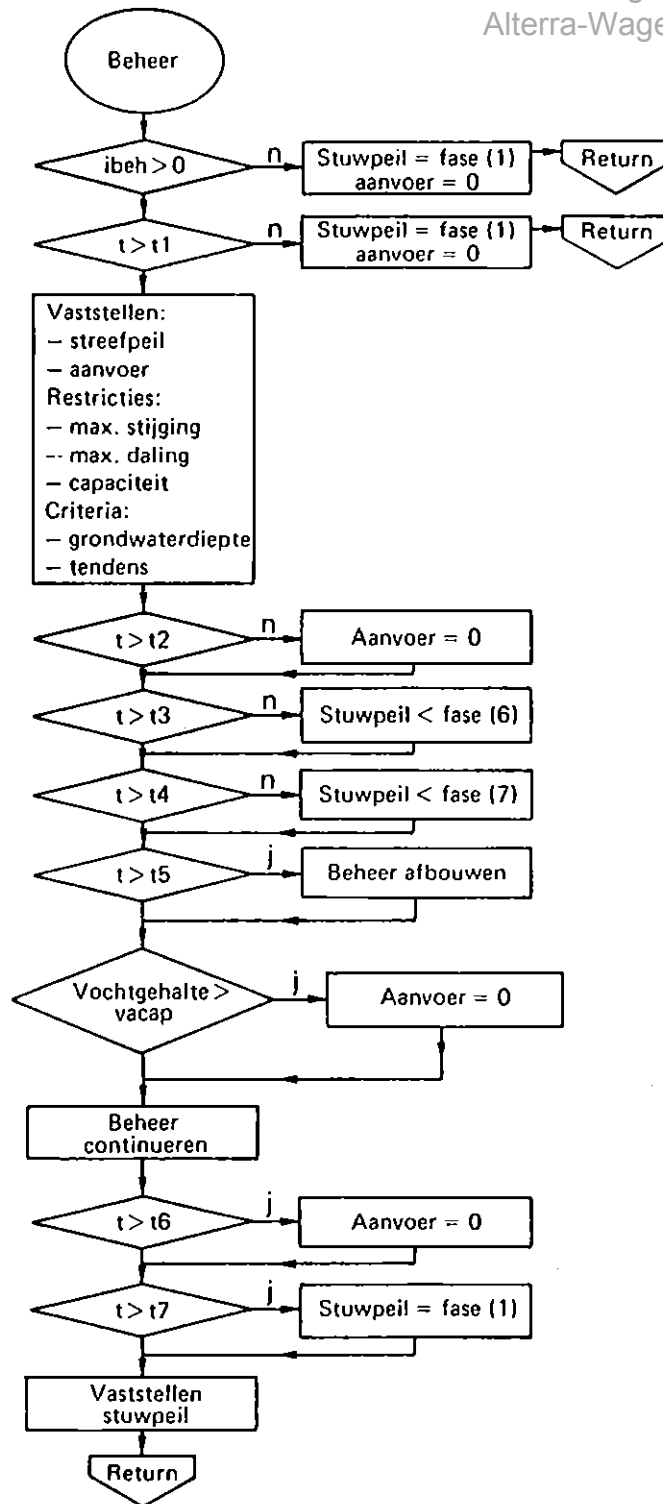


Fig. 4.9. Stroomschema van de subroutine BEHEER. Voor de betekenis van t1 tot en met t6; zie fig. 4.7; VACAP = kritieke waarde vochttekort wortelzone; ibeh = variabele met betrekking tot type peilbeheer; fase = stuwpeil (zie fig. 4.7)

#### 4.5. UITVOER VAN SWW EN PRESENTATIE VAN DE SIMULATIERESULTATEN

De uitvoer van het programma bestaat uit twee delen:

- de gebruikers uitvoer of presentatie
- de automatische uitvoer

De automatische uitvoer zijn tabellen van simulatieresultaten op vastgestelde tijdstippen. In het stroomschema van de simulatie (figuur 4.8) kan men vaststellen hoe deze uitvoer tot stand komt. In par. 4.5.2 wordt ingegaan op de inhoud van deze tabellen.

De gebruikers uitvoer wordt samengesteld via een aparte routine. Zij bestaat uit tabellen of grafieken met een voor de gebruiker aangepaste lay-out. Deze lay-out is tot stand gekomen in overleg met het Waterschap de Veenmarken en is dus wellicht toegesneden op het gebruik door dit Waterschap. De gepresenteerde gegevens hebben betrekking op stuwpeilen, grondwaterstanden, meteorologische gegevens en vaste peilvakgegevens. De gebruiker kan via een menu-systeem kiezen welke selectie hij wil maken uit de beschikbare gegevens en welke uitvoer hij wil hebben. In par. 4.5.1 wordt de werking van deze routine uiteengezet.

##### 4.5.1. De presentatie van simulatieresultaten

Onderstaande figuur geeft de procedure weer voor de presentatie van simulatieresultaten.

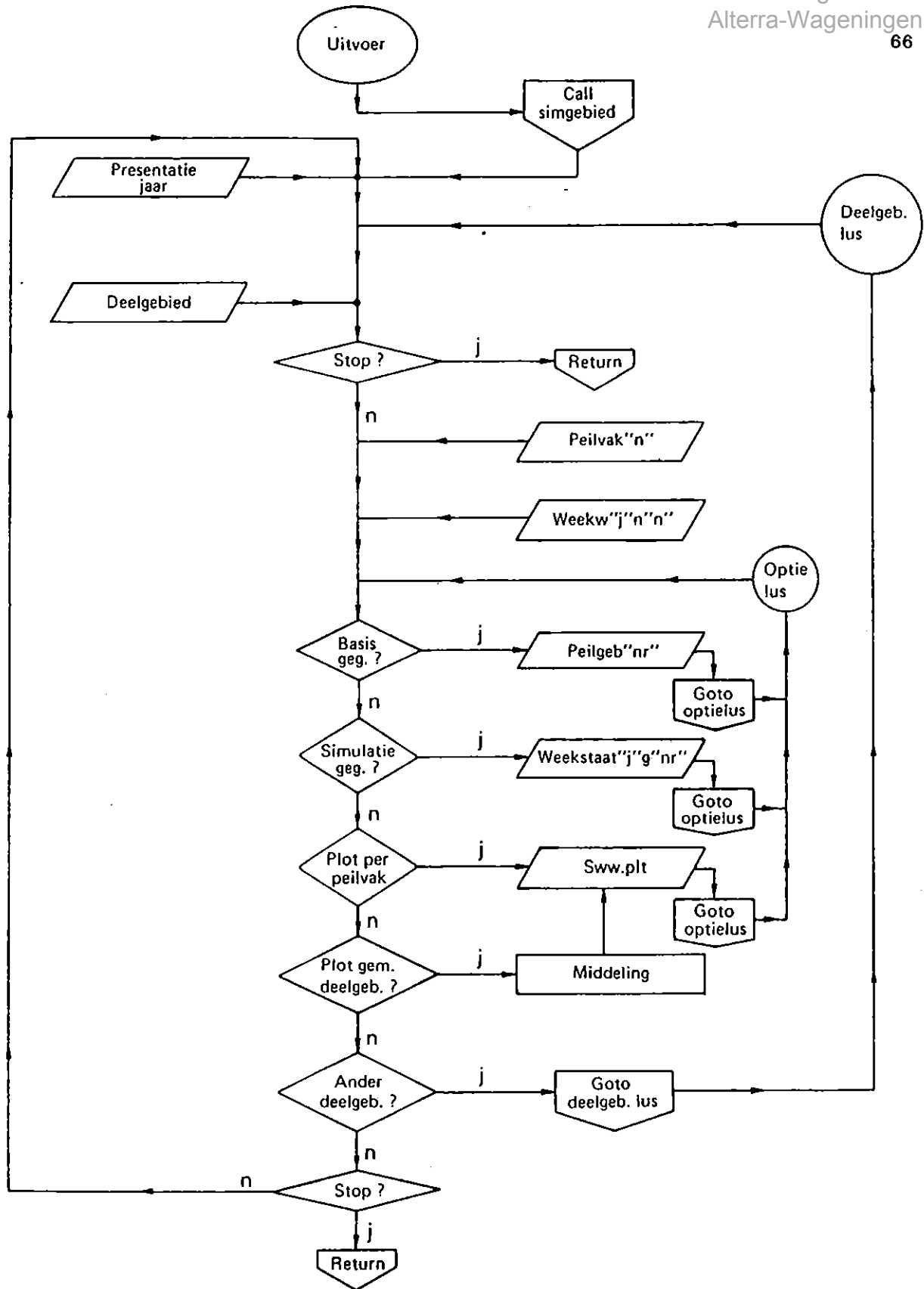


Fig. 4.10. Stroomschema van de hoofdgroep uitvoer

Keuze 8 van het hoofdprogramma start de interactieve uitvoer procedure:

uitvoer	gebieds menu	
geef het simulatie jaar (yy)		87

uitvoer	gebieds menu	beheer 87
Van welk peilgebied een weekstaat?		
inlaat1	(peilvak 1/250)	1
inlaat2	(peilvak251/257)	2
inlaat3	(peilvak257/260)	3
	keuze:	2

file weekw87n251 bestaat niet

Nadat men heeft aangegeven op welk jaar de gegevens betrekking moeten hebben verschijnt deze keuze in de informatiebalk. Vervolgens wordt het inlaatgebied geselecteerd waarvan men uitvoer wil verkrijgen. Het programma zoekt vervolgens naar de noodzakelijke bestanden. Dit zijn de peilvakdefinities die weggeschreven moeten zijn onder de naam PLV'n'.DAT en de bijbehorende simulatie resultaten, die weggeschreven worden onder de naam WW'jj'N'n'.DAT. Het programma maakt melding van de files die hij niet kan vinden binnen de opgegeven nummering uit de simulatiegebied definiëring. Na het inlezen van alle benodigde gegevens volgt de vraag op welke wijze de ingelezen gegevens moeten worden gepresenteerd. Achtereenvolgens worden de verschillende mogelijkheden gedemonstreerd:

uitvoer	print/plot menu inlaat2	beheer 87
kies uit de volgende opties voor het inlaat2		
tabel van basis gegevens		(1)
tabel van waterbalans- en beheer- weekstaat		(2)
plot van waterbalans- en beheer- variabelen per peilvak		(3)
plot van waterbalans- en beheer- variabelen per peilgebied		(4)
kies ander peilgebied		(9)
eindigen van uitvoer		(0)
	keuze:	1

ICW/STARINGCENTRUM				GEGEVENS				Inlaat2					
Peilvak-	Bodem- code	NAP maaiveld	Grondwater	Ontwateringsstelsel fasering peilen									
Nr	Code	naam	Code buis	Buis NAP	HWL	1	2	3	4	5	6*	7	8
1	Hn21gwtIII	lgwt	0	0	-60	-100	-100	-100	-100	-90	-80	-70	-70
2	Hn21gwtV	lgwt	0	0	-60	-120	-120	-110	-100	-90	-80	-70	-70
3	Hn21gwtVI	lgwt	0	0	-70	-140	-140	-130	-120	-110	-100	-90	-90
4	Hn21gwtVII	lgwt	0	0	-80	-150	-150	-140	-130	-120	-110	-100	-100
5	Hn21gwtIII*	lgwt	0	0	-60	-120	-120	-110	-100	-90	-80	-70	-70
6	Hn21gwtV*	lgwt	0	0	-60	-120	-120	-110	-100	-90	-80	-70	-70
7	Hn21gwtVII*	lgwt	0	0	-80	-150	-150	-140	-130	-120	-110	-100	-100

press <return> to continue :

uitvoer print/plot menu inlaat2 beheer 87  
 kies uit de volgende opties voor het Inlaat2  
 tabel van basis gegevens (1)  
 tabel van waterbalans- en beheer- weekstaat (2)  
 plot van waterbalans- en beheer- variabelen per peilvak (3)  
 plot van waterbalans- en beheer- variabelen per peilgebied (4)  
 kies ander peilgebied (9)  
 eindigen van uitvoer (0)

keuze: 2



ICW/STARINGCENTRUM			WATERRAPPORT			Iniaat2		WEEK 52 JAAR 76						
Nr	Klimatologische geg.		Beheers geg.		Grondwater		Stuwpeil		Afvoer		Advies			
	Neersl.	P verd.	A verd.	Type	Aanvoer	NAP	-Mv	NAP	Bstr	-Mv	Ovst Q	Q%	Stuwv	Aanv.
1														
2	4,10	1,71	1,29	vast	0,00	-143,6	-143,6	0,0	0,0	-144,4	0,0	0,0	0,0	120 0,0
3	4,10	1,71	1,29	vast	0,00	-137,9	-137,9	0,0	0,0	-140,0	0,0	0,0	0,0	140 0,0
4	4,10	1,71	1,29	vast	0,00	-250,1	-250,1	0,0	0,0	-250,1	0,0	0,0	0,0	150 0,0
5	4,10	1,71	1,32	vast	0,00	-99,5	-99,5	0,0	0,0	-120,0	0,0	0,0	0,0	120 0,0
6	4,10	1,71	1,29	vast	0,00	-199,7	-199,7	0,0	0,0	-199,7	0,0	0,0	0,0	120 0,0
7	4,10	1,71	1,29	vast	0,00	-250,1	-250,1	0,0	0,0	-250,1	0,0	0,0	0,0	150 0,0
Gemiddelden:						-180,2				-184,1				

press <return> to continue :

---

uitvoer	print/plot menu inlaat2	beheer 87
kies uit de volgende opties voor het inlaat2		
tabel van basis gegevens		(1)
tabel van waterbalans- en beheer- weekstaat		(2)
plot van waterbalans- en beheer- variabelen per peilvak		(3)
plot van waterbalans- en beheer- variabelen per peilgebied		(4)
kies ander peilgebied		(9)
eindigen van uitvoer		(0)
	keuze:	3

---

---

uitvoer	print/plot menu inlaat2	beheer 87
kies uit de volgende opties voor het inlaat2		
tabel van basis gegevens		(1)
tabel van waterbalans- en beheer- weekstaat		(2)
plot van waterbalans- en beheer- variabelen per peilvak		(3)
plot van waterbalans- en beheer- variabelen per peilgebied		(4)
kies ander peilgebied		(9)
eindigen van uitvoer		(0)
	keuze:	9

---

---

uitvoer	gebieds menu	beheer 87
Van welk peilgebied een weekstaat?		
inlaat1	(peilvak 1/250)	1
inlaat2	(peilvak251/257)	2
inlaat3	(peilvak257/260)	3
	keuze:	3
file peilvak 260	bestaat niet	

---

uitvoer	print/plot menu inlaat3	beheer 87
kies uit de volgende opties voor het	inlaat3	
tabel van basis gegevens		(1)
tabel van waterbalans- en beheer- weekstaat		(2)
plot van waterbalans- en beheer- variabelen per peilvak		(3)
plot van waterbalans- en beheer- variabelen per peilgebied		(4)
kies ander peilgebied		(9)
eindigen van uitvoer		(0)
	keuze:	0

De plots worden niet direkt naar het scherm gestuurd, maar opgeslagen in een plotfile onder de naam 'SWM.PLT'. Deze plots kunnen later via het systeem plotcommando worden geplott, hetzij op het scherm, hetzij op de plotter. Ook de tabellarische uitvoer wordt weggeschreven naar een file, respectievelijk onder de naam WS'yy'G'i'.DAT en PGEB'i'.DAT. Deze kunnen dus ook onafhankelijk van het programma op het scherm verkregen worden.

#### 4.5.2. Automatische uitvoer van simulatieresultaten

De automatische uitvoer is de bulk van de uitvoer. Zij bestaat uit:

- dagelijkse uitvoer
- wekelijkse uitvoer
- grondwatertrap registratie
- jaarlijkse uitvoer

De dagelijkse registratie van het vochtspanningsprofiel, grondwaterstand en stuwpeil per peilvak heeft voornamelijk als functie om elke dag de stromingsconditie vast te leggen, zodat een afgebroken simulatie voortgezet kan worden. Daartoe worden respectievelijk de volgende variabelen vastgelegd:

- dagnummer
- grondwaterpeil (cm -mv)
- openwaterpeil (cm -mv)
- temperatuursom (C.d)
- waterbalansverschilteller (cm)
- verschuiving van de pootdatum (d)
- opkomstvertragingverlies (%)
- opkomstontwikkeling (-)
- oogstduur (d)
- oogstpercentage (%)

- relatieve evapotranspiratie (-)
- drukhoogte in de verschillende compartimenten (cm)

Indien men beperkingen heeft in de capaciteit van het werkgeheugen van het computersysteem waarop men werkt, dan komt deze registratie als eerste in aanmerking om te worden ingedikt door grotere intervallen voor de registratie aan te houden. Deze mogelijkheid is ingebouwd via de daguitvoer-initialisatie file: 'DAGUITV.DAT'. Deze file is niet interactief bereikbaar, maar moet extern worden aangemaakt:

- de eerste regel moet de typering worden opgegeven voor de daguitvoer.
  - \* de waarde 1 betekent dat er gegevens moeten worden vastgelegd met een vast interval
  - \* de waarde 2 betekent dat er op specifieke dagen gegevens moeten worden vastgelegd
  - \* de waarde 3 betekent dat er elke dag gegevens moeten worden vastgelegd en heeft dus de zelfde werking als typering 1 met een interval van 1 dag
- de tweede regel wordt gebruikt om nader te specificeren:
  - \* bij typering 1 betekent de waarde het interval
  - \* bij typering 2 betekent de waarde het aantal dagen waarop de gegevens moeten worden vastgelegd
- de volgende regels hebben alleen betekenis bij typering 2:
  - \* in vrij format worden de dagnummers ingelezen waarop de gegevens moeten worden vastgelegd

Een voorbeeld van de dagelijkse uitvoer geeft de volgende tabel, waaraan de daguitvoer-initialisatietabel is toegevoegd:

**DAGUITV.DAT:**

```
2      ! vastlegging op specifieke dagen
2      ! vastlegging op twee dagen
1,183 ! vastlegging op dagnummer 1 en dagnummer 183
```

DW"j"N"n".DAT:

1	-100.0	-140.0	0.0	0.0000	0	100.	0.	0.	100.	0.	0.01
	-95.000	-85.000	-75.000	-65.000	-55.000						
	-45.000	-35.000	-25.000	-15.000	-5.000						
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
183	-148.9	-148.1	1426.6	0.0026	0	100.	1493.	0.	100.	0.	0.95
	-96.302	-88.478	-84.717	-83.242	-80.385						
	-80.919	-77.818	-70.506	-61.343	-51.496						
	-42.298	-32.767	-22.999	-13.119	-3.729						
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						

De wekelijkse registratie behelst de volgende gegevens:

- dagnummer	dnr
- neerslag	N
- potentiële evapotranspiratie	Ep
- actuele evapotranspiratie	Ea
- aanvoer t.b.v.beregening	sprav
- aanvoer t.b.v. infiltratie	cav
- actueel stuwpeil	SPa
- grondwaterstand	G
- advies stuwpeil	SP
- advies aanvoer	aav
- overstorthoogte over stuw	h
- bovenstrooms stuwpeil	SPb

De volgende tabel WW"j"N"n".DAT geeft hier een voorbeeld van :

Wknr	N	Ep	Ea	Sprav	Cav	SPa	G	SP	Aav	H	SPb
1	2,600	0,140	0,140	0,000	0,000	- 11,8	- 3,5	-120,0	0,000	0,000	0,0
2	0,000	0,140	0,137	0,000	0,000	-120,0	-65,1	-120,0	0,000	0,000	0,0
3	0,000	0,140	0,094	0,000	0,000	-120,0	-76,0	-120,0	0,000	0,000	0,0
4	0,300	0,140	0,105	0,000	0,000	-120,0	-82,4	-120,0	0,000	0,000	0,0

De grondwatertrap wordt automatisch bepaald tijdens de simulatie over een

bepaalde periode. Wanneer deze periode korter dan een jaar bedraagt zal de bepaalde LG3 en HG3 voor dat jaar niet compleet zijn. Voor een goede registratie zal men dus een compleet jaar achter elkaar moeten doorrekenen. De resultaten van voorgaande jaren blijft gehandhaafd, terwijl de grondwatertrapcode elk jaar wordt bijgesteld voor de beschikbare gegevens. De gegevens worden weggeschreven onder de naam GWTPV'n'.DAT. De file geeft slaat de volgende gegevens op:

- jaar van simulatie y
- de gegeven grondwatertrap GWTg
- velddrainage niveau d
- kwel in het peilvak kwel
- de LG3 voor het betreffende simulatiejaar GLGy
- de HG3 voor het betreffende simulatiejaar GHGy
- de GLG voor de totale periode die ooit is doorgerekend GLGg
- de GHG voor de totale periode die ooit is doorgerekend GHGg
- de hieruit volgende Grondwatertrap GWTb

Een voorbeeld van hoe zo'n file er uit ziet geeft de volgende tabel:

y	GWTg	d	kwel	GLGy	GHGy	GLGg	GHGg	GWTb
71	'III'	-60.	0.05	-134.	-29.	-134.	-29.	V*
72	'III'	-60.	0.05	-110.	-45.	-122.	-37.	V*
73	'III'	-60.	0.05	-128.	-38.	-124.	-37.	V*
74	'III'	-60.	0.05	-110.	-46.	-121.	-40.	V*
75	'III'	-60.	0.05	-127.	-44.	-122.	-40.	VI
76	'III'	-60.	0.05	-130.	-32.	-123.	-39.	V*
77	'III'	-60.	0.05	-107.	-37.	-121.	-39.	V*
78	'III'	-60.	0.05	-126.	-37.	-122.	-39.	V*
79	'III'	-60.	0.05	-127.	-37.	-122.	-38.	V*
80	'III'	-60.	0.05	-119.	-41.	-122.	-39.	V*
81	'III'	-60.	0.05	-124.	-42.	-122.	-39.	V*
82	'III'	-60.	0.05	-128.	-42.	-123.	-39.	V*
83	'III'	-60.	0.05	-122.	-30.	-122.	-38.	V*
84	'III'	-60.	0.05	-123.	-46.	-123.	-39.	V*
85	'III'	-60.	0.05	-129.	-41.	-123.	-39.	V*
86	'III'	-60.	0.05	-124.	-36.	-123.	-39.	V*

De jaarstaat is het laatste onderdeel van de automatische uitvoer. Aan het eind van elk jaar, maar ook aan het eind van een korter gedefinieerde simulatieperiode worden de totalen van die perioden met betrekking tot de cumulatieve verdamping, neerslag en aanvoer vastgelegd. De file waarin die gegevens wordt opgeslagen kan men terugvinden onder de naam **JAARST.DAT**. Alle gegevens worden dus verzameld in een file. Binnen de file wordt geen onderscheid gemaakt per peilvak, maar uitsluitend per grondsoort, per beheertype en per jaar. Verschillende beheertypen van hetzelfde peilvak kunnen op die manier vergeleken worden.

Concreet worden de volgende gegevens vastgelegd:

- jaar van het betreffende totaal y
- beheertype dat is gevoerd voor de eenheid beht
- bodemtype voor de eenheid gronds
- gesimuleerd gewas gewas
- cumulatieve gewasverdamping ctra
- cumulatief vochttekort vtek
- cumulatieve effectieve neerslag cinf
- cumulatieve aanvoer voor peilbeheer aanv
- oogstopbrengst t.g.v. oogstconditie oogst

Onderstaande tabel geeft een voorbeeld van een dergelijke file:

y	beht	gronds	gewas	ctra	vtek	cinf	aanv	oogst
74	optimaal	ideaal	mais	26.5	0.0	0.0	0.0	100.0
74	optimaal	ideaal	gras	47.7	0.0	0.0	0.0	0.0
74	optimaal	ideaal	aard	24.6	0.0	0.0	0.0	100.0
74	vast peil	lgwtIII	mais	24.3	1.0	83.1	0.0	97.9
74	vast peil	lgwtV	mais	22.9	3.4	82.9	0.0	99.9
75	optimaal	ideaal	mais	30.8	0.0	0.0	0.0	100.0
75	optimaal	ideaal	gras	50.1	0.0	0.0	0.0	0.0
75	optimaal	ideaal	aard	28.2	0.0	0.0	0.0	100.0
75	vast peil	lgwtIII	mais	21.3	2.4	63.1	0.0	100.0
75	vast peil	lgwtV	mais	22.3	8.0	62.2	0.0	100.0
76	optimaal	ideaal	mais	33.3	0.0	0.0	0.0	100.0
76	optimaal	ideaal	gras	54.9	0.0	0.0	0.0	0.0
76	optimaal	ideaal	aard	31.5	0.0	0.0	0.0	100.0
76	vast peil	lgwtIII	mais	23.0	9.0	45.1	0.0	100.0
76	vast peil	lgwtV	mais	13.4	19.8	45.0	0.0	100.0

#### 4.6. BESCHIKBAARSTELLING VAN SWW

De voorwaarden voor beschikbaarstelling van computerprogramma's, ontwikkeld door het ICW, veranderen voortdurend. De situatie medio november 1988 is als volgt.

Tegen betaling van f 1 000,- (excl. BTW) en na ondertekening van een overeenkomst waarin de koper o.a. zich verplicht tot het melden van gevonden fouten en het vermelden van de auteurs, ontvangt de koper de source file, op een door de koper nader gedefinieerde tape of diskette, een aantal voorbeeld-datafiles en deze gebruikershandleiding. Voor onderwijs gelden lagere tarieven.

Een verzoek tot aanschaf van het model SWW kan men richten aan :

HET STARING CENTRUM

Postbus 125

6700 AC WAGENINGEN

T.a.v. hoofd hoofdafdeling Waterbeheer



## 5. TOEPASSING VAN HET MODEL SWW IN HET WATERSCHAP DE VEENMARKEN

### 5.1. INLEIDING

Bij het waterschap De Veenmarken wordt het kwantitatieve oppervlaktewaterbeheer sinds enkele jaren met behulp van computer-rekenmodellen voor de onverzadigde zone gevolgd. Het is daarom nuttig om de bruikbaarheid aan een praktijktoepassing te toetsen.

Het waterschap De Veenmarken ligt in de Drentse Veenkoloniën en bestaat voor het grootste gedeelte uit veenkoloniale akkerbouwgronden. Bij de waterafvoerwerken in het gebied is voor een groot deel gebruik gemaakt van de voor de vervening aangelegde kanalen en wijken.

In de loop der jaren is het waterafvoersysteem omgebouwd tot een waterbeheersingssysteem. Binnen een gebied van ca. 25 000 ha kunnen de open waterpeilen met behulp van ca. 130 stuwen en inlaten nauwkeurig worden geregeld. De stuwen en inlaten in het hoofdsysteem zijn veelal geautomatiseerd, dat wil zeggen dat ingestelde waterpeilen automatisch worden gehandhaafd. Met dit systeem is het mogelijk om een actief peilbeheer te voeren.

### 5.2. HET PEILBEHEER

Het regelen van de waterpeilen is voor de waterbeheerder geen probleem in technische zin, doch het kiezen van de juiste peilen kan wel een probleem zijn. Belangrijk in dit verband is het kiezen van het tijdstip waarbij in het voorjaar met waterconservering moet worden begonnen, of het kiezen van het tijdstip in de nazomer waarop met waterpeilverlaging moet worden begonnen.

Tot voor enkele jaren was het voeren van het peilbeheer nog een kwestie van de ervaringen van de waterschapsambtenaar in het veld, tegenwoordig mag de ingeland naast ervaring ook een onderbouwd theoretisch model verwachten, waarmee men zo optimaal mogelijke condities voor de gewasgroei tracht te verkrijgen. Een dergelijk beheer kan slechts worden gerealiseerd bij vol-

doende inzicht in relaties tussen waterpeilen, grondwaterstanden, opbrengsten, etc. Daarnaast zal de waterbeheerder inzicht moeten hebben in de veranderingen die in het hydrologische systeem optreden.

Daarom worden ten behoeve van het waterbeheer wekelijks ca. 80 grondwaterstandswaarnemingen en ca. 130 open waterpeilopnames verricht. Op basis hiervan wordt beslist welk stuwpeil moet worden ingesteld.

In onderstaande beheerstabel wordt het stuwpeil instellingsregiem aangegeven.

Tabel 5.1. Voorbeeld van de relatie tussen grondwaterstand en in te stellen stuwpeil (streefpeil), voor dalende en stijgende grondwaterstanden

grondwaterstand (cm -mv)		stuwpeilen in de watergangen (cm -mv)	
dalend	stijgend	fasering beheer	waterstand
- 80	- 85	A (winterpeil)	- 140
- 80	- 85	B	- 130
- 85	- 90	C	- 120
- 90	- 95	D	- 110
- 95	- 100	E	- 100
- 100	- 105	F (zomerpeil)	- 90
- 105	- 110	G	- 80
- 110	- 115	H	- 70

In de dagelijkse praktijk van het waterbeheer blijkt dat na enkele jaren van ervaringen een systeem kan worden ontwikkeld waarbij voor alle stuwen een faseringspad kan worden vastgesteld, dat voldoet aan de beheerstabel. Met behulp van zo'n tabel kan de waterschapsambtenaar die belast is met de

opname en bijstelling van het peilregelingsstelsel op een vlotte en efficiënte wijze de juiste waterpeilen instellen. Daarnaast is er voor de hoogste stuwpeilen nog een relatie gelegd met de vochtvoorraad in de wortelzone (VAN BAKEL, 1985).

### 5.3. WATERBEHEER MET HET COMPUTERMODEL SWW

Zoals in de voorgaande hoofdstukken reeds is beschreven is door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding in aansluiting op het onderzoek "De Monden" een computermodel SWW ontwikkeld, waarmee de hydrologische veranderingen in een peilvak kunnen worden gesimuleerd.

Door wekelijks de veldopnamegegevens en een aantal meteorologische gegevens in het computerprogramma in te voeren wordt een advies-beheerspeil berekend voor de diverse stuwpeilvakken. Van groot belang bij de toepassing van het programma SWW is het feit dat van elke beheerseenheid de juiste gegevens omtrent bodemtype, afmetingen en diepte van zowel het hoofd- als het detailontwateringsstelsel bekend is. Ook het feit of er sprake is van kwel of wegzijging, en de grootte daarvan zijn van vitaal belang. In 1988 is een begin gemaakt met het voeren van het waterbeheer met behulp van het programma SWW. Reeds vanaf 1986 zijn met hetzelfde computerprogramma naberekeningen en simulaties gedaan van het aangevoerde waterbeheer in het waterschap De Veenmarken (zie o.a. VAN BAKEL, 1984). Voor de nabeschouwingen van het waterbeheer in 1986 wordt hierbij verwezen naar de notitie "Waterbeheer 1986 in het waterschap De Veenmarken".

### 5.4. HET PEILBEHEER IN 1987

Wanneer het peilbeheer 1987 bekeken wordt, dan moet in de eerste plaats het meteorologisch verloop worden beschouwd.

Het jaar 1987 kan worden gekenschetst als een jaar met teveel regen en te weinig zon. Een en ander kan op eenvoudige wijze worden vastgesteld uit het overzicht van de temperatuur en de neerslag (zie Tabel 5.2.).

Opvallend is dat in 1987 pas na de eerste helft van maart de winterperiode

Tabel 5.2. Per maand gemiddelde temperatuur en neerslag van december 1986 t/m november 1987 van het station Eelde, met tussen haakjes de afwijking van het langjarig gemiddelde. Tevens zijn vermeld de gemiddelde jaarcijfers van 1987 en 1986

	gem. max. temp. (°C)	uren zon	neerslag (mm)
dec.	6.1 (- 1.0)	23 (- 12)	133 (- 66)
jan.	- 0.4 (- 4.1)	54 (+ 13)	40 (- 20)
feb.	3.7 (- 0.5)	64 (- 3)	37 (- 9)
WINTER	3.1 (- 1.2)	141 (- 4)	210 (- 37)
maart	3.8 (- 3.9)	127 (- 21)	63 (- 21)
april	14.4 (+ 2.7)	145 (- 22)	19 (- 28)
mei	12.9 (- 3.7)	154 (- 44)	79 (+ 26)
LENTE	10.5 (- 1.6)	426 (- 45)	161 (- 19)
juni	16.4 (- 3.2)	95 (-111)	100 (+ 39)
juli	20.4 (- 0.1)	164 (- 18)	130 (+ 45)
aug.	19.0 (- 1.9)	114 (- 66)	81 (- 3)
ZOMER	18.6 (- 1.4)	373 (-195)	311 (+ 81)
sept.	17.9 (- 0.3)	150 (+ 15)	91 (- 21)
okt.	14.1 (- 0.3)	111 (+ 6)	62 (- 4)
nov.	8.8 (+ 0.4)	24 (- 28)	86 (- 10)
HERFST	13.6 (+ 0.1)	285 (+ 7)	239 (+ 27)
jaar 1987	11.4 (- 1.0)	1225 (-243)	921 (-164)
jaar 1986	12.2 (- 0.2)	1433 (- 35)	679 (- 78)

voorbij is, en pas begin april begonnen kan worden met de grondbewerkingen op de akkerbouwbedrijven. De maanden juni en juli geven een te grote hoeveelheid neerslag, die duidelijk gevolgen heeft gehad voor de gewasopbrengst.

Van het jaar 1987 zijn met behulp van het computerprogramma SWW een aantal simulatie-runs gemaakt van verschillende beheerscondities:

1. Gevoerd beheer, aan de hand van meetwaarden bepaald;
2. Traditioneel beheer, d.w.z. vanaf half september afbouwen van de zomerpeilen;
3. Gesimuleerd beheer zonder gebruik van grondwaterstandgegevens.

De resultaten van het gevoerde peilbeheer kunnen aan de hand van de berekende verdampingsreducties voor de diverse bodemtypen in het gebied worden bepaald door het verschil tussen de potentiële gewasverdamping en de actuele gewasverdamping te bepalen (tabel 5.3.en 5.4.).

Tabel 5.3. Met het model SWW berekende gewasverdamping van aardappelen op een podzolgrond (Hn21) in 1987, voor een drietal beheersalternatieven

beheersalternatief	potentiële gewasverdamping (mm)	actuele gewasverdamping (mm)	oogstopbrengst t.g.v. oogstkon- ditie (%)
1. gevoerd beheer	220	217	93,3
2. traditioneel beheer	220	213	90,9
3. gesimuleerd beheer	220	218	93,9

Tabel 5.4. Met het model SWW berekende gewasverdamping van aardappelen op een veengrond (iVz/iVc) in 1987, voor een drietal beheersalternatieven

beheersalternatief	potentiële gewasverdamping (mm)	actuele gewasverdamping (mm)	oogstopbrengst t.g.v. oogstkon- ditie (%)
1. gevoerd beheer	220	213	90,9
2. traditioneel beheer	220	208	87,8
3. gesimuleerd beheer	220	213	90,9

**Toelichting bij de in de tabel vermelde beheersalternatieven**

**1. Gevoerd beheer**

Het gevoerde beheer is gesimuleerd op basis van wekelijkse registratie van het grondwater en het oppervlaktewater en dagelijkse meteorologische gegevens. Het model houdt het vochtverloop in de onverzadigde zone bij en registreert droogte stress, wateroverlast en bewerkbaarheid van de bodem.

**2. Traditioneel beheer**

Traditioneel wordt het zomerpeil langer gehandhaafd. Dit is gesimuleerd door aansluitend op het gevoerde beheer tot augustus, het openwaterpeil hoog vast te houden tot half september en de grondwaterstanden door het model te laten berekenen.

**3. Gesimuleerd beheer**

Een derde serie berekeningen is uitgevoerd als controle. Het geregistreerde openwaterpeil is ingevoerd, maar de grondwaterstanden zijn door het model berekend. De vergelijking van het grondwaterstands verloop van

deze berekeningen met het geregistreerde grondwaterstandsverloop geeft een indicatie van de betrouwbaarheid van de ingevoerde modelparameters ter karakterisering van de bodemconditie en hydrologische randvoorwaarden.

## Resultaten van de diverse beheersalternatieven

### 1. Gevoerd beheer (Fig. 5.1)

Uit de berekeningen blijkt dat voor de zandgronden (Hn21) een verdampingsreductie van 3 mm is opgetreden, terwijl dit voor de meer venige bodemprofielen is berekend op 7 mm. Dit betreft waarschijnlijk wat schade gedurende het groeiseizoen.

In het najaar treedt bovendien oogstschade op, die berekend is op 6,7 resp. 9,1 %.

### 2. Traditioneel beheer (Fig. 5.2)

Zoals reeds toegelicht is in deze optie het zomerpeil tot half september op ongeveer 90 cm -maaiveid gehouden, met als gevolg een hogere najaarsgrondwaterstand en daardoor minder goede oogstomstandigheden. De verdampingsreductie loopt hierdoor op tot 7 mm voor zandgronden en tot 12 mm voor de veengronden. De oogstschade neemt toe tot resp. 9,1 en 12,2 %.

### 3. Gesimuleerd beheer (Fig. 5.3)

In deze berekening worden alleen de stuwpeilwaarnemingen betrokken en blijken de resultaten goed te sporen met de berekeningen van het gevoerde beheer.

Hieruit blijkt dat bij het computermodel ingebrachte bodemkarakteristieken (Staring-reeksen), de ingevoerde dimensioneringen van watergangen en detailontwateringen de daarbij behorende drainageweerstand goed aansluiten op de werkelijkheid. Daarbij moet worden aangetekend dat tot eind maart de gemeten grondwaterstanden zijn gebruikt i.p.v. de berekende omdat de berekende als gevolg van het voorkomen van vorst sterk afwijken van de gemeten waarden. De hydrologische processen die optreden tijdens vorst- en dooiperioden zijn namelijk niet gemodelleerd in SWW.

### 5.5. CONCLUSIES

Met het computerprogramma SWW wordt het inzicht van de waterbeheerder in de gevolgen van zijn handelen zichtbaar gemaakt en kan het peilbeheer afgestemd worden op de actuele hydrologische situatie.

In de Veenkoloniën wordt het peilbeheer gericht op de teelt van fabrieksaardappelen en suikerbieten, die samen voor 75% het bouwplan van de akkerbouwbedrijven uitmaken.

Voor de waterbeheerder zijn met name twee tijdstippen van belang. Ten eerste het tijdstip waarop met het verhogen van de stuwpeilen kan worden begonnen van belang. Het streven hierbij is om zoveel mogelijk water vast te houden (conserveren) zonder de risico's van wateroverlast te vergroten. Ten tweede het tijdstip waarop in de zomer of najaar met peilverlaging wordt begonnen.

Het verlagen van de zomerpeilen in het najaar is in het waterschap de Veenmarken mede ten gevolge van de modelberekeningen duidelijk vervroegd naar een eerder tijdstip in het jaar, met aantoonbaar betere resultaten.

Door het vergroten van het inzicht in het waterbeheer is het mogelijk zo optimaal mogelijk om te gaan met het oppervlaktewater.



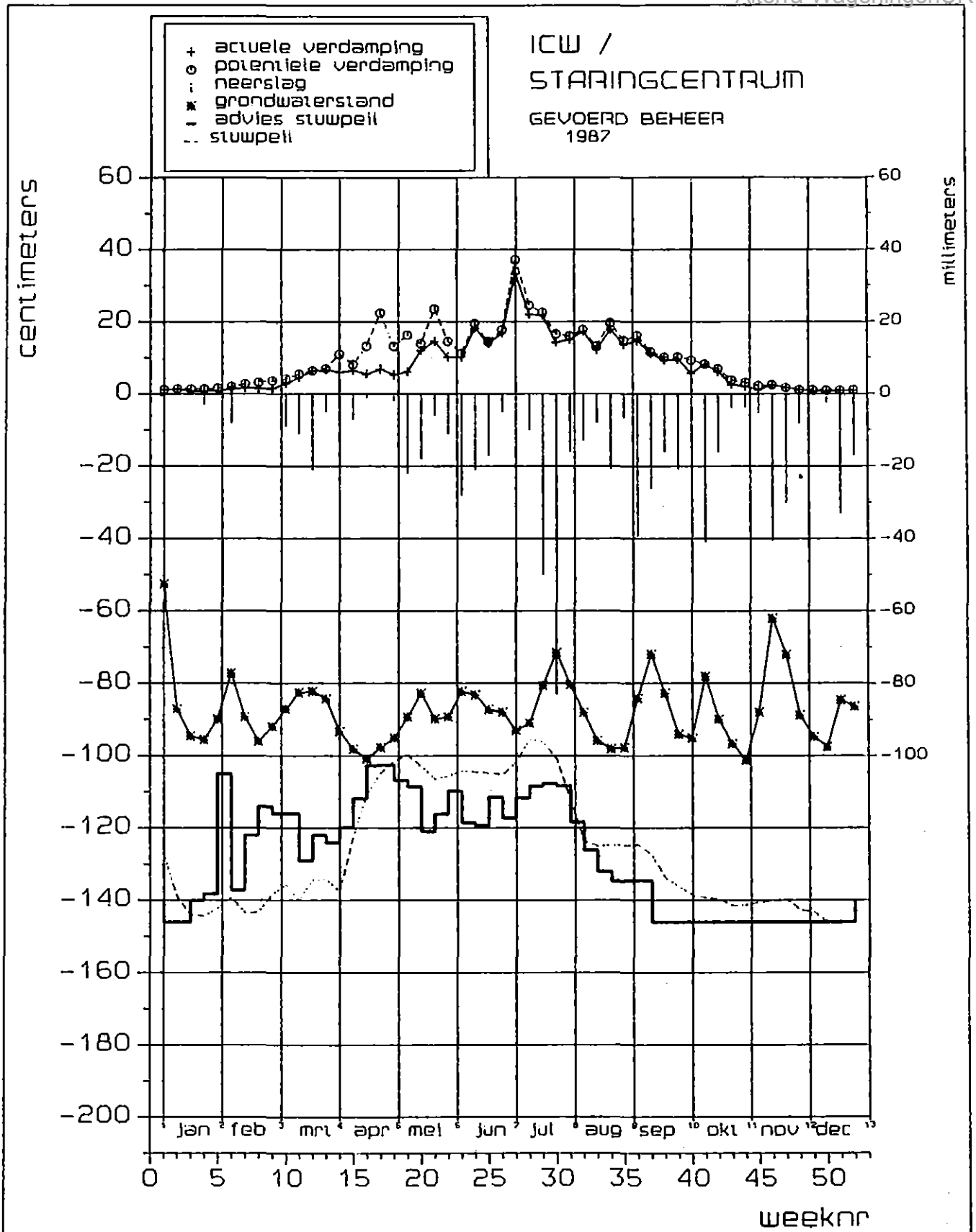


Fig. 5.1 Grafische weergave van het gemeten grondwaterstandverloop, het gevoerd peilbeheer en het daarbij berekende verdampingsverloop in 1987, voor een Hn21-profiel (podzol)

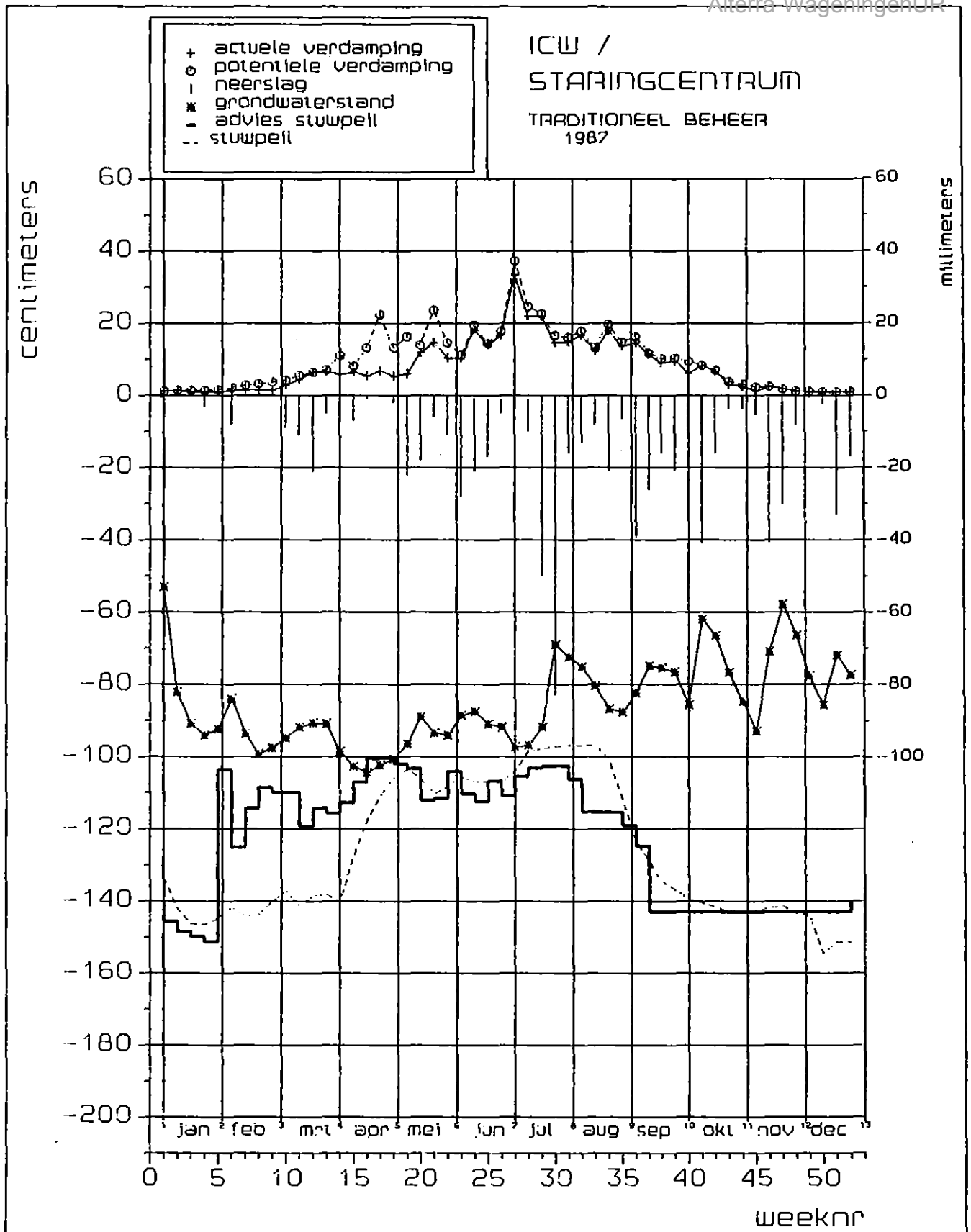


Fig. 5.2 Grafische weergave van het berekende verdampings- en grondwaterstandsverloop behorend bij het traditionele peilbeheer zoals dat in 1987 zou zijn gevoerd, voor een Hn21-profiel (podzol)

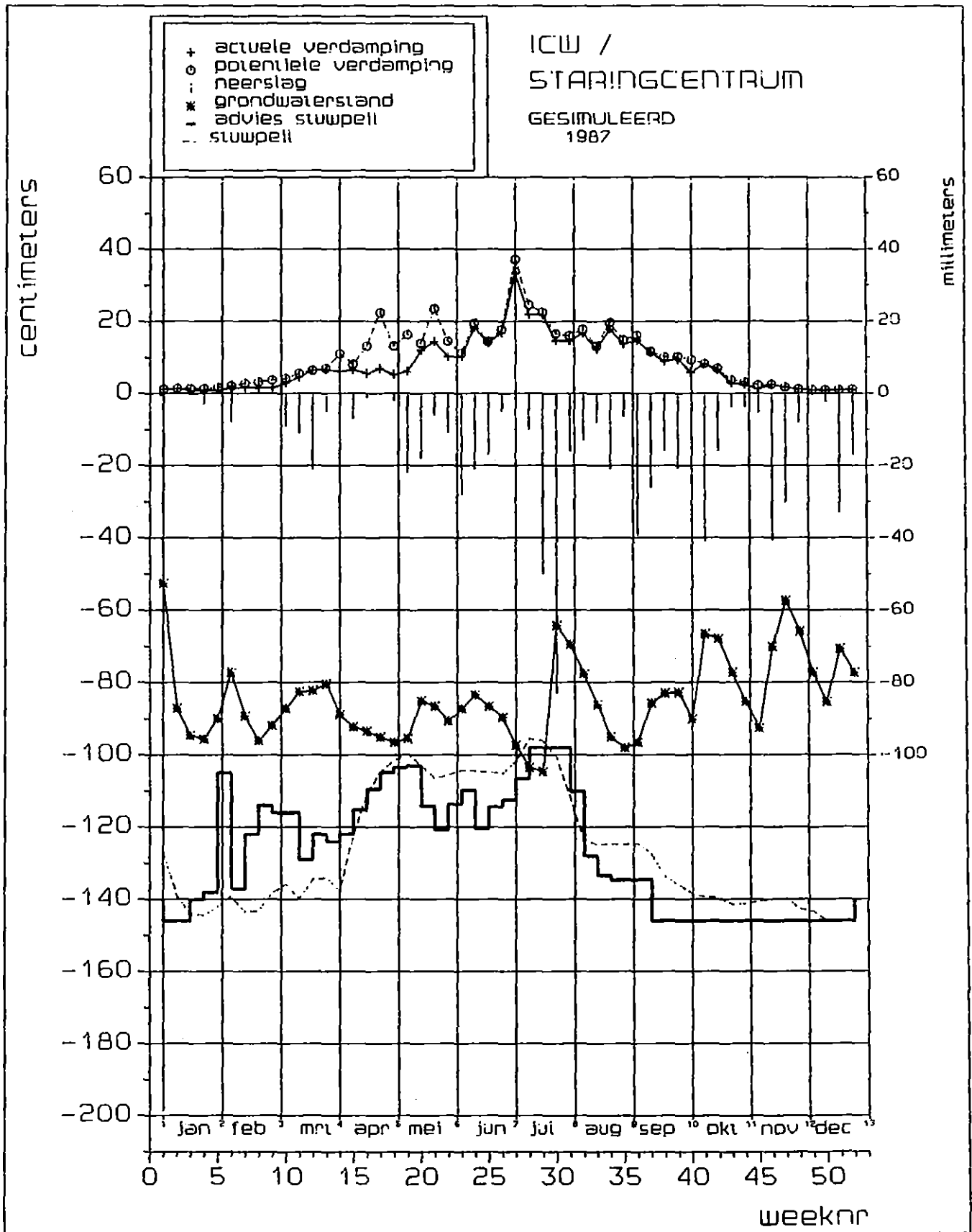


fig. 5.3 Grafische weergave van het berekende verdampings- en grondwaterstandsverloop behorend bij het voor 1987 gesimuleerde peilbeheer, voor een Hn21-profiel (podzol)

## L I T E R A T U U R

- AD HOC GROEP VERDAMPING, 1984. Herziening van de berekening van de gewasverdamming in het hydrologisch model GELGAM. Provincie Gelderland, Dienst Waterbeheer.
- BAKEL, P.J.T. VAN, 1984. Analyse van het stuwpeilmeer in 1983 zoals uitgevoerd door het waterschap De Veenmarken. ICW nota 1485.
- , 1985. Effecten van peilbeheer in het aanvoergebied De Monden (Drenthe). Rapporten nr 15. ICW, Wageningen.
- , 1986a. A systematic approach to improve the planning, design and operation of regional surface water management systems: a case study. Report 13. ICW, Wageningen.
- , 1986b. Gebruik van een simulatiemodel voor het peilbeheer. Waterschapsbelangen (12): 312-315.
- BANNINK, M.H. en G.H. STOFFELSEN, 1984. Bodemfysisch onderzoek ten behoeve van tussen-10-plan. Rapport nr. 1805, Stiboka, Wageningen.
- BEEKMAN, W., Bepaling van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater uit de grondwatertrappen (in voorbereiding).
- BELMANS, C., J.G. WESSELING en R.A. FEDDES, 1983. Simulation model of the the water balance of a cropped soil; SWATRE. J. Hydr. 63 (3/4): 271-286. Techn. Bull. ICW 21.
- BEUVING, J., 1982. Onderzoek naar bodem- en waterhuishoudkundige gegevens voor invoer in en verificatie van een model voor berekening van de effecten van de waterhuishouding. ICW nota 1378, Wageningen.
- BOESTEN, J.J.T.T. and L. STROOSNIJDER, 1986. Simple model for daily evapotranspiration from fallow tilled soils. Neth. J. of Agr. Sci. 34(1): 75-90.
- BOUWKNEGT, J., 1978. HYDRA, een computerprogramma voor het berekenen van hydraulische netwerken. Wetenschapsdagen ten gevolge van 90 jaar Heidemij, Arnhem.
- ERNST, L.F., 1978. Drainage of undulating soils with high groundwater tables. I. A drainage formula based on a constant hydraulic head ratio. II. The variable head ratio. J. Hydrol. 39: 14-50. Tech. Bull. 106. ICW, Wageningen.

- FEDDES, R.A., P.J. KOWALIK and H. ZARADNY, 1978. Simulation of water use and crop yield. Simulation monograph. PUDOC, Wageningen.
- , 1987. Crop factors in relation to Makkink reference-crop evapotranspiration. In: J.C. Hooghart (ed.), Evaporation and weather Proc. and Information CHO-TNO No. 39: 33-44.
- HOOGLAND, J., BELMANS and R.A. FEDDES, 1981. Root water uptake model depending on soil water pressure head and maximum extraction rate. Acta Hortic. 119: 123-126.
- KEESMAN, K.J., P.J.T. VAN BAKEL, J. KRELING en B.M. HAAYER, 1985. Berekening van langjarige aanvoereffecten en -efficiëncies ten behoeve van de bepaling van de landbouwkundige baten van wateraanvoer naar het 'tussen-10-plan'-gebied. ICW nota 1623.
- KEESMAN, K.J. en P.J.T. VAN BAKEL, 1985. Gebruikershandleiding van het simulatiemodel voor de waterbalans van een met gewas begroeid oppervlak gekoppeld aan een peilbeheersingsmodel voor open water: SWADRE (SWADRE-DRENTHE). ICW Nota 1605, Wageningen.
- MAKKINK, G.F., 1957. Testing the Penman formula by means of lysimeters. Journ. Int. of Water Engineers (11): 277-288.
- POST, H. en P.J.T. VAN BAKEL, 1986. Onderzoek waterbeheer in de ruilverkaveling Ruinerwold-Koekange. Landinrichtingsdienst Utrecht.
- QUERNER, E.P., 1986. Simulation of flow in surface water systems. ICW nota 1746, ICW, Wageningen.
- ROBBERTS, J.H., 1988. Aanpassingen aan het model SWW ten behoeve van simulatie van berekening uit het grondwater, en toepassing van het model in het gebied ten oosten van Budel (N-Br). Doctoraal-scriptie LUW.
- TECHNISCHE WERKGROEP GRONDWATERPLAN, 1985. Grondwaterplan, deel II, Technische Toelichting. Provinciaal Bestuur van Assen.
- THOM, A.S. and H.R. OLIVER, 1977. On Penman's equation for estimating regional evaporation. Quart. J.R. Met. Soc., 103, 345-357.
- VAN WIJK, A.L.M. and R.A. FEDDES, 1986. Simulating effects of soil type on arable crop yield. In: J. Wesseling and A.L.M. van Wijk (eds.). Agricultural Water Management. Balkema, Rotterdam. Techn. Bull. n.s. 40.
- WALSUM, P.E.V. VAN 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. ICW nota 1434, Wageningen.

- WATERSCHAP DE VEENMARKEN, 1986. Waterbeheer 1986 in het Waterschap De Veenmarken. Intern notitie.
- WERK GROEP AFVOERBEREKENINGEN, 1979. Richtlijnen voor het berekenen van afwateringsstelsels in landelijke gebieden.
- WERK GROEP LANDBOUWKUNDIGE ASPECTEN, 1984. Landbouwkundige aspecten van grondwateronttrekking; berekening van schade als gevolg van kunstmatige verlaging van de grondwaterstand. CoGroWa, Utrecht.
- WERK GROEP WATERVOORZIENING DRENTHE, 1979. Water naar Drenthe. Assen.
- WIJK, A.L.M. VAN and R.A. FEDDES, 1986. Simulating effects of soil type and drainage on arable crop yield. In: Wesseling and Van Wijk (eds.), Agric. Wat. Manag.: 97-112. Techn. Bull. n.s. 4. ICW, Wageningen.
- WÖSTEN, J.H.M., J. BOUMA en G.H. STOFFELSEN, 1985. Toepassing van bodemkaarten bij het gebruik van simulatiemodellen voor de waterhuishouding. Cult. Tijdschr. 25: 69-79.
- WÖSTEN, J.H.M., M.H. BANNINK en J. BEUVING, 1986. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. ICW rapport 18/STIBOKA - rapport 1932. Wageningen.

## BIJLAGEN

### Bijlage 1.1 SIMGEBIED.DAT

---

ICW /	naam van organisatie of
STARINGCENT	van het beheersgebied
999 4	resp. aantal peilvakken en groepen
250 250 250 249	aantal peilvakken per groep
conserv mais	naam van eerste groep
vastpeil mais	naam van tweede groep
conserv mais	naam van derde groep
vastp gras	naam van vierde groep

---

Bijlage 1.2 PLV1.DAT

---

```

    251 Hn21gwtIII      ! resp.nr peilvak en gebruikersnaam
Hn21                  ! bodemcode
mais                  ! gewas
gemer 896            ! resp. meteostation en regenmetercode
  0   0.00           ! resp. beheertype en aanvoercapaciteit
c dimensionering secundaire stelsel :
c resp. slootdiepte, bodembreedte, talud en slootafstand :
  120   100   0.667   1000
c dimensionering tertiaire stelsel :
  100    50    1      400
c karakterisering detailontwatering :
c resp. diepte drainbuizenstelsel en greppelstelsel
  0      60
c drainageweerstand voor resp. het secundaire, tertiaire, drainbuizen en
c greppel stelsel :
  1851.2  685.0  100.0  100.0
c coëfficiënten in exponentiele afvoerrelatie :
c resp. aexp,bexp,rs1,rt1,rg1,tgs,tgt :
  0      0      0      0      0      0      0
c resp regionale en lokale kwel :
  0.00   0.00
c resp. hoogwaterlijn en fasering stuwbeheer :
-60 -100 -100 -100 -100 -90 -80 -70 -70
c resp. min., gem. en max. maaiveldshoogte in peilvak :
  0      0      0
c resp. code , referentie hoogte en maaiveldshoogte bij grondwaterbuis :
*      0      0
c resp. capaciteit en kruinbreedte bovestroomse stuw :
  0.00   0.00
  
```

---



Bijlage 2.1 HN23.DAT

---

ccc BODEMPROFIEL BESCHRIJVING

zand | bodemtype  
 c resp. profieldiepte, aantal bodemcompartimenten, aantal bodemlagen,  
 c nr. onderste compartiment van resp. de onderscheiden bodemlagen :  
 c dsp, ncs, npl, nc(5)  
 250 25 4 4 6 12 25 25  
 brabant | bodemreeks  
 2 | nr. pF-curve van de bovengrond  
 16 1 4 | resp. nr. voor pF-curve van de ondergrondlagen

---

Bijlage 2.2 BRABNROG.DAT

---

ccc TABEL MET ONDERGROND SCHEMATISERINGEN VOOR DE BODEMREEKS 'BRABANT'

c resp nr. ondergr. definitie, aantal ondergr. lagen, resp. diepte en pF-curve  
 c per laag, behalve van de onderste laag die geacht wordt door te lopen tot  
 c aan de onderkant van het profiel :

1	1	13					
2	2	50	13	12			
3	2	90	13	12			
4	2	15	14	12			
5	1	12					
6	2	30	12	2			
7	3	50	3	80	2	12	
8	2	30	12	8			
9	2	60	3	2			
10	2	60	3	12			

---

Bijlage 2.3 BRABOG16.DAT

---

ccc TABEL VAN DRUKHOOGTE EN DOORLATENDHEID VOOR ONDERGROND NR 16 UIT DE  
ccc REEKS BRABANT :

c resp min. max. en verzadigd vochtgehalte en verz. doorlatendheid :

c lv,mv,swc,cs1 :

0.01 0.44 0.44 122.77

c resp. de drukhoogte bij de verschillende vochtgehaltenes oplopend per

c procent ; prh :

-0.100E+08 -0.284E+06 -0.353E+05 -0.100E+05 -0.500E+04 -0.250E+04 -0.167E+04  
-0.117E+04 -0.902E+03 -0.747E+03 -0.629E+03 -0.538E+03 -0.473E+03 -0.427E+03  
-0.387E+03 -0.354E+03 -0.325E+03 -0.300E+03 -0.278E+03 -0.259E+03 -0.236E+03  
-0.211E+03 -0.190E+03 -0.171E+03 -0.155E+03 -0.141E+03 -0.129E+03 -0.118E+03  
-0.109E+03 -0.100E+03 -0.883E+02 -0.782E+02 -0.696E+02 -0.621E+02 -0.557E+02  
-0.500E+02 -0.411E+02 -0.340E+02 -0.267E+02 -0.200E+02 -0.136E+02 -0.839E+01  
-0.353E+01 0.000E+00

c resp. de doorlatendheid bij de verschillende vochtgehaltenes oplopend per

c procent ; con :

0.115E-07 0.164E-04 0.197E-04 0.300E-04 0.750E-04 0.200E-03 0.432E-03  
0.682E-03 0.114E-02 0.202E-02 0.311E-02 0.435E-02 0.606E-02 0.846E-02  
0.112E-01 0.143E-01 0.175E-01 0.210E-01 0.245E-01 0.282E-01 0.342E-01  
0.430E-01 0.525E-01 0.622E-01 0.721E-01 0.821E-01 0.919E-01 0.102E+00  
0.111E+00 0.120E+00 0.294E+00 0.634E+00 0.123E+01 0.217E+01 0.357E+01  
0.550E+01 0.727E+01 0.909E+01 0.126E+02 0.180E+02 0.301E+02 0.495E+02  
0.941E+02 0.123E+03

---

Bijlage 2.4 WORTELD.DAT

---

C TABEL MET DE RELATIE TUSSEN HET BODEM PROFIEL EN DE BEWORTELINGSDIEPTE  
C VOOR DE VERSCHILLENDE GEWASSEN :

bodem	gras	mais	aard
Hn21	20	40	30
Zb23	25	45	30
iWp	30	45	35
cY23	35	55	40
EZ23	40	60	45

---

Bijlage 3.1 MAISVAST.DAT

---

ccc VASTE GEWASGEGEVENS VOOR mais:  
c coef. v.d. aerodyn. weerst.functie : fga,fgb,fgd,fgmi,fgma,fmch :  
.37e-7,.283,.164e-7,.59,.18e-7,.3e-7,20.  
c interceptie coëfficiënten : fia,fib,fic,fid,fmp,fmi :  
.169,.516,.1781,.0593,2,..19  
c coëfficiënten voor berekening LAI : fla,flb,flc :  
2.91,.957,0.  
c gewasweerstand en gewasreflectiefactor : rs,refl :  
60,.15  
c coef gewashoogte-bodembed.,ontw fase gewas : chf,os1,os2 :  
200,..35,.85  
c temp.som voor ontkieming, en min. groeitemperatuur : tsontk,tming :  
200,2.9  
c coef ter bep. temp.som in droge cq. natte omstandigh. : ao,bo,co,do  
223.,402.,-2031,-606.  
c pootdatum en oogst datum : tpoot,toogst :  
110,275  
c grenzen van wortelopnamefunctie : p0,pu1,pl1,p2h,p2l,p2,p3 :  
-25.,-55.,-50.,-500.,-800.,-600.,-8000  
c coëfficiënten wortelopname functie : arer,brer,irer,rnam,inl :  
0,0,0,0,1  
c fasering stuwbeheer : phase(1/8) :  
-140,-130,-120,-110,-100,-90,-80,-70  
c in relatie tot de grondwaterstand : gc(/7) :  
-80,-85,-90,-95,-100,-105,-105  
c relatie fasering met het vochtgehalte : vph5,vph6,vafb,vacap  
2.,3.,2.,3.  
c beregeningskarakteristieken : sprcyc,sprgift,pFber :  
7,3,2.5  
c duur bewerkingsoperaties : pootd,oogstd,oogstp :  
5,15,20  
c verl. per dag bij vertraging in bewerkingen : kiemverl,oogstverl :  
1.,1.  
c minimale vochtspanning in profiel voor berijding : phmach :  
-60

---

Bijlage 3.2 GRASVAST.DAT

---

C VASTE GEWASGEGEVENS VOOR gras :

c coef. v.d. aerodyn. weerst.functie : fga,fgb,fgc,fgd,fgmi,fgma,fmch :  
.37e-7,.283,.164e-7,.59,.18e-7,1.3e-7,20.

c interceptie coëfficiënten : fia,fib,fc,fid,fmp,fmi :  
.169,.516,.1787,.0593,2.,.19

c coëfficiënten voor berekening van LAI : fla,flb,flc :  
2.6,1.5,.9

c gewasweerstand en gewasreflectiefactor : rs,refl :  
65,.25

c gewashoogte,ontw fases gewas : chf,os1,os2 :  
20.,0.001,.999

c temp.som voor ontkieming, en min. groeitemperatuur : tsontk,tming :  
1,0.

c coef ter bepaling temp.som in droge cq. natte omstandigh. : ao,bo,co,do  
0.,-1.,0.,-1.

c pootdatum en oogst datum : tpoot,toogst :  
1,366

c grenzen van wortelopnamefunctie : p0,pu1,p11,p2h,p2l,p2,p3 :  
-10.,-25.,-25.,-200.,-800.,-400.,-8000

c coëfficiënten wortelopname functie : arer,brer,irer,rnam,inl :  
0,0,0,0,1

c fasering stuwbeheer : phase(1/8) :  
-140,-130,-120,-110,-100,-90,-80,-70

c in relatie tot de grondwaterstand : gc(1/7) :  
-70,-75,-80,-85,-90,-95,-95

c relatie fasering met het vochtgehalte : vph5,vph6,vafb,vacap  
2.,3.,2.,3.

c beregeningskarakteristieken : sprcyc,sprgift,pFber :  
7,3,2.5

c duur bewerkingsoperaties : pootd,oogstd,oogstp :  
5,15,20

c verl. per dag bij vertraging in bewerkingen : kiemverl,oogstverl :  
1.,1.

c minimale vochtspanning in profiel voor berijding : phmach :  
-60

---

Bijlage 3.3 AARDVAST.DAT

---

C VASTE GEWASGEGEVENS VOOR AARDAPPELS :

c coef. v.d. aerodyn. weerst.functie : fga,fgb,fgc,fgd,fgmi,fgma,fmch :  
.37e-7,.283,.164e-7,.59,.18e-7,1.3e-7,20.

c interceptie coefficienten : fia,fib,fic,fid,fmp,fmi :  
.169,.516,.1787,.0593,2.,.19

c coefficienten voor berekening van LAI : fla,flb,flc :  
2.6,1.5,.9

c gewasweerstand en gewasreflectiefactor : rs,refl :  
30,.15

c coef gewashoogte-bodembed.,ontw fase gewas : chf,os1,os2 :  
90,.28,.68

c temp.som voor ontkieming, en min. groeitemperatuur : tsontk,tming :  
116,2.9

c coef ter bepaling temp.som in droge cq. natte omstandigh. : ao,bo,co,do  
223.,487.,-203.,-522.

c pootdatum en oogst datum : tpoot,toogst :  
120,260

c grenzen van wortelopnamefunctie : p0,pu1,pl1,p2h,p2l,p2,p3 :  
-25.,-55.,-50.,-200.,-600.,-400.,-16000

c coefficienten wortelopname functie : arer,brer,irer,rnam,inl :  
0,0,0,0,1

c fasering stuwbeheer : phase(1/8) :  
-140,-130,-120,-110,-100,-90,-80,-70

c in relatie tot de grondwaterstand : gc(1/7) :  
-80,-85,-90,-95,-100,-105,-105

c relatie fasering met het vochtgehalte : vph5,vph6,vafb,vacap  
2.,3.,2.,3.

c beregeningskarakteristieken : sprcyc,sprgift,pFber :  
7,3,2.5

c duur bewerkingsoperaties : pootd,oogstd,oogstp :  
5,15,20

c verliezen per dag bij vertraging in bewerkingen : kiemverl,oogstverl :  
1.,1.

c minimale vochtspanning in profiel voor berijding : phmach :  
-60

---



## Bijlage 3.6 AARDCOEF.DAT

## C VERDAMPINGS COEFFICIENTEN VOOR aardappels :

c gewasverdampingscoefficient per week voor gebruik in de

c verdampingsformule van Makkink

0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,

0,0,0,0,0,0,0,0,0,.7

.8,.9,1,1.1,1.2,1.2,1.2,1.2,1.1,1.1,

1.1,1.1,1.1,1.1,1.1,.9,.7,0,0,0,

0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,

0,0,0

## Bijlage 3.7 GRASCOEF.DAT

## C VERDAMPINGS COEFFICIENTEN VOOR gras :

c gewasverdampingscoefficient per week voor gebruik in de

c verdampingsformule van Makkink

1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,

1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,

1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,

1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,

1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,.9,.9,.9,

.9,.9,.9





Vervolg bijlage 3.8 AARDMEET.DAT

52,51,50,49,48,47,46,45,44,42,41,40,39,38,37,0,0,0,0,0,  
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,  
0,  
0,  
0,0

---

Bijlage 4.1 DAGUITV.DAT

---

```
c  IN DEZE FILE WORDT DE DAGELIJKSE UITVOER GESTUURD :  
c  code voor daguitvoer : 1 = daguitvoer met een vast interval  
c                          2 = daguitvoer op specifieke dagen :  
c                          3 = daguitvoer op elke dag  
  
2                          ! code daguitvoer : op specifieke dagen  
9                          ! op negen dagen daguitvoer  
1 200 201 202 203 204 205 206 207 ! dagnummers waarop uitvoer gevraagd is
```

---

**BIJLAGE 5**

LIJST VAN VARIABELEN<sup>1</sup>

Wiskundige notatie	Omschrijving	Eenheid	Symbool in SWW
a	wateraanvoerintensiteit	cm.d	AVOER1
a <sub>max</sub>	maximale aanvoerintensiteit	cm.d <sup>-1</sup>	ACAP
a <sub>s</sub>	constante in verg. (2.8)	d <sup>-1</sup>	ARER
a <sub>t</sub>	bodemafhankelijke parameter in verg. (2.9)	cm <sup>½</sup> .d <sup>-1</sup>	BETA
b	bodembreedte watergang (sec./tert.)	m	SB/TB
b <sub>s</sub>	constante in verg. (2.8)	cm <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup>	BRER
C <sub>t</sub>	cumulatietellen in verg. (2.10)	cm	VEP1
c <sub>p</sub>	specifieke warmte van de lucht	J.kg <sup>-1</sup>	
D <sub>s</sub>	ontwikkelingsstadium	1	OS
d <sub>s1</sub> /d <sub>s2</sub>	parameters in relatie tussen ontwikkelingsstadium en bodembedekkingsgraad	1	OS1/OS2
E	actuele evapotranspiratie	cm.d <sup>-1</sup>	EP
E <sub>i</sub>	interceptieverdamping	cm.d <sup>-1</sup>	FIN
E <sub>o</sub>	open waterverdamping	cm.d <sup>-1</sup>	EPEN
E <sub>p</sub>	potentiële evapotranspiratie	cm.d <sup>-1</sup>	EPOT
E <sub>r</sub>	referentie gewasverdamping	cm.d <sup>-1</sup>	EREF
E <sub>s</sub>	bodemverdamping	cm.d <sup>-1</sup>	ESRA/ESR
E <sub>sp</sub>	potentiële bodemverdamping	cm.d <sup>-1</sup>	ESPOT
E <sub>t</sub>	gewasverdamping	cm.d <sup>-1</sup>	TRA
E <sub>tp</sub>	potentiële gewasverdamping	cm.d <sup>-1</sup>	TRAPOT

Wiskundige notatie	Omschrijving	Eenheid	Symbool in SWW
$E_w$	verdamping van een nat gewas	$\text{cm.d}^{-1}$	EWET
$e$	dampdruk	mbar	VP
$e_s$	verzadigingsdampdruk	mbar	VPS
$F$	temperatuursom	$^{\circ}\text{C.d}$	TS
$f$	reductiefactor voor de referentie gewasverdamping	1	GEWCO
$f_{ow}$	oppervlakteaandeel open water	1	PERCOP
$G$	bodemwarmtestroomdichtheid	$\text{W.m}^{-2}$	
$g$	versnelling van de zwaartekracht	$\text{m.s}^{-2}$	
$h$	grondwaterstand	cm	GWLA
$h^*$	grondwaterstandsdiepte	cm -mv	
$h_b$	hoogte van de bodem van de watergang		
$h_{b,s}$	bodemhoogte beheersbaar oppervlakte-waterstelsel	cm	DSEC
$h_{b,t}$	bodemhoogte niet beheersbaar oppervlaktewaterstelsel	cm	DTERT
$h_{b,s}^*$	bodemdiepte secundair stelsel	cm -mv	
$h_{b,t}^*$	bodemdiepte tertiair stelsel	cm -mv	
$h_g$	gemiddelde grondwaterstand	cm	
$h_o$	open waterpeil	cm	CHNL
$h_o^*$	diepte van het open waterpeil	cm -mv	
$h_{o,s}$	streefpeil van het open water	cm	HS
$h_{zp}^*$	diepte van het zomerpeil	cm -mv	
$h_{p1}$ t/m $h_{p4}$	punten in de relatie $\alpha_s(h_p)$ (fig. 2.1)	cm	P0/P2/P2H/P2L/P3
$h_p$	drukhoogte van het water	cm	PH
$K$	capillair geleidingsvermogen	$\text{cm.d}^{-1}$	CONDOC
$K^{\downarrow}$	globale stralingsstroomdichtheid	$\text{W.m}^{-2}$	HSH
$L$	gemiddelde afstand tussen watergangen (sec./tert.)	m	SLAFST/TAFST

Wiskundige notatie	Omschrijving	Eenheid	Symbool in SWW
$L^*$	netto langgolvlige stralingstroomdichtheid	$W.m^{-2}$	HL
LAI	groene bladerenindex	1	LAI
n	helling van het talud (sec./tert.)		TALUDS/TALUDT
P	bruto neerslag	$cm.d^{-1}$	PREC
$Q^*$	netto stralingsstroomdichtheid	$W.m^{-2}$	HNT
$q_a$	kwel of wegzijging	$cm.d^{-1}$	QDEEPR
$q_d$	specifiek debiet naar het oppervlaktewaterstelsel	$cm.d^{-1}$	QD1
$q_m$	specifiek debiet over grensvlak model	$cm.d^{-1}$	QDEEDA
$q_r$	geïnduceerde regionale stroming	$cm.d^{-1}$	QREGIO
r	albedo	1	
$r_a$	aerodynamische weerstand voor waterdamptransport	$s.m^{-1}$	RAS
$r_c$	gewasweerstand	$s.m^{-1}$	RS
S	sink term (wortelopname)	$d^{-1}$	RTEX
$S_c$	bodembedekkingsgraad	1	SC
$S_{max}$	maximaal mogelijke wortelopname	$d^{-1}$	QM
s	helling van de verzadigingsdampdrukcurve	$mbar.K^{-1}$	DVDS
T	(absolute) temperatuur	K	TEM
T	gemiddelde dagtemperatuur	$^{\circ}C$	
$t_{em}$	datum van opkomst		TONTK
$t_{na}$	oogstdatum		TOOGST
$v_z$	verticale volumestroomdichtheid	$cm.d^{-1}$	
W	waterinhoud	cm	
z	z-coördinaat	cm	
$\alpha$	parameter in q(h)-relatie	$cm.d^{-1}$	AEXP

Wiskundige notatie	Omschrijving	Eenheid	Symbool in SWW
$\alpha_s$	functie die de relatie vastlegt tussen S en $h_p$ (verg. (2.6))	1	
$\beta$	parameter in q(h)-relatie	$\text{cm}^{-1}$	BEXP
$\gamma$	psychrometerconstante		GAMMA
$\eta$	vormfactor voor het freatisch vlak	1	
$\theta$	volumetrisch watergehalte	1	WC
$\lambda$	specifieke verdampingswarmte van water	$\text{J.kg}^{-1}$	
$\rho_a$	dichtheid van de lucht	$\text{kg.m}^{-3}$	
$\tau$	drainage(ontwaterings-)weerstand	d	RDRAIN/RGREP

'De in deze lijst opgenomen variabelen zijn beperkt tot de in hoofdstuk 2 gebruikte variabelen. Daarom kan het voorkomen dat geen SWW-symbool kan worden gegeven. Omgekeerd is er een groot aantal SWW-variabelen dat niet in deze lijst is opgenomen. Hiervoor wordt verwezen naar het programma SWW, waarin per subroutine de lijst van in- en uitgaande en interne variabelen zijn gegeven.