

32/uub(43) 2^e ex.

BIBLIOTHEEK
STARING GEBOUW

Waterhuishoudkundige schadefuncties op grasland

J.M.P.M. Peerboom

Rapport 43

STARING CENTRUM, Wageningen, 1990



13 JUN 1990

13. 4. 1990 615

REFERAAT

Peerboom, J.M.P.M., 1990. Waterhuishoudkundige schadefuncties op grasland. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 43. 180 blz.; 25 fig.; 13 tab.; 11 aanhangsels.

Met behulp van bestaande en nieuwe computermodellen zoals SWATRE, CROPR, en BBPR is een methode ontwikkeld om bedrijfsschades op grasland te berekenen die afhankelijk zijn van de waterhuishouding. De gebruikte deelmodellen zijn tijdens het onderzoek waar mogelijk gecalibreerd en geverifieerd. In de ontwikkelde methode wordt aan de hand van meteorologische, hydrologische en bedrijfsgegevens de grasgroei en het graslandgebruik van een fictief standaardbedrijf gegenereerd. Hieruit wordt de bedrijfsopbrengst in geld berekend. De methode kan gebruikt worden voor het berekenen van gemiddelde jaarlijkse bedrijfsschades onder verschillende bodem- en drainageomstandigheden (HELP-tabel) maar ook voor het berekenen van schades tijdens specifieke perioden in het jaar voor het peilbeheer.

Trefwoorden: schadefuncties, gewassimulatie, graslandgebruik, opbrengstverlies, ontwatering graslandgebieden, peilbeheer

ISSN 0924-3070

©1990

STARING CENTRUM Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel.: 08370-19100; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Staring Centrum.

Proj.nr. 60291

[RAP/43]

INHOUD

WOORD VOORAF	11
SAMENVATTING	13
1 INLEIDING EN PROBLEEMDEFINITIE	15
2 BASISRELATIES IN GRASLANDPRODUKTIE	21
2.1 Grasgroei	21
2.2 Grasverliezen	23
2.2.1 Verliezen tijdens beweiding	24
2.2.2 Verliezen tijdens voederwinning en conservering	25
2.3 Waterhuishoudkundige relaties	26
2.4 Modelaanpak	28
3 CONCEPTUELE AANPAK	29
3.1 Alternatieve modelaanpakken	29
3.2 Modelkeuze	32
3.3 Uiteindelijke aanpak	34
4 SIMULATIEMODELLEN	37
4.1 Simulatie van de bodemvochttoestand (SWATRE)	37
4.1.1 Basisconcept	37
4.1.2 In- en uitvoer	39
4.1.3 Calibratie	40
4.1.4 Discussie	40
4.2 Simulatie van de grasgroei (CROPR)	41
4.2.1 Basisconcept	42
4.2.2 In- en uitvoer	44
4.2.3 Calibratie	45
4.2.4 Discussie	46
4.3 Simulatie van het graslandgebruik (GRAMAN)	47
4.3.1 Basisconcept	47
4.3.2 In- en uitvoer	48
4.3.3 Discussie	49
4.4 Overige simulaties	50
4.4.1 Stikstofhuishouding	50
4.4.2 Dierlijke produktie en consumptie (MLKVEE)	53
4.5 Bedrijfseconomische evaluatie (BBPR)	54
4.5.1 In- en uitvoer	54
4.5.2 Discussie	55
4.6 Modelsynthese	55
5 VERIFICATIE EN GEVOELIGHEIDSANALYSE	59
5.1 Verificatie	59
5.1.1 HELP-tabel	59
5.1.1.1 Berekeningsmethode	59
5.1.1.2 Resultaten	61
5.1.1.3 Discussie	62
5.1.2 Droogteschade	63

5.1.2.1	Berekeningsmethode	64
5.1.2.2	Resultaten	64
5.1.2.3	Discussie	64
5.1.3	Conclusies	66
5.2	Gevoeligheidsanalyse	67
5.2.1	Draagkrachtgrenzen	67
5.2.2	Veebezetting	68
5.2.3	Economische invoer	70
5.2.3.1	Voerprijzen	70
5.2.3.2	Loonwerkkosten	72
5.2.4	Conclusies	74
6	CONSTRUCTIE VAN SCHADEFUNCTIES	75
6.1	Doel	75
6.2	Aandachtspunten	76
6.2.1	Berekeningsintervallen	77
6.2.2	Meteorologische reeksen	78
6.2.3	Grondwaterstandsverlopen	79
6.2.4	Bodemeenheid	81
6.2.5	Uitgangssituaties	82
6.2.6	Bedrijfseconomische omstandigheden	83
6.3	Synthese	83
7	SCHADEFUNCTIES	85
7.1	Berekende situaties	85
7.1.1	Fysische randvoorwaarden	85
7.1.1.1	Bodemeenheden	85
7.1.1.2	Drainagekarakteristieken	87
7.1.1.3	Meteorologische jaren	90
7.1.2	Bedrijfs- en economische randvoorwaarden	92
7.1.2.1	Veebezetting en beweidingssysteem	92
7.1.2.2	Prijzen	93
7.1.2.3	Overige	94
7.1.3	Initiële situaties	94
7.1.3.1	Start- en einddata	94
7.1.3.2	Hydrologische beginvoorwaarde	95
7.1.3.3	Bedrijfsbeginvoorwaarde	95
7.1.4	Conclusie	96
7.2	Resultaten	96
7.2.1	Grondwaterstandsverlopen	96
7.2.2	Fysische schadefuncties	97
7.2.3	Economische schadefuncties	102
7.3	Gebruiksvoorbeeld	106
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	113
8.1	Conclusies	113
8.2	Aanbevelingen	114
8.2.1	Modellen	114
8.2.2	Methodiek van de schadebepaling	115
	LITERATUUR	117

AANHANGSELS

1	SAMENSTELLING BEGELEIDINGSCOMMISSIE	121
2	CALIBRATIE SWATRE	123
3	CALIBRATIE/VERIFICATIE CROPR	133
3.1	Gewasrelaties	133
3.2	Calibratie	135
3.3	Verificatie	136
4	VOORBEELDEN BEWEIDINGSSCHEMA	138
4.1	Natte omstandigheden	138
4.2	Droge omstandigheden	140
5	OPBRENGSTVERHOOGING DOOR BEREKENING	143
6	VOORNAAMSTE STANDAARDINVOER	145
6.1	BBPR	145
6.2	GRAMAN	148
6.3	MLKVEE	149
7	BODEMFYSISCHE KARAKTERISTIEKEN STARINGREEKS	150
7.1	pF- en K-h-relaties Staringreeks B101 en B303	150
7.2	Draagkrachtrelaties Staringreeks B101 en B303	152
8	HYDROLOGISCHE KARAKTERISTIEKEN BEREKENDE GRONDWATERTRAPPEN	153
8.1	Berekende waterbalansposten	153
8.2	Parameters drainageformules	154
9	PRINCIPE BEREKENING VOORTSCHRIJDENDE SCHADEFUNCTIES	155
10	STANDAARD GRONDWATERSTANDSVERLOPEN	157
10.1	B101	157
10.2	B303	162
11	FYSISCHE SCHADEFUNCTIES	167
11.1	Bodem B101	167
11.2	Bodem B303	173
	ERRATUM	179

FIGUREN

1	Reductie van het aantal graaddagen door hoge grondwaterstanden	28
2	Schematische weergave van drie verschillende opties om de arbeidsopbrengst op grasland te berekenen afhankelijk van de waterhuishouding	30
3	Schema van het uiteindelijke modelconcept om de arbeidsopbrengst op grasland te berekenen met enkele belangrijke acties	34

4	Schematische weergave van de discretisatie die in SWATRE toegepast wordt op het bodemprofiel en de bijbehorende randvoorwaarden	38
5	Het verloop van de dimensieloze "sink-term" voor de reductie van de potentiële transpiratie	39
6	Het verloop van de assimilatie, respiratie en netto groei afhankelijk van de transpiratie, volgens het CROPR-concept	44
7	Koppeling van het waterbalansmodel SWATRE met het groeimodel CROPR tot het model SWACROP	56
8	Implementatie van SWACROP binnen het bedrijfsmodel	57
9	Synthese van het overall-model om waterafhankelijke bedrijfsuitkomsten op grasland te genereren	57
10	Vergelijking tussen de berekeningen met het geïntegreerde model en de HELP-tabel voor enkele grondwatertrappen voor de reeks 1965-1966, 1971-1986 op bodemsoort B3/O3, betreffende natheidsschade	62
11	Opgeheven vochttekort en toename van het ondernemersinkomen door berekening voor uiteenlopende situaties zonder kosten van berekening	65
12	Vergelijking tussen verliezen op jaarbasis bij een draagkrachtgrens van 0,6 en 0,5 MPa voor enkele gevoelige grondwatertrappen voor natheidsschade	68
13	Vergelijking tussen verliezen op jaarbasis bij verschillende grondwatertrappen en veebezettingen	69
14	Vergelijking tussen absolute verliezen op jaarbasis bij verschillende prijsniveaus; niveau 1988 en niveau 1988 verhoogd met 25%	71
15	Vergelijking tussen relatieve verliezen op jaarbasis bij verschillende prijsniveaus; niveau 1988 en niveau 1988 verhoogd met 25%	72
16	Vergelijking tussen de verliezen bij het geheel of slechts gedeeltelijk (alleen eerste snede) uitvoeren van inkuilwerkzaamheden door de loonwerker	73
17	Procedure voor het optimaliseren van het peilbeheer naar de visie van de provincie Gelderland	76
18	Schema van de voorgestelde procedure om voortschrijdende schadefuncties te hanteren	78
19	Gesimuleerd grondwaterstandsverloop tijdens twee jaren (1965 en 1976) voor verschillende drainage-karakteristieken, zoals gesimuleerd door SWATRE	80
20	Instrumentarium om schades met schadefuncties bij het operationele waterbeheer te bepalen	84
21	Verband tussen grondwaterstand en onderrandflux via geknikte Q-h-relaties	87
22	Frequentiediagram van het neerslagoverschot in De Bilt gedurende de jaren 1911-1986, 1965-1966 en 1971-1986 voor de periode maart-november	92
23	Schades in procenten van het totale jaarlijkse potentiële ondernemersinkomen voor acht verschillende ontwateringssituaties en twee bodemeenheden per periode gedurende het jaar	104

24	Opgetreden (tot 1 mei) en voorspeld grondwaterstandsverloop voor drie scenario's gedurende 1976, 1984 en 1986 voor het droge en het natte deel	108
25	Vergelijking van het voorspelde grondwaterstandsverloop met de standaardcurves voor het droge en natte deel in 1986 voor scenario 2	109

TABELLEN

1	Vergelijking van enkele aspecten van de voorgestelde modelaanpakken om de bedrijfsinkomsten op grasland te berekenen afhankelijk van de waterhuishouding	33
2	Toename van de produktie van grasland afhankelijk van het slootpeil en de stikstofgift op veengrond	52
3	Vergelijking tussen de berekeningen met het geïntegreerde model en de HELP-tabel voor enkele grondwatertrappen voor de reeks 1965-1966, 1971-1986 op bodemsoort B3/03, betreffende natheidsschade	61
4	Belangrijke textuurkarakteristieken van de vier Staringreeks bouwstenen met de uiterste waarden bij de middeling binnen de Staringreeks	86
5	GHG- en GLG-waarden en de extreme LG- en HG-waarden zoals berekend door SWATRE met verschillende drainagekarakteristieken over de jaren 1971-1986, en de overeenkomstige GHG- en GLG-waarden zoals gebruikt in de HELP-tabel	90
6	Totale netto hoeveelheid kuilvoer en geconsumeerd gras met verschillende perioden met optimale produktieomstandigheden gemiddeld over de periode 1965, 1966 en 1971-1986 voor acht ontwateringssituaties en twee bodemeenheden	98
7	Vertrappingsverlies bij verschillende perioden met optimale produktieomstandigheden, gemiddeld over de periode 1965, 1966 en 1971-1986 voor acht ontwateringssituaties en twee bodemeenheden	99
8	Jaarlijks aantal staldagen op het modelbedrijf bij verschillende perioden met optimale produktieomstandigheden, gemiddeld over de periode 1965, 1966 en 1971-1986 voor acht ontwateringssituaties en twee bodemeenheden	100
9	Hoeveelheid ruwvoer van eigen bedrijf in kg ruwvoer per staldag gemiddeld over de periode 1965, 1966 en 1971-1986 voor acht ontwateringssituaties en twee bodemeenheden	101
10	Jaarlijks ondernemersinkomen bij verschillende ontwateringssituaties op twee bodemeenheden, met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden	102
11	Minimum, maximum en gemiddelde schade (gebaseerd op het potentiële ondernemersinkomen) in gulden/ha voor acht verschillende ontwateringssituaties en twee bodemeenheden per periode gedurende het jaar	105

10

12	Minimum, maximum en gemiddelde schade (gebaseerd op het potentiële ondernemersinkomen) in procenten van het jaarinkomen voor acht verschillende ontwateringssituaties en twee bodemeenheden per periode gedurende het jaar	106
13	Schadeberekeningen bij verschillende data van peilverhoging in een gefingeerd gebied met Gt III en Gt VII	110

WOORD VOORAF

Dit rapport is het eindverslag van het project "Schadefuncties bij hoge grondwaterstanden" dat van juni 1987 t/m december 1988 uitgevoerd werd aan het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) in Wageningen in nauwe samenwerking met het Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR) in Lelystad in opdracht van de Dienst Milieu en Water van de Provincie Gelderland.

Het onderzoek had als doel schadefuncties op grasland te formuleren afhankelijk van de waterhuishouding, in het bijzonder bij hoge grondwaterstanden.

Het onderzoek bouwt voort op veel studies die in het verleden o.a. aan het ICW en het PR hebben plaatsgevonden op het gebied van opbrengstberekeningen van grasland. Veel studies behandelen een bepaald aspect van de problematiek (o.a. Beuving et al., 1989; Righolt, 1988; Schothorst, 1980), andere studies hebben een meer integraal karakter (Mandersloot, 1984; Rempelberg et al., 1984; Werkgroep HELP-tabel, 1987). In deze studie staat integratie van de resultaten die in eerdere onderzoeken bereikt zijn, centraal.

Het onderzoek werd uitgevoerd door H.A. Wolters (t/m oktober 1987) en J.M.P.M. Peerboom (vanaf oktober 1987). De directe begeleiding was in handen van P.J.T. van Bakel.

De studie werd ondersteund door een multidisciplinaire ICW-PR-werkgroep "Schadefuncties bij hoge grondwaterstanden", samengesteld uit:

dr. P.J.T. van Bakel	- afd. technisch waterbeheer (projectleider)	ICW
dr. R.A. Feddes	- hfdafd. waterhuishouding (voorzitter)	ICW
dr. R. de Jong	- afd. agrohydrologie (t/m mei 1988)	ICW
ir. P. Kabat	- afd. agrohydrologie	ICW
ing. F. Mandersloot	- afd. bedrijfseconomie (vanaf mei 1988)	PR
ir. J.M.P.M. Peerboom	- afd. technisch waterbeheer (secretaris)	ICW
ir. J.W. Righolt	- afd. bedrijfseconomie	ICW
ing. E. Teenstra	- afd. graslandgebruik (t/m mei 1988)	PR
ir. Th. Vellinga	- afd. graslandgebruik	PR
dr. A.L.M. van Wijk	- hfdafd. bodemtechniek	ICW
ir. H.A. Wolters	- afd. technisch waterbeheer (t/m oktober 1987)	ICW

Voorts werd de studie op afstand begeleid door een begeleidingscommissie "Optimaliseren Peilbeheer" van de provincie Gelderland, waarvan de samenstelling in aanhangsel 1 volgt.

Bij dezen wil ik alle medewerkers van het PR, de provincie Gelderland, het Computercentrum Staringgebouw en het ICW, die een bijdrage geleverd hebben aan de uitvoering van het onderzoek, van harte bedanken.

Jacques Peerboom,
december, 1989.

SAMENVATTING

In het kader van het onderzoek naar de optimalisering van het peilbeheer in de provincie Gelderland is door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding in samenwerking met het Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, van juni 1987 t/m december 1988 een onderzoek uitgevoerd naar de bedrijfsschades op grasland ten gevolge van het waterbeheer.

Het onderzoek had als doel om de in de loop der jaren opgebouwde kennis omtrent waterhuishouding, grasgroei en graslandgebruik die op het ICW en het PR aanwezig was, te integreren. Deze integratie heeft geleid tot een koppeling van bestaande en nieuw ontwikkelde computerprogramma's.

Het eindresultaat van de koppeling is een uitgebreid computerprogramma dat het arbeidsinkomen op een standaard melkveebedrijf berekent op basis van informatie over de hydrologie, het gewas en een aantal bedrijfskenmerken. De waterhuishouding, de grasgroei en het graslandgebruik worden in de opzet volledig geïntegreerd.

In de gevolgde opzet wordt het graslandgebruik op een fictief standaard melkveebedrijf gesimuleerd. Het standaardbedrijf wordt gekarakteriseerd door uniforme percelen die afhankelijk van de situatie beweid worden of worden gebruikt voor de voedervoorziening. De draagkracht van de bodem en de gewasverdamping worden gesimuleerd met het model SWATRE. De gewasverdamping wordt vervolgens met het model CROPR omgezet in grasproduktie. In het ontwikkelde model GRAMAN wordt de berekende grasproduktie beweid of voor de voedervoorziening gemaaid, rekening houdend met verschillende verliesposten die kunnen optreden afhankelijk van de actuele bodemomstandigheden. Het aldus berekende beweidschema wordt met het model MLKVEE omgezet in melkproduktie en benodigde voeraankopen. Deze gegevens worden uiteindelijk met het programma BBPR verwerkt tot bedrijfsopbrengsten.

De modelresultaten zijn geverifieerd aan de hand van de HELP-tabel (Werkgroep HELP-tabel, 1987) en aan de hand van de resultaten uit de beregeningsstudie voor Gelderland (Mandersloot, 1984). In beide gevallen was er sprake van overeenkomstige resultaten. Het voordeel van deze berekeningsmethode is echter dat relatief eenvoudig en snel het effect van uiteenlopende waterhuishoudkundige ingrepen op de bedrijfsopbrengsten gekwantificeerd kan worden.

De ontwikkelde modelopzet is gebruikt om waterhuishoudkundige schadefuncties te formuleren voor het operationele waterbeheer. Deze schadefuncties geven per periode in het jaar de gemiddelde te verwachten bedrijfsschade onder verschillende bodem- en drainageomstandigheden. De belangrijkste ingang voor de schadefuncties is het grondwaterstandsverloop gedurende uiteenlopende

karacteristieke weerjaren. Voor het onderzoek zijn voor een beperkt aantal bodemeenheden, drainage-eigenschappen en bedrijfsomstandigheden schadefuncties ontworpen voor vier perioden in het jaar.

Alhoewel de resultaten met de modellen acceptabel zijn, zal in een mogelijk vervolg van de studie de aandacht gericht moeten worden op enige aspecten van de gebruikte modelconcepten. Vooral de modellering van de stikstofafhankelijke groei en de simulatie van de beweidingsstrategie zijn voor verbetering vatbaar. Daarnaast zal in een mogelijk vervolgonderzoek het nu nog beperkte instrumentarium voor het waterbeheer uitgebreid moeten worden door uitbreiding van de standaardberekeningssituaties of door aanpassingen aan de programmatuur, waardoor deze direct in het waterbeheer toegepast kan worden.

1 INLEIDING EN PROBLEEMDEFINITIE

Het operationele waterbeheer staat in het teken van het afstemmen van de aan- en/of afvoer van water voor het vervullen van behoeften van de landbouw, de natuur, de recreatie enz. Bij deze afstemming wordt vaak een optimalisering nagestreefd om een zo gunstig mogelijke kosten-baten-ratio te bereiken. In tegenstelling tot functies als natuur, recreatie e.d., kan voor de landbouw een dergelijk afwegingsprobleem niet alleen voor de kosten kwantitatief goed ondersteund worden, maar ook voor de baten. Vooral de baten voortvloeiend uit wateraanvoer tijdens de zomerperiode om transpiratietekorten van gewassen op te heffen, zijn betrekkelijk duidelijk te localiseren, aangezien transpiratie en produktie in veel gevallen direct gekoppeld zijn (Van Boheemen, 1981). Het kwantificeren van baten die voortvloeien uit een verbetering van de waterafvoer is minder eenvoudig, aangezien naast de directe invloed van de waterhuishouding op de groei, ook de bedrijfsvoering een rol speelt. Voor bouwland is deze problematiek uitgewerkt in Van Wijk en Feddes (1986) en Van Wijk et al. (1988). Bij het berekenen van produkties van grasland zijn de relaties tussen waterhuishouding en produktie nog complexer, in het bijzonder bij wateroverlast. Deze complexiteit komt voornamelijk voort uit het feit dat de landbouwkundige produktie op een indirecte manier te gelde gemaakt wordt via de produktie van melk onder verschillende produktiesystemen. De economische opbrengst is dan geen eenduidige lineaire functie van de fysische opbrengst, maar een complexe functie met tal van terugkoppelingen.

In het verleden is veel onderzoek gedaan naar de verschillende aspecten die de produktie van grasland beïnvloeden. De verliezen tijdens het maaien zijn onderzocht door Luten (1983) en Overvest (1977). Schothorst (1980) behandelt het effect van ontwatering op de groei in het voorjaar. Beuving et al. (1989) geeft relaties voor de vertrapping door koeien en de daarmee samenhangende verliezen. Het effect van watertekorten op de groei voor gras wordt beschreven door Van Boheemen (1981). Righolt (1988) gaat in op de bedrijfseconomische en bedrijfstechnische aspecten bij de relatie tussen waterbeheer en graslandproduktie. Om een totaalbeeld te krijgen van de verliezen op grasland ten gevolge van het waterbeheer moeten de genoemde deelaspecten geïntegreerd worden. In eerdere onderzoeken heeft deze integratie al voor een deel gestalte gekregen zoals in de HELP-tabellen (Werkgroep HELP-tabel, 1987), waarin per grondsoort en ontwateringstoestand een gemiddeld schadepercentage gegeven wordt met meerdere aspecten. In Mandersloot (1984) wordt de rendabiliteit voor beregening berekend met behulp van een geïntegreerd model waarin grasgroei en graslandgebruik beschouwd worden in relatie met de economische opbrengst. De ontwikkeling van simulatiemodellen voor het beschrijven van (waterafhankelijke) groei (Feddes et al., 1978; Penning de Vries en Van Laar, 1983) en het beschikbaar komen van

data om deze modellen voor gras te ijken (groeiproeven op R.O.C. Heino), maken het mogelijk om de integratie van de verschillende aspecten nog verder door te voeren dan tot nu toe mogelijk was. Ook de snelle ontwikkeling van krachtige computers heeft de mogelijkheden voor verdergaande integratie verruimd. Naast deze verruimde mogelijkheden om graslandproducties te berekenen, vroeg de specifieke vraagstelling van de provincie Gelderland om een nieuwe aanpak.

De provincie Gelderland streeft naar een optimalisering van het peilbeheer m.b.v. schadefuncties die een verband weergeven tussen de waterhuishouding en economische produktie, waardoor een waterhuishoudkundige maatregel direct gerelateerd kan worden aan een economische opbrengst. Aangezien het grootste deel van de landbouwgronden in de provincie Gelderland bestaat uit grasland, heeft de optimalisering van het waterbeheer voor een groot deel hierop betrekking. Reeds bestaande relaties tussen waterhuishouding en produktie, zoals beschreven in Werkgroep HELP-tabel (1987) en Van Wijk et al. (1988) zijn bedoeld om structurele (landinrichtings)ingrepen te evalueren en zijn in het algemeen minder geschikt voor gebruik bij het waterbeheer, omdat schades berekend worden als jaartotalen, terwijl in het waterbeheer behoefte is aan deelpercentages gedurende het jaar. Voor grasland zijn deze schadepercentages bovendien minder goed toepasbaar, omdat deze meestal betrekking hebben op fysische produkties en niet de verbinding leggen met financiële bedrijfsopbrengsten. Schadefuncties voor grasland in droge omstandigheden zijn door de provincie reeds zelf ontwikkeld met het waterbalansmodel MUST. Schadefuncties voor natte omstandigheden vragen echter naast inzicht in de waterhuishouding, specifieke inzichten in graslandproductiesystemen, bewerkbaarheid, specifieke economische aspecten enz. In dit rapport zal de gevolgde methode bij het berekenen van schadefuncties met de nadruk op natte omstandigheden beschreven worden, tevens zullen de uiteindelijk verkregen rekenresultaten gepresenteerd worden. Een gedetailleerde beschrijving van het groeimodel SWACROP voor grasproduktie wordt gegeven in De Jong, Kabat en Peerboom (1989) en in De Jong en Kabat (1988). In dit rapport wordt volstaan met het uiteenzetten van de basisprincipes en enige calibratieresultaten van de gehanteerde modellen.

Hoofdstuk 2. Basisrelaties in graslandproduktie

Ingegaan wordt op enkele factoren die de groei van gewassen in het algemeen en de groei van gras in het bijzonder betreffen. Allereerst worden groeifactoren onderscheiden zoals nutriëntenvoorziening, watervoorziening, temperatuur, straling, graslandgebruik en ziekten. Enkele factoren vertonen sterke onderlinge interacties, veelal in combinatie met de watervoorziening. Vervolgens worden de verliezen bij gebruik van grasland behandeld. Er wordt onderscheid gemaakt tussen verliezen bij beweiding en verliezen bij de voederwinning. Hierna worden de groei- en verliesfactoren nader beschouwd in relatie met de waterhuishouding.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte factoren. De belangrijkste directe factor is de invloed van een teveel of tekort aan water in de wortelzone op de transpiratie. De indirecte factoren treden vaak op bij natte omstandigheden. De belangrijkste zijn de invloed van de draagkracht op de beweiding gerelateerd aan de waterhuishouding, denitrificatie en uitspoeling van nitraat en de vertragende invloed van natte omstandigheden op de start van de groei. Tenslotte worden globale eisen geformuleerd waaraan een modelopzet moet voldoen.

Hoofdstuk 3. Conceptuele aanpak

De keuze en de motivatie van het gebruikte modelconcept worden nader toegelicht. Globaal worden drie mogelijke concepten beschouwd. Het eenvoudigste concept gaat uit van separate berekeningen van de gewasgroei. Op de berekende opbrengsten worden reducties toegepast via een eenvoudig model voor verschillende gebruiksalternatieven. Het tweede concept gaat ook uit van vooraf berekende groeicurven afhankelijk van de fysische omstandigheden. De groeicurven worden echter daarna in een complex model ingevoerd, waarmee een gebruiksschema van grasland gecreëerd wordt. Dit gebruiksschema berekent een geoptimaliseerd gebruiksschema van grasland en graslandopbrengst onder de gegeven groeioomstandigheden. Het laatste concept gaat uit van een volledig geïntegreerde aanpak, waarbij groei en gebruik simultaan berekend worden. Het berekende graslandgebruik is niet zoals in het tweede concept, een geoptimaliseerd gebruik, maar min of meer "ad hoc" gegenereerd. De drie alternatieven zijn getoetst op fysische consistentie, toevalsinvloeden, rekentijd enz. Uiteindelijk is gekozen voor het derde concept, waarbij vooral de fysische consistentie en de rekentijd de doorslag gaven.

Hoofdstuk 4. Simulatiemodellen

De separate computermodellen voor de berekeningen worden nader toegelicht. Tevens wordt de synthese van het geïntegreerde model beschreven. Van het model SWATRE voor de beschrijving van de waterhuishouding van de onverzadigde zone en het model CROPR voor de simulatie van de gewasgroei worden de basisprincipes besproken en wordt de calibratie beschreven op de proefveldgegevens van de proeven op R.O.C.-Heino. Hierna wordt het model GRAMAN voor de simulatie van het graslandgebruik behandeld. In de discussie wordt de praktische waarde van het model nader beschouwd en worden enige restricties behandeld. Vervolgens wordt enige aandacht besteed aan de simulatie van de stikstofinvloeden op de gewasgroei en de bedrijfsvoering. Vooral de simulatie van de stikstofprocessen afhankelijk van water laten zich moeilijk in een geïntegreerd model modelleren. Het model voor de simulatie van de dierlijke produktie en consumptie MLKVEE wordt slechts op hoofdpunten toegelicht. Het programma voor de vertaling van de fysische opbrengsten verkregen uit de simulatiemodellen naar economische waarde, BBPR, wordt behandeld aan de hand van de belangrijkste in- en uitvoer.

Tenslotte wordt via stroomdiagrammen het uiteindelijk geconstrueerde, geïntegreerde model toegelicht.

Hoofdstuk 5. Verificatie en gevoeligheidsanalyse

Berekeningsresultaten met het geïntegreerde model worden behandeld. Het doel hiervan is om enige verificatie met elders uitgevoerde berekeningen te verkrijgen, en om de gevoeligheid van de modeluitkomsten voor bepaalde invoerfactoren te toetsen. Ter verificatie zijn de natheidsschades uit de HELP-tabel voor enkele natte grondwatertrappen vergeleken met modeluitkomsten met vergelijkbare Gt-verlopen over een 18-jaar lange jaarreeks. Daarnaast is de opbrengstvermeerdering in relatie tot het opgeheven vochttekort vergeleken met een soortgelijke relatie uit de "Beregeningsstudie Gelderland". In beide gevallen is er sprake van overeenkomstige resultaten. De gevoeligheid van de berekende schades is getoetst op variaties in betreedbaarheidsgrenzen, veebezetting, wijze van ruwvoerwinnning en de voerprijzen. De belangrijkste conclusies uit deze berekeningen zijn dat uitkomsten redelijk in de pas lopen met eerdere studies, maar dat de gevoeligheden voor zowel fysische, bedrijfsmatige en economische parameters aanzienlijk zijn.

Hoofdstuk 6. Constructie van schadefuncties

De constructie van schadefuncties op grasland voor het operationele waterbeheer wordt algemeen beschreven. Er wordt een pakket van eisen gepresenteerd en becommentarieerd waaraan de schadefuncties moeten voldoen. Allereerst worden het uiteindelijke doel en de toekomstige werkwijze uiteengezet die de provincie Gelderland voor ogen heeft met de schadefuncties. Hierna volgt een bespreking van de voornaamste aspecten waarmee bij de constructie van de functies rekening gehouden moet worden. Deze aspecten zijn de start en het eind van de periode waarover schades berekend moeten worden, de meteorologische reeksen die beschouwd worden, de variaties in grondwaterstandsverlopen, de variaties in bodemeenheden, bedrijfsmatige en hydrologische uitgangssituaties en de bedrijfseconomische omstandigheden. Uiteindelijk wordt een concept geformuleerd van zogenaamde voortschrijdende schadefuncties die gekoppeld zijn aan grondwaterstandsverlopen overeenkomend met de bestaande Gt-classificatie. De schadefuncties worden gemiddeld over een representatieve reeks van hydrologische jaren.

Hoofdstuk 7. Schadefuncties

De globaal beschreven schadefuncties in hoofdstuk 6 worden nader gespecificeerd. Hierbij zijn concessies gedaan ten opzichte van de geformuleerde eisen. Dit was noodzakelijk als gevolg van de grenzen aan de rekentijd, het vereiste gebruiksgemak en de geconstateerde gevoeligheden. Uiteindelijk zijn voor twee bodemeenheden en acht drainagekarakteristieken verschillende schadefuncties opgesteld gemiddeld over een jaarreeks van 18 weerjaren.

Er is uitgegaan van één veebezetting (2,5 melkkoe/ha) en één prijsniveau (1988). Vooral wijzigingen in het prijsniveau kunnen achteraf eenvoudig doorgevoerd worden. De berekende schades worden gepresenteerd als fysische en als economische schades. De ingang voor de schadefuncties wordt gevormd door een aantal berekende standaard grondwaterstandsverlopen voor een aantal karakteristieke jaren onder een bepaalde drainagekarakteristiek. Uiteindelijk worden de gepresenteerde schadefuncties toegelicht met behulp van een praktijkvoorbeeld.

Hoofdstuk 8. Conclusies en aanbevelingen

Geconcludeerd wordt dat het onderzoek een raamwerk heeft opgeleverd, waarbinnen hydrologie, grasgroei, graslandgebruik en bedrijfseconomische factoren geïntegreerd kunnen worden tot één systeem. Hiermee kunnen in principe waterhuishoudkundige bedrijfsschades op grasland bepaald worden. Daarnaast is zowel ondersteuning als nuancering geleverd voor resultaten uit het verleden op het gebied van graslandschades. Het onderzoek kan echter nog niet als afgesloten beschouwd worden. De gebruikte modellen dienen op een aantal punten verder ontwikkeld te worden. Bovendien moet het aantal berekende situaties uitgebreid en geanalyseerd worden en moet de voorgestelde aanpak in de praktijk getoetst worden.

2 BASISRELATIES IN GRASLANDPRODUKTIE

Grasland is voor de rundveehouderij de belangrijkste bron van ruwvoer. 's Zomers wordt het geproduceerde gras meestal door weidende koeien benut, 's winters levert het grasland in de vorm van voordroogkuil een belangrijke bijdrage aan het rantsoen. De hoeveelheid gras die geproduceerd wordt, is van factoren afhankelijk die deels wel en deels niet beïnvloed kunnen worden. De benutting van het geproduceerde gras verloopt via beweiding en voederwinning. Voor de beweiding zijn een aantal systemen mogelijk:

- dag en nacht (onbeperkt) weiden: O-systeem;
- overdag weiden en 's nachts opstallen al of niet met bijvoeding van geconserveerd ruwvoer: B+x-systeem;
- zomerstalvoeding (vers gras op stal) al of niet met bijvoeding van geconserveerd ruwvoer: Z-systeem.

Al het gras dat niet via beweiding of zomerstalvoeding benut kan worden, wordt gemaaid voor de voederwinning. Ook hierbij zijn verschillende varianten mogelijk. Tijdens beweiding en voederwinning wordt niet al het gras benut; er treden verliezen op, afhankelijk van het gekozen beweidingssysteem en voederwinnings-systeem. De waterhuishouding speelt een belangrijke rol bij het graslandgebruik. Enerzijds beïnvloedt het de groei van het gras, anderzijds beïnvloedt het ook de verliezen tijdens benutting van het gras.

In dit hoofdstuk zal eerst een overzicht gegeven worden van de factoren die van invloed zijn op de grasgroei. Vervolgens zullen de verliezen besproken worden die optreden tijdens benutting van het gras. Daarna wordt de rol van de waterhuishouding toegelicht. Tenslotte zullen de eisen behandeld worden die aan het modelconcept gesteld moeten worden.

2.1 Grasgroei

Grasgroei is net als de groei van andere gewassen afhankelijk van (vaak te manipuleren) omgevingsfactoren, menselijke factoren en soortgebonden factoren die al dan niet met elkaar in verband staan. Als voornaamste groeifactoren kunnen hier genoemd worden:

watervoorziening	: grondsoort, drainage, meteorologie;
nutriëntenvoorziening	: grondsoort, bemesting, waterhuishouding;
(gewas)temperatuur	: meteorologie, waterhuishouding;
zonnestraling	: meteorologie;
graslandgebruik	: groei, bedrijfsstructuur, economie, waterhuishouding, enz.;
ziekten	: persistentie, gebruik, meteorologie.

Watervoorziening

De watervoorziening van het gewas bepaalt de grootte van de gewasverdamping. De verdamping zorgt voor koeling van het gewas (voelbare warmte wordt omgezet in latente warmte) door het openen van de huidmondjes. Door de opening van de huidmondjes is tevens diffusie van CO₂ mogelijk, van belang bij de fotosynthese. Bij een tekort of een groot overschot aan water wordt de potentiële verdamping gereduceerd. Hierdoor zullen de huidmondjes zich meer sluiten, waardoor ook minder CO₂-diffusie en dus fotosynthese mogelijk is. Tevens warmt het gewas bij dit proces op, waardoor de fotosynthese- en respiratiesnelheid beïnvloed worden. De watervoorziening wordt bepaald door het vochthoudend vermogen van de grond, de drainage-eigenschappen van het gebied en door de weersgesteldheid. De weersgesteldheid bepaalt behalve de vochttoelevering in de vorm van neerslag, ook de verdampingsvraag van de atmosfeer.

Nutriëntenvoorziening

De nutriëntenvoorziening (in het bijzonder N, P en K) van gras bepaalt in hoge mate de opbrengst. Een tekort aan nutriënten leidt tot gebreksverschijnselen bij het gewas. Extra giften van met name N leiden tot extra opbrengst. Een teveel aan nutriënten kan zorgen voor verbrandingsverschijnselen. In het algemeen wordt niet alleen de droge-stofopbrengst door nutriëntenvoorziening beïnvloed, maar ook de voerkwaliteit van het gras, de voederwaarde. Deze voederwaarde wordt gegeven als voedereenheid melk ofwel de VEM-waarde, en is een maat voor de energie-inhoud van het voer. Naast directe opbrengstbeïnvloeding heeft de nutriëntenvoorziening invloed op de morfologie van het gewas. Zo is bekend dat de dichtheid van de grasstoppel negatief beïnvloed wordt door hoge N-giften met nadelige gevolgen voor de hergroei van het gewas in het voorjaar. De nutriëntenvoorziening is direct afhankelijk van de (kunst)mestgift en de mineralisatieprocessen in de bodem. Vooral de beschikbaarheid van stikstof wordt beïnvloed door de vochthuishouding van de bodem; voortdurend anaërobe omstandigheden remmen de mineralisatie en bevorderen denitrificatie; intensieve beregening bevordert uitspoeling van nitraat naar diepere onbereikbare lagen.

(Gewas)Temperatuur

De gewastemperatuur bepaalt direct de respiratie van het gewas; een hogere temperatuur betekent een hogere respiratie. Hierbij worden de assimilaten die gevormd zijn door de plant voor een deel afgebroken. De gewastemperatuur bepaalt ook de fotosynthesesnelheid, in het algemeen neemt deze snelheid toe naarmate de temperatuur hoger wordt. Bij extreme temperaturen neemt deze snelheid echter af met de temperatuur. De gewastemperatuur is direct afhankelijk van de meteorologische omstandigheden (globale straling, windsnelheid), maar ook van de gewasverdamping (zie Watervoorziening).

De buitentemperatuur in het voorjaar tenslotte bepaalt voor een groot deel de datum waarop de groei van het gras start.

Zonnestraling

De directe kortgolvrige straling fungeert als energiebron voor het gewas. Deze energie wordt door de plant vastgelegd in de vorm van koolhydraten (CH_2O), die vervolgens afgebroken worden (respiratie), of gebruikt worden om structureel plantmateriaal te vormen. De kortgolvrige straling is afhankelijk van de meteorologische omstandigheden, zoals de potentiële zonnestraling (afhankelijk van datum en breedtegraad), bewolkingsgraad enz.

Graslandgebruik

Het graslandgebruik bepaalt de tijdstippen waarop het gras geoogst wordt. Bij beweiden ligt dit tijdstip doorgaans eerder dan bij maaien. De groeisnelheid van het gewas is afhankelijk van het groeistadium, waardoor het oogsttijdstip de gewasopbrengst beïnvloedt; oogsten bij lage opbrengst betekent dat er een relatief lage groeisnelheid geldt. Naarmate er meer gras aanwezig is, stijgt de groeisnelheid. Oogsten bij relatief hoge opbrengsten kan ook nadelig uitwerken, omdat een deel van de aanwezige stoppel dan afsterft. Daarnaast beïnvloedt het graslandgebruik de mogelijke hergroei-verliezen. De absolute grootte van de hergroei-verliezen wordt beïnvloed door het tijdstip en de fysische omstandigheden van het gewas, en de omgeving bij de oogst. Het graslandgebruik wordt door veel factoren bepaald. Primair bepaalt de opbrengst van het gewas wanneer geoogst wordt; er is dus een wederzijdse terugkoppeling tussen groei en gebruik. Daarnaast zijn bedrijfsstructuur, veestapelkenmerken en economische motieven bepalend voor het gebruik.

Ziekten

Mogelijke ziekten in het gewas beïnvloeden de groeisnelheid vanzelfsprekend negatief. De uitwerking van deze ziekten kan divers van aard en grootte zijn. De oorzaak van ziekten kan ook zeer verschillend zijn. Veel is afhankelijk van de persistentie van het gewas, vochtomstandigheden enz. Ook een specifiek graslandgebruik kan ziekten beïnvloeden.

2.2 Grasverliezen

De actuele fysische opbrengst van het gras wordt tijdens de groei gereduceerd door oogstverliezen afhankelijk van de oogstmethode. Deze verliezen zijn voor een deel inherent aan de oogstmethode (maaien resp. beweiden), voor een ander deel worden de verliezen veroorzaakt door de fysische omstandigheden in combinatie met een bepaald gebruik.

2.2.1 Verliezen tijdens beweiding

Bij beweiding van grasland onder optimale omstandigheden (zoals een goede draagkracht van de bodem) treden verliezen op die inherent zijn aan het beweiden. Deze verliezen bestaan uit:

Beweidingsverliezen

Deze worden veroorzaakt doordat de koeien een deel van het gras kapot trappen tijdens de beweiding en doordat een deel van het gras bedekt wordt met mest en urine. Deze verliezen zijn sterk afhankelijk van de hoeveelheid gras die aangeboden wordt, de vreethoogte enz. Dit verlies is tijdens de beweidingsperiode niet constant; bij de start van de beweiding op een perceel zal het verlies groter zijn dan aan het eind. Algemeen wordt uitgegaan van een verlies van 20% van de totaal aangeboden droge-stofproductie tijdens een beweidingsperiode van 4 dagen onbeperkt (dag en nacht) weiden, en van 14% bij 4 dagen beperkt (alleen overdag) weiden (Wieling, 1977). Bij dit verlies worden ook die vertrappingsverliezen gerekend die niet afhankelijk zijn van de bodemvochtsituatie.

Betredingsverliezen

Deze worden veroorzaakt doordat de koeien een deel van het gras plat (echter niet kapot) trappen. Deze hoeveelheid is tijdens de huidige beweiding niet meer beschikbaar, maar zal bij de volgende snede weer oogstbaar zijn, weliswaar als minder smakelijk "oud gras".

Bijgroeverliezen

Tijdens de beweiding zal het gras minder snel groeien dan buiten de weideperiode, vanwege betreding door koeien. Deze bijgroeverliezen worden grofweg geschat op 50% van de dagelijkse ongestoorde bijgroei. Na de beweiding groeit het gras in principe normaal door.

Naast deze verliezen die altijd bij beweiding optreden, treedt er ook verlies op als het gras benut wordt bij onvoldoende draagkracht. Deze verliezen zijn te splitsen in:

Vertrappingsverliezen

Deze verliezen worden veroorzaakt door de vertrapping van de zode door koeien bij een lage draagkracht. Dit verlies heeft alleen betrekking op de hoeveelheid oogstbaar gras die door de vertrapping niet meer beschikbaar is voor de veestapel. Dit verlies is een functie van de vertrapping tijdens de beweiding en de aangeboden hoeveelheid gras. De vertrapping is een functie van de draagkracht die weer een functie is van de drukhoogte in de bovenste centimeters van de bodem. Het vertrappingsverlies hangt nauw samen met het betredingsverlies.

Hergroeivertraging

Nadat de zode vertrappt is, treedt er na beweiding een zekere hergroeivertraging op tijdens de herstelfase van de graszode. Dit uit zich in een langere groeiperiode voor de volgende snede. Deze hergroeivertraging is, evenals de directe vertrapplingsverliezen, een functie van de opgetreden vertrapping tijdens de beweiding en de hoeveelheid gras die in de volgende snede aangeboden wordt. De periode die de zode nodig heeft om weer te herstellen wordt meestal gesteld op de periode tussen de beide sneden, maar kan ook variëren afhankelijk van de grondsoort.

Structuurschade

Als de graszode dusdanig beschadigd is dat natuurlijk herstel lange tijd vergt of helemaal niet meer mogelijk is, is er sprake van structuurschade. Alleen bij kleigronden lijdt met name vertrapping vaak tot aanmerkelijke structuurschade (versmering).

2.2.2 Verliezen tijdens voederwinning en conservering

Tijdens de voederwinning en conservering treden verliezen op die meestal van een andere aard zijn dan de verliezen tijdens beweiding:

Berijdingsverliezen

Indien het gras gemaaid, geschud en binnengehaald wordt, treedt enige schade op aan de overblijvende graszode, die het gevolg is van het berijden. Deze schade is voor een deel afhankelijk van de actuele draagkracht tijdens de oogst en van de te oogsten massa en is vergelijkbaar met de beweidings- en vertrapplingschade tijdens de beweiding.

Verliezen tijdens veldperiode

Na het maaien blijft het gras enige tijd op het veld liggen (1-5 dagen), de zgn. veldperiode, waarin het gras het gewenste drogestofgehalte voor inkuilen moet krijgen. Er treden dan diverse verliezen op, zowel in de droge stof maar ook in de kwaliteit.

Deze verliezen zijn samengevat in Teenstra (1988):

- mechanische verliezen ofwel brokkelverliezen;
- ademhalingsverliezen;
- microbiële verliezen;
- uitlogingsverliezen.

De veldverliezen zijn voornamelijk afhankelijk van de lengte van de veldperiode en de te oogsten massa, daarnaast speelt de gegeven stikstofgift een belangrijke rol.

Hergroeiverliezen

Tijdens de veldperiode is de overblijvende stoppel bedekt met gemaaid gras, waardoor de groei voor de volgende snede vertraagd

zal inzetten. Algemeen start na afloop van de veldperiode de groei pas. Daarnaast zal de overblijvende stoppel naarmate de oogst zwaarder is geweest minder snel optimaal gaan produceren, aangezien sommige vitale delen van het gras bij een zware oogst gemaaid worden. Relatief weinig groene delen blijven over voor de hergroei. De hergroei van het gras wordt ook vertraagd als gemaaid wordt bij een te lage draagkracht.

Conserveringsverliezen

Tijdens en na het inkuilen treden zgn. conserveringsverliezen op. Deze verliezen zijn een gevolg van ademhaling, fermentatie e.d. Deze verliezen betreffen evenals de verliezen tijdens de veldperiode, zowel de droge-stofopbrengst als de voederkwaliteit.

Vervoederingsverliezen

Tijdens het verstrekken van het kuilvoer aan het vee treden zgn. vervoederingsverliezen op. Algemeen geldt een verlies van 5% "tussen kuil en koe".

2.3 Waterhuishoudkundige relaties

Aangezien het doel van deze studie is om landbouwkundige schade te schatten in relatie tot de waterhuishouding, is het van belang om die groei- en verliesfactoren te onderzoeken die direct of indirect van de waterhuishouding afhankelijk zijn.

Als enige groeifactor die direct aan de waterhuishouding gerelateerd is, geldt de transpiratie. Zowel onder droge als onder extreem natte omstandigheden wordt de groei verminderd door een reductie van de transpiratie. Onder droge omstandigheden is meestal ook de gewastemperatuur hoog, die de groeireductie nog groter maakt en zelfs de bestaande droge-stofmassa kan reduceren. Maatregelen voor peilbeheer betreffen veelal het opheffen van vooral vochttekorten door wateraanvoer voor beregening en infiltratie om de transpiratie en daarmee de opbrengst te verhogen. Ook het afvoeren van water om een goede luchthuishouding van de wortelzone te waarborgen is onderwerp van het peilbeheer. De groeireducties verminderen vooral de hoeveelheid ruwvoer die van het eigen bedrijf gewonnen kan worden. Als de groeireducties in kritieke perioden vallen, waarin normaal niet gemaaid wordt (vooral bij hoge veebezettingen), dan zal tijdelijk meer bijgevoerd moeten worden, omdat het geplande grasaanbod niet overeenkomt met de aangeboden hoeveelheid. Praktisch betekent dit dat bij een O-systeem tijdelijk overgegaan moet worden op een B-systeem, waarbij de veestapel 's nachts opgesteld en bijgevoerd wordt met extra kracht- en ruwvoer. In extreem droge omstandigheden komt het zelfs voor dat de veestapel de hele periode opgesteld wordt.

Vooraf onder natte omstandigheden beïnvloeden indirecte effecten de opbrengst. Peilmaatregelen hebben dan als voornaamste doel deze effecten tegen te gaan via extra drainage. De voornaamste factor is de draagkracht van de grond; in natte omstandigheden neemt de draagkracht van de grond af. Vanaf een indringingsweerstand $< 0,7$ MPa (grenswaarde) is de draagkracht zo laag, dat betreden gepaard gaat met directe vertrappingsverliezen en latere hergroeiverliezen. Als de draagkracht verder zakt tot een indringingsweerstand $< 0,6$ MPa, kan het veld meestal in het geheel niet betreden worden voor beweiding of bewerking. In het eerste geval treden direct droge-stofverliezen op die bij voldoende draagkracht niet voorkomen. In het tweede geval moet de veestapel opgesteld worden en worden het maaien en verdere bewerkingen bemoeilijkt en vaak uitgesteld. Dan moet de veestapel op stal gevoerd worden uit de kuilvoorraad of moet voer aangekocht worden. Verder zullen abrupte overgangen van de stal naar de weide v.v. de melkproduktie beïnvloeden. Tenslotte zal het uitstellen van het maaien en/of inkuilen vaak met name de voederkwaliteit negatief beïnvloeden, hetgeen de verkoopprijs van het voer negatief beïnvloedt en (bij eigen consumptie) de krachtvoerbehoefte verhoogt. Directe groeiverliezen treden bij opstallen van de veestapel slechts op door eventuele verdampingsreducties.

Een tweede belangrijk indirect effect van de waterhuishouding op de bedrijfsopbrengst is de reductie van de hoeveelheid beschikbare nutriënten in de wortelzone. Zeker de hoeveelheid beschikbare stikstof is sterk afhankelijk van de waterhuishouding. Bij overvloedige neerslag of beregening zal een deel van de stikstof uitspoelen naar diepere lagen. In andere gevallen bij langdurige anaërobie in de wortelzone door hoge grondwaterstanden of anderszins hoge vochtgehalten, zal een deel van de beschikbare stikstof in de vorm van nitraat, denitrificeren. Daarnaast zal minder stikstof uit de grond beschikbaar komen door een verminderde mineralisatie. Het effect op bedrijfsniveau zal dan groeistoornissen zijn door het stikstofdeficiet of extra kosten door additionele bemesting om de stikstofvoorraad aan te vullen.

Een laatste indirect effect van de waterhuishouding op de opbrengst wordt gevormd door de invloed van de vochthuishouding op de bodemtemperatuur. Dit is vooral merkbaar in het voorjaar bij de start van de groei van het gewas. Algemeen start de grasgroei in het voorjaar bij het bereiken van een temperatuursom van 200 zogenaamde graaddagen. Bij het bepalen van het aantal graaddagen wordt de gemiddelde dagtemperatuur vanaf 1 januari opgeteld (mits $> 0^{\circ}\text{C}$). Door vochtige omstandigheden in de bodem in het voorjaar wordt het benodigde aantal graaddagen voor de start van de groei groter. Dit effect wordt in ICW (1981) geschat op 1-2 graaddagen per dag waarop de grondwaterstand hoger 50 cm - mv. is, volgens een curve in fig. 1.

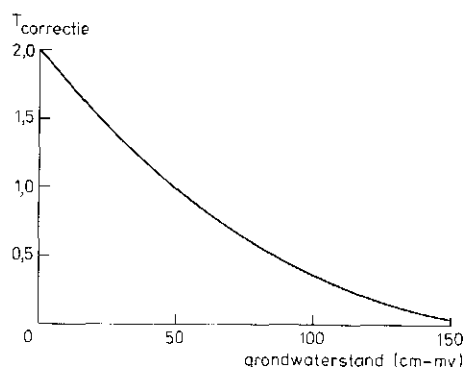


Fig. 1 Reductie van het aantal graaddagen door hoge grondwaterstanden.

2.4 Modelaanpak

Het voorspellen van opbrengstreducties onder verschillende waterhuishoudkundige condities is een complex van fysiologische, bedrijfsmatige en economische factoren die slechts integraal beschouwd kunnen worden. Een snelle en flexibele manier om deze complexe problemen op te lossen is via computersimulatie. Hierbij worden de separate processen en de belangrijkste interacties in mathematische functies beschreven. Het aldus verkregen model vertaalt een fysische input in de vorm van hydrologische, bedrijfsmatige en economische parameters naar bedrijfsopbrengsten.

Uit het bovenstaande volgt dat in een bruikbaar model de volgende aspecten verwerkt moeten worden:

- waterhuishouding;
- grasgroei;
- graslandgebruik;
- stikstofhuishouding;
- bedrijfseconomie;

Aangezien het ontwerpen en testen van modellen een tijdrovende zaak is, zijn zoveel mogelijk bestaande modellen gebruikt, die onderling gekoppeld werden. In de hoofdstukken 3 en 4 zal de gehanteerde synthese van deelmodellen gemotiveerd en beschreven worden.

3 CONCEPTUELE AANPAK

3.1 Alternatieve modelaanpakken

Er zijn veel manieren denkbaar om te komen tot een model met de waterhuishouding als hoofdinvoer en de arbeidsopbrengst als uitvoer. De mate van detail en het integratieniveau van het model zijn afhankelijk van het gestelde doel, in dit geval het berekenen van schadefuncties voor uiteenlopende waterhuishoudkundige situaties. Gedurende het onderzoek werd duidelijk dat het graslandgebruik de belangrijkste verbindende schakel vormt tussen de verschillende groeifactoren. De modelkeuze spitst zich dan ook toe op het kiezen van de wijze van simulatie van het graslandgebruik en de inbreng van de verschillende groeifactoren daarbij. Tijdens het onderzoek zijn drie mogelijke alternatieve modelaanpakken overwogen:

1. separate benadering van groei en gebruik;
2. integrale benadering van groei en geoptimaliseerd gebruik;
3. integrale benadering van groei en niet-geoptimaliseerd gebruik.

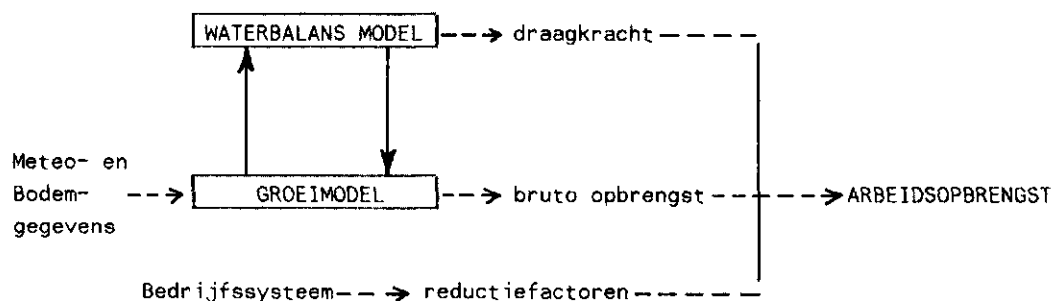
De verschillende varianten zijn in fig. 2 schematisch weergegeven.

Separate benadering van groei en gebruik

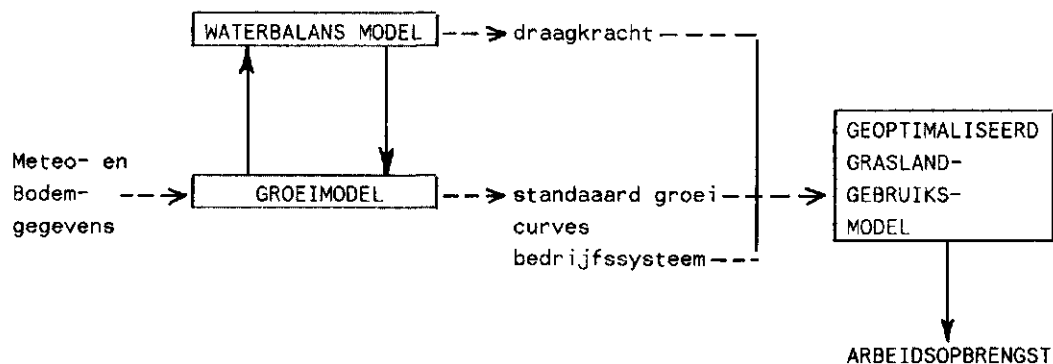
In dit concept wordt de groei in eerste instantie onafhankelijk gesteld van het gebruik, m.a.w. de groei wordt gesimuleerd door een geïntegreerd waterbalans-/groeimodel op basis van een aantal maaisneden gedurende het seizoen. Tevens worden de "werkbare dagen" (waarop de draagkracht voldoende is voor gebruik) geregistreerd. De produktie die hiermee berekend wordt dient als referentieproduktie waarop latere reducties toegepast worden. Om de bedrijfsvariabelen te verwerken worden empirisch vastgestelde verliesrelaties gebruikt die achteraf op de maximale produktie in mindering gebracht worden, zoals de effecten van het aantal werkbare dagen, hogere veebezettingen, verschillende beweidingssystemen enz. Enkele benodigde basisrelaties zijn uitgewerkt in Righolt (1988). Het voordeel van deze benadering is dat voor iedere weers- en ontwateringssituatie slechts één groeiberekening uitgevoerd hoeft te worden, nl. die van het referentieperceel, waarna de reducties op bedrijfsniveau voor de verschillende bedrijfsvarianten separaat (in een eenvoudig model) bepaald worden. De benodigde rekentijd blijft daarbij tot een minimum beperkt. Een nadeel echter is dat de interacties tussen gebruik en groei als "zwarte doos" behandeld worden, waarvan de inhoud moeilijk te bepalen is. Toepassing van een dergelijke modelopzet vereist vooraf gedegen kennis over de integrale processen die de opbrengst beïnvloeden, welke vervolgens in eenvoudige relaties weergegeven kunnen worden.

Het is daarbij nog de vraag of het graslandgebruik zonder meer via de genoemde eenvoudige relaties op een adequate manier verdisconteerd kan worden.

Alternatief 1



Alternatief 2



Alternatief 3

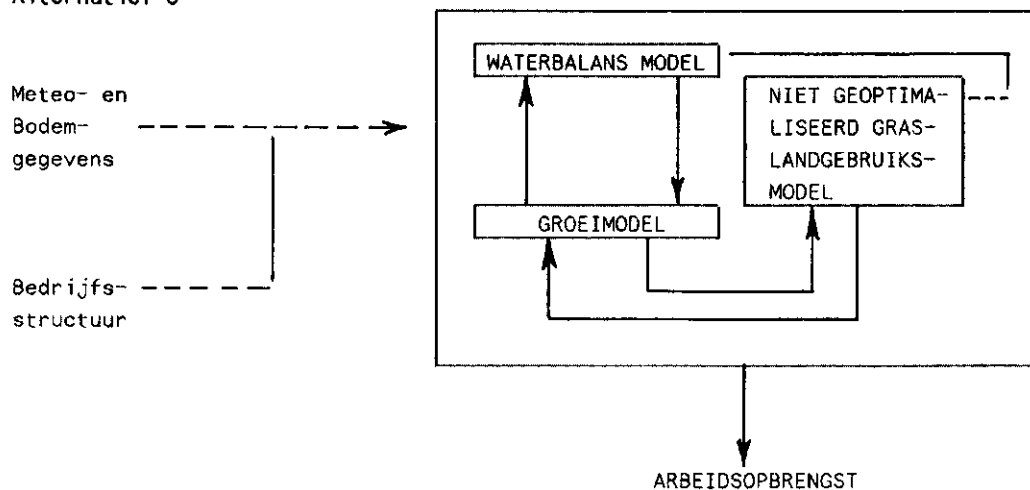


Fig. 2 Schematische weergave van drie verschillende opties om de arbeidsopbrengst op grasland te berekenen afhankelijk van de waterhuishouding.

Integrale benadering van groei en geoptimaliseerd gebruik

In dit concept worden grasgroei, bodemgesteldheid en graslandgebruik in een geïntegreerd model verwerkt. Op basis van actueel gesimuleerde groeicijfers (afhankelijk van bodem, meteorologie enz.) worden gemiddelde groeicurves bepaald voor verschillende perioden van het jaar. Het doel van dit model is dat het effect van management (beweiding, bemesting, veebezettingen e.d.) op de voedervoorziening wordt berekend onder gemiddelde omstandigheden. Met deze gemiddelde groeicurven en fysische en bedrijfsmatige randvoorwaarden wordt het gebruik van de verschillende percelen op een bedrijf gesimuleerd, waarbij er zeer veel mogelijkheden zijn om beweiding en voederwinning uit te voeren, met andere woorden welk perceel wanneer beweid of gemaaid wordt.

Belangrijkste uitgangspunt daarbij is dat voederwinning in dienst staat van de beweiding. Het gras dat niet nodig is voor beweiding kan worden gemaaid. Het model "ziet" wanneer een perceel nodig is voor beweiding en kan bij een groot tijdsinterval tussen twee beweidingen dan een maaisnede plannen; het model zoekt de optimale maai-weide-combinaties. In deze benadering worden in principe alle mogelijke bedrijfsplannen doorgerekend. In enkele studies van het Proefstation voor de Rundveehouderij is bij deze aanpak de optimale opbrengst gekozen; in de huidige opzet wordt het gemiddelde van alle mogelijkheden gekozen. De standaardafwijking van de droge-stofopbrengst rond het gemiddelde bedraagt ca. 120-150 kg ds/ha.jr. Het optimale en gemiddelde plan liggen dus waarschijnlijk wat droge-stofopbrengst betreft, dicht bij elkaar. Het effect van het graslandgebruik op de groei wordt ingebracht voorzover het betrekking heeft op het gewas. Schade door vertrapping e.d. wordt in rekening gebracht als extra beweidingsverliezen. Een voorbeeld van de praktische toepassing van het concept wordt gegeven in Mandersloot (1984), waarin het effect van droogteschade op de arbeidsopbrengst wordt berekend. Een nadeel van het concept is dat de berekeningen veel rekentijd vergen. Daarnaast zou het concept uitgerust moeten worden met een groot aantal "noodsituaties" in het beweidingsschema om ook natte omstandigheden goed te kunnen doorrekenen. Dit laatste zou de rekentijd nog eens verder opvoeren. Een ander nadeel is dat de grasgroei in relatie met de waterhuishouding vooraf berekend wordt. Interactie tussen grasgroei, graslandgebruik en waterhuishouding is dus niet volledig geïntegreerd. Het grote voordeel van dit concept is dat de berekende opbrengsten voor iedere situatie een vaste betekenis hebben: de maximale of gemiddelde opbrengst onder de gegeven groeiomstandigheden. Toevalsfactoren (zie volgende concept) zijn in principe uitgesloten.

Integrale benadering van groei en niet-geoptimaliseerd gebruik

In dit concept worden grasgroei, bodemgesteldheid en graslandgebruik ook in een geïntegreerd model verwerkt. Het graslandgebruik wordt nu in tegenstelling tot het vorige concept, alleen gebaseerd op de actuele groei aangevuld met enige statistische kennis over te verwachten groeiverloop en gangbare gebruiksregels.

In feite wordt het graslandgebruik iedere dag op "ad-hoc"-basis bepaald. Afstemming van maaiesneden en weidesneden vindt niet over lange tijdsintervallen plaats. Zo wordt het definitieve groeiverloop simultaan met het graslandgebruik bepaald, interacties tussen gebruik en groei van het gras kunnen dan ook volledig (d.w.z. tweezijdig) ingebracht worden. Een ander groot voordeel van dit concept is dat de rekentijd in vergelijking met het vorige concept beperkt blijft voor het graslandgebruik. Er wordt maar één graslandgebruiksstrategie bepaald in tegenstelling tot het vorige concept waarin vaak miljoenen mogelijkheden werden geëvalueerd. Hierdoor kunnen in de actuele situatie achteraf gezien "foute" beslissingen genomen worden die primair een gevolg zijn van de onvoorspelbaarheid van de fysische situatie (meteorologische en groeiomstandigheden). De mate van het ad-hoc-karakter in het model is echter arbitrair. Een groot nadeel, inherent aan het concept, is dat de berekende uitkomsten waarschijnlijk een aanzienlijke toevalscomponent bevatten. In de praktijk vertonen de uitkomsten een relatief grote spreiding. Deze spreiding zal om uiteenlopende redenen veel groter zijn dan de genoemde spreiding bij het vorige concept. Deze spreiding zal in de praktijk van het graslandgebruik echter ook optreden. Voor een consistente uitspraak is het wel noodzakelijk om zicht te hebben op de grootte van het door toeval bepaalde deel van de uitkomst. Is deze invloed groot, dan moet het gemiddelde effect vastgesteld worden door meer berekeningen van vergelijkbare situaties.

3.2 Modelkeuze

Bij de keuze van de modelaanpak zijn vijf aspecten van bijzonder belang:

- fysische consistentie.

Dit betekent dat het gehanteerde model de belangrijke fysische processen en hun interacties voldoende in detail beschrijft, in dit geval vooral het verband tussen groei en fysische omstandigheden en het gebruik.

- realiteitswaarde.

Dit betreft vooral het niet-fysische systeem: het graslandgebruik, en wordt bepaald door de mate waarin het model aansluit bij de gangbare praktijk.

- toevalsinvloed.

Dit betreft de variatie in de uitkomsten veroorzaakt door toeval (in het graslandgebruik). De grootte van de toevalscomponent wordt voor een belangrijk deel bepaald door de aard van de graslandgebruikssimulatie.

- controleerbaarheid.

Dit betreft de totale modelstructuur en wordt bepaald door de mate waarin modeluitkomsten intern getoetst kunnen worden met tussenuitkomsten.

- rekentijd.

Dit heeft betrekking op de totale modelstructuur en wordt bepaald door de hoeveelheid rekenacties die het model moet uitvoeren om het resultaat voor één situatie te geven.

In tabel 1 zijn deze diverse aspecten per alternatief globaal gerubriceerd.

Tabel 1 Vergelijking van enkele aspecten van de voorgestelde modelaanpakken om de bedrijfsinkomsten op grasland te berekenen afhankelijk van de waterhuishouding.

Alternatieve mogelijkheid	1	2	3
Fysische consistentie	+/-	+	++
Realiteitswaarde	+/-	+	+
Toevalseffecten	++	+	+/-
Controleerbaarheid	++	+/-	+/-
Rekentijd/situatie jaar	5 min.	10 uur	20 min.
+/- = matig/twijfelachtig			
+ = redelijk			
++ = goed			

Uit de tabel blijkt dat de keuze van de uiteindelijke aanpak een afweging inhoudt tussen de kwaliteit (consistentie, realiteitswaarde) en de werkbaarheid (toevalseffect, controleerbaarheid en rekentijd). De rekentijd die het tweede alternatief (integrale benadering met geoptimaliseerd gebruik) vraagt, is in het kader van het project zonder meer onaanvaardbaar gezien het grote aantal alternatieven dat doorgerekend moet worden (zie hoofdstuk 6), alle andere kwaliteiten ten spijt. Toepassing van het eerste alternatief (separate benadering van groei en gebruik) lijkt aantrekkelijk, gezien de praktische voordelen bij het gebruik, vooral de beperkte rekentijd en de goede controleerbaarheid. De benodigde relaties zijn echter nauwelijks bekend, met name een aantal integrale effecten. Een dergelijke opzet met de nu bekende relaties in dit project zou niets wezenlijk nieuws opleveren. In wezen worden verschillende opbrengsteffecten associatief geacht, eventuele afwijkingen hiervan worden geschat. Het derde alternatief (integrale benadering met niet-geoptimaliseerd gebruik) zou in tegenstelling tot het eerste alternatief wel iets nieuws leveren; door combinatie van min of meer bekende separate processen (grasgroei, grasgebruik enz.) kan kennis gegenereerd worden over het integrale proces. De rekentijd met deze opzet is aanzienlijk, maar acceptabel.

3.3 Uiteindelijke aanpak

Uiteindelijk is gekozen voor een aanpak, waarbij de grasgroei en het graslandgebruik integraal gesimuleerd worden zonder optimalisatie van het gebruik. In fig. 3 is deze uiteindelijke aanpak schematisch weergegeven met enkele centrale begrippen.

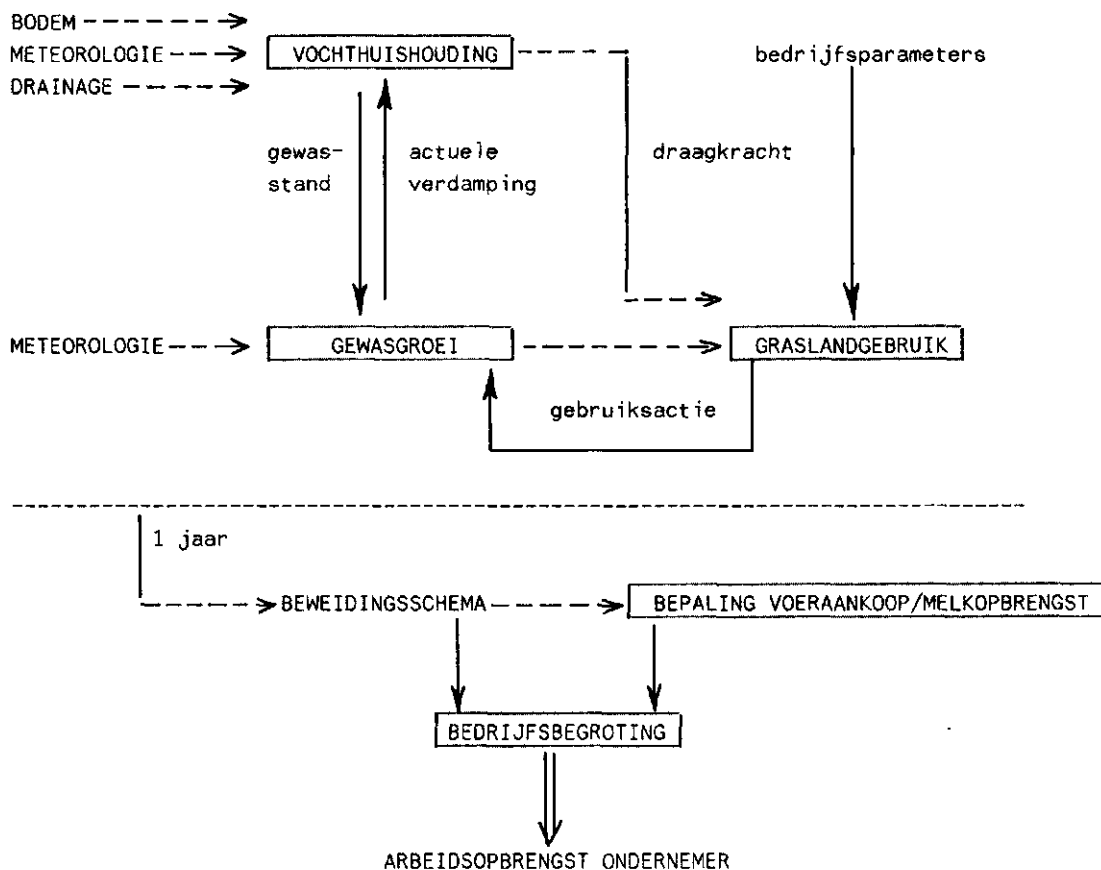


Fig. 3 Schema van het uiteindelijke modelconcept om de arbeidsopbrengst op grasland te berekenen met enkele belangrijke acties.

Bij de keuze van de verschillende deelmodellen is zoveel mogelijk uitgegaan van bestaande concepten, zoals op het ICW-Wageningen en het PR-Lelystad beschikbaar waren.

De volgende deelmodellen zijn bij de synthese gehanteerd:

-CROPR - CROp PRoduction (Feddes et al., 1978; Feddes, 1986).

Dit deelmodel simuleert de gewasgroei afhankelijk van de waterhuishouding en de inkomende straling, waarbij alle andere groeifactoren optimaal verondersteld zijn. Dit model is aangepast voor gras met de groeiproeven op R.O.C.-Heino 1982-1984 (Van Boheemen en Humbert, 1983).

-SWATRE - Soil Water Actual TRanspiration Extended (Feddes et al., 1978; Belmans et al., 1983).

Dit deelmodel simuleert de waterhuishouding in de onverzadigde zone van de bodem, waarop al dan niet gewasverdamping plaatsvindt. De voornaamste uitvoer zijn de grondwaterstand en de actuele verdampingstermen.

-GRAMAN/GRADEC - GRAssland MANagement/GRAssland DECision.

Dit deelmodel werd tijdens het onderzoek ontwikkeld op basis van bestaande PR-modellen en waterhuishoudkundige inzichten, en bepaalt uitgaande van de actuele situatie het actuele graslandgebruik (GRADEC) en voert dit gebruik uit (GRAMAN), waarbij de verschillende verliesposten berekend worden.

-MLKVEE - simulatie MeLKVEE (Hijink en Meyer, 1987).

Dit deelmodel berekent de fysische melkproduktie en de voerbehoefte van een melkveestapel met een bepaald graslandgebruik en voerstrategie als uitgangspunt.

-BBPR - BedrijfsBegroting PR (Meerveld et al., 1986).

Dit programma vertaalt de uiteindelijk verkregen fysische bedrijfsresultaten (kuilvoorraad, melk enz.) naar economische waarde door het opstellen van een begroting, waarin alle kosten en baten meegenomen zijn. Één uitvoervariabele is de arbeidsopbrengst van de ondernemer.

4 SIMULATIEMODELLEN

4.1 Simulatie van de bodemvochtoestand (SWATRE)

Het model SWATRE (Feddes et al., 1978; Belmans et al., 1983) beschrijft de waterbeweging in de onverzadigde zone van de bodem, onder invloed van meteorologische, bodemfysische en drainageprocessen in de bodem. De voornaamste uitvoer van het model bestaat uit alle waterbalanstermen (verdamping/infiltratie, kwel/wegzijging, berging enz.), drukhoogte- en vochtprofielen, en de grondwaterstand.

4.1.1 Basisconcept

Voor het berekenen van de waterbeweging in de onverzadigde bodem moet een differentiaalvergelijking opgelost worden die samengesteld is uit een flux- en een massabalansvergelijking: de Wet van Darcy en de Continuïteitsvergelijking. Combinatie van beide vergelijkingen levert formule (1):

$$\frac{\delta h}{\delta t} = \frac{1}{C(h)} \cdot \frac{\delta}{\delta z} (K(h) \cdot \left(\frac{\delta h}{\delta t} + 1 \right)) - \frac{S(h)}{C(h)} \quad (1)$$

h : drukhoogte [m]

t : tijd [d]

z : diepte [m]

K(h) : onverzadigde doorlatendheid [m/d]

C(h) : differentiële vochtcapaciteit [1/m]

S(h) : wateronttrekking door plantewortels [m/m.d]

Vergelijking (1) wordt in SWATRE numeriek opgelost volgens de eindige differentiemethode, waarin plaats en tijd gediscretiseerd worden. Hierbij wordt een impliciet rekenschema toegepast waarbij gebruik gemaakt wordt van expliciete linearisatie (Belmans et al., 1983). Het bodemprofiel wordt daartoe opgedeeld in discrete gelijkvormige compartimenten, waarvan de middelpunten als knooppunten dienen, waar stromingsprocessen aangrijpen. Voor de berekening is het noodzakelijk om een zgn. bovenrandvoorwaarde en een onder randvoorwaarde te specificeren. De bovenrandvoorwaarde bestaat altijd uit een in- of uitkomende flux (infiltratie en verdamping); de onderrandvoorwaarde kan als flux (kwel/wegzijging) of als potentiaal (drukhoogte, grondwaterstand) gespecificeerd worden. Ook is een relatie tussen beide te gebruiken als onderrandvoorwaarde. In fig. 4 zijn deze discretisatie en de bijbehorende randvoorwaarden schematisch weergegeven.

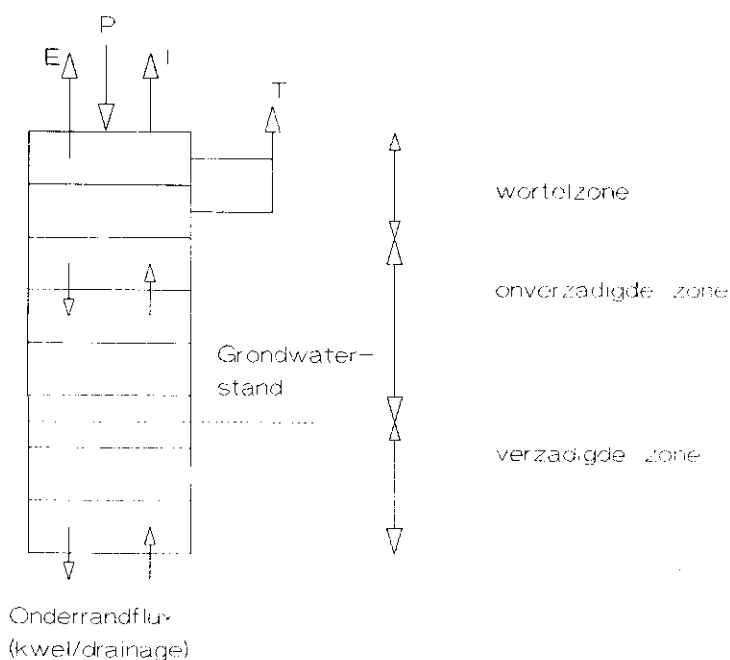


Fig. 4 Schematische weergave van de discretisatie die in SWATRE toegepast wordt op het bodemprofiel en de bijbehorende randvoorwaarden.

Voor ieder compartiment dient vergelijking (1) opgelost te worden. Aan de bovenkant van het bodemprofiel infiltreert water als neerslag en verdwijnt water als evapotranspiratie. Deze evapotranspiratie is samengesteld uit drie termen:

1. transpiratie; de verdamping die door diffusie van waterdamp uit de huidmondjes van de plant verdwijnt. Dit water wordt door de plant uit de wortelzone onttrokken.
2. evaporatie; de verdamping die direct plaatsvindt vanaf de bovenkant van de bodem.
3. interceptieverdamping; de verdamping die plaatsvindt vanaf het bladoppervlak van de begroeiing. Dit water verdampt nog voordat het de bodem bereikt heeft.

De potentiële evapotranspiratie wordt berekend voor de dagelijkse meteorologische condities volgens de methode van Penman, Makkink, Priestly-Taylor of volgens de methode van Monteith-Rijtema. Het scheiden van de afzonderlijke potentiële verdampingstermen vindt plaats met de actuele bodembedekking of de bebladeringsindex (LAI). De potentiële transpiratie wordt gereduceerd afhankelijk van de bodemvochtcondities. Hiertoe wordt een zgn. dimensieloze "sink-term" of onttrekkingsfactor gedefinieerd die de reductie van de transpiratie realiseert volgens formule (2):

$$T_a = \alpha \cdot T_p$$

(2)

T_a : actuele transpiratie [cm/dag]
 T_p : potentiële transpiratie [cm/dag]
 α : dimensieloze "sink-term" [-]

De reductie vindt plaats voor ieder bodemcompartiment van de wortelzone, waarbij de transpiratie volgens een vast patroon verdeeld is. De sink-term is afhankelijk van de drukhoogte van het bodemvocht per compartiment in de wortelzone. Het verloop van de sink-term is weergegeven in fig. 5.

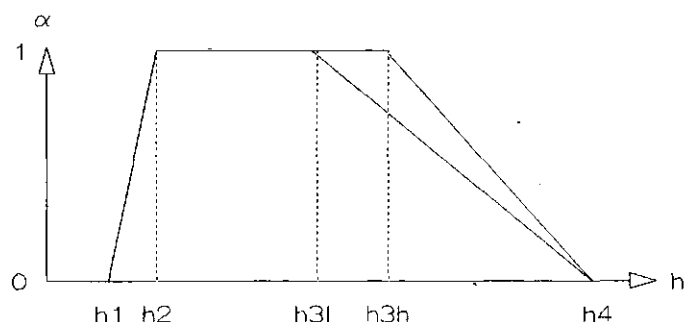


Fig. 5 Het verloop van de dimensieloze "sink-term" voor de reductie van de potentiële transpiratie.

Zoals uit fig. 5 blijkt wordt de transpiratie gereduceerd tot 0, indien de drukhoogte groter is dan h_1 (zeer vochtig) of lager dan h_4 (verwelkingspunt). Tussen de waarden h_2 en h_3 is de actuele transpiratie gelijk aan de potentiële. De drukhoogte van waaraf de transpiratie gereduceerd wordt door te droge omstandigheden varieert afhankelijk van de verdampingsvraag van de atmosfeer.

4.1.2 In- en uitvoer

De invoer die het model vraagt bestaat uit de randvoorwaarden en toestandsvariabelen.

De voornaamste toestandsvariabelen zijn:

- bodemfysische parameters in de vorm van pF-curves en K-h-relaties van alle betrokken bodemlagen in het bodemprofiel;
- gewasparameters voor de verdampingsberekeningen, afhankelijk van de gekozen verdampingsmethode (gewasfactor, gewasweerstand enz.);
- gewasontwikkeling in de vorm van dagelijkse LAI, bodembedekking en grashoogtecijfers en een beschrijving van de worteldiepte;
- specificatie van de "sink-term"-grafiek.

De voornaamste te specificeren randvoorwaarden zijn:

- meteorologische gegevens, afhankelijk van de gekozen verdampingsmethode maar in ieder geval dagelijkse neerslag en stralingscijfers;

- afvoer- of stijghoogtegegevens aan de onderkant van het profiel, afhankelijk van de gekozen onderrandoptie.
- Enkele mogelijkheden zijn: relatie tussen flux en grondwaterstand, grondwaterstandsdata, afvoerdata enz.

De uitvoer bestaat uit alle dagelijkse waterbalanstermen en de dagelijkse toestand van bodemvocht en grondwaterstand.

De dagelijkse uitvoer betreft onder meer:

- evapotranspiratietermen;
- kwel-/wegzijgingshoeveelheden;
- bergings toe- of afname;
- infiltratiehoeveelheden;
- grondwaterstand;
- drukhoogteprofielen;
- vochtprofielen.

4.1.3 Calibratie

SWATRE is voor de toepassing op gras reeds vaker met succes beproefd (De Graaf en Feddes, 1984; Peerboom, 1987).

In combinatie met de calibratie van het groeimodel CROPR (zie 4.2) is ook een calibratie van SWATRE uitgevoerd op de grasgroei-proeven die gedurende 1982-1984 uitgevoerd zijn op het R.O.C. Heino (meer details in 4.2). De calibratie is uitgevoerd op het verloop van de "sink-term"-grafiek, de vorm van het wortelonttrekkingspatroon en de worteldiepte. Verder zijn lichte aanpassingen aangebracht in het verloop van de gemeten pF-curven en K-h-relaties (Wösten, 1983).

Uit de calibratie zijn de volgende parameters vastgesteld:

- worteldiepte = 30 cm;
- onttrekkingspatroon gelijkmatig verdeeld over de wortelzone;
- "sink-term"-grafiek (fig. 5):

h_1	= -10 cm	pF_1	= 1,0
h_2	= -25 cm	pF_2	= 1,4
h_{3l}	= -200 cm	pF_{3l}	= 2,3
h_{3h}	= -800 cm	pF_{3h}	= 2,9
h_4	= -8000 cm	pF_4	= 3,9
- parabolisch verloop "sink-term"-grafiek vanaf h_{3l}/h_{3h} naar h_4 .

In aanhangsel 2 zijn enige resultaten van de calibraties op de vochthuishouding samengevat weergegeven.

4.1.4 Discussie

SWATRE blijkt weinig gevoelig te zijn voor de kleine wijzigingen in de "sink-term"-grafiek (vooral h_3 en h_4), worteldiepte en het onttrekkingspatroon. In de meeste gevallen beïnvloeden deze factoren voornamelijk het tijdstip van de vochttekorten en niet zozeer de hoeveelheid vochttekort.

Vochttekorten treden uiteindelijk op, omdat de absolute hoeveelheid vocht die beschikbaar is, op raakt; als de grens van de reductie van de transpiratie verhoogd wordt, vindt onttrekking iets langer plaats maar zal korte tijd daarna ook gereduceerd worden door het vrij snel bereiken van de nieuwe grens ("op=op"). Het systeem wordt als het ware van binnenuit gestabiliseerd. Veranderingen in de pF-curven en K-h-relaties zijn daarentegen wel van grote invloed op het absolute verdampingsniveau. De combinatie van drukhoogten en overeenkomstige doorlatendheden bij een bepaald vochtgehalte bepalen de mate, waarin water capillair kan opstijgen naar de wortelzone, dan wel de mate waarin water van de wortelzone onttrokken wordt; door beïnvloeding van de bodemfysische parameters wordt voor een deel de toelevering van vocht naar de wortelzone direct beïnvloed. Bovenstaande geldt in het bijzonder voor situaties met vochttekort, waarin het bodem-plant systeem zelf zorg draagt voor stabilisering naar een bepaalde vochttoestand; reductie van de transpiratie voorkomt voor een groot deel dat de vochtvoorraad niet verder afneemt. Is er een overschot aan water, dan vindt een minder gestabiliseerd proces plaats; door een overschot aan vocht in de wortelzone wordt de transpiratie geremd, waardoor het vochtoverschot nog groter wordt. De situatie kan niet meer door regulering van de transpiratie gestabiliseerd worden, maar moet door een externe ingreep (drainage) gereguleerd worden.

Bij de calibratie van SWATRE (waarin voornamelijk droge omstandigheden een rol speelden) konden de "sink-term"-variabelen in het droge traject (h_3 en h_4) redelijk gecalibreerd worden. De variabelen in het natte traject (h_1 en h_2) konden nauwelijks gecalibreerd worden omdat extreem natte omstandigheden ontbraken. Het is daarbij overigens nog maar de vraag of deze twee factoren daadwerkelijk een betekenis hebben. Het is onduidelijk of groei-reducties onder natte omstandigheden veroorzaakt worden door transpiratiereducties dan wel door stikstoftekorten door de denitrificatiereacties die bij natte omstandigheden vaak optreden (J.W. Bakker, pers. med.).

Door het ontbreken van gedetailleerde proeven bij natte omstandigheden is ook calibratie van deze parameters niet mogelijk gebleken op andere proefresultaten. De waarden van -10 en -25 cm voor h_1 en h_2 , zijn dan ook minder calibratieresultaten dan wel algemeen geaccepteerde en gebruikte waarden.

4.2 Simulatie van de grasgroei (CROPR)

Het model CROPR (Feddes et al., 1978; Feddes, 1986) berekent de gewasproductie afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid licht en water, andere groeifactoren worden optimaal verondersteld.

Het algemene model CROPR is aangepast voor de berekening van grasproducties. Naast het inbrengen van processen die specifiek voor de grasgroei gelden, is het oorspronkelijke basisconcept deels aangepast voor de behandeling van de onderhoudsrespiratie.

Het model is gecalibreerd met de grasgroeiproeven op het R.O.C. Heino. De proeflocatie bevond zich op een zeer droge zwarte enkeerdgrond (Gt VII*). De belangrijkste invoer van het model bestaat uit transpiratie, lichtinterceptie en temperatuur, de uitvoer bestaat uit de actueel geproduceerde hoeveelheid droge stof.

4.2.1 Basisconcept

In CROPR wordt gewasgroei voorgesteld als het verschil tussen assimilatie en respiratie. Assimilatie (P) is het proces waarbij onder invloed van straling energie vastgelegd wordt in de vorm van koolhydraten met fotosynthese-reacties. Respiratie (χ) is het proces waarbij energie uit de aangemaakte koolhydraten wordt gebruikt om chemische evenwichten in de plant te onderhouden, de zgn. onderhoudsrespiratie (χ_m), en om structureel plant-materiaal uit de overblijvende koolhydraten te vormen, de zgn. groeirespiratie (χ_g). In formule:

$$q = P - \chi_m - \chi_g = P - \chi_m - c \cdot (P - \chi_m) = c' \cdot (P - \chi_m) \quad (3)$$

q = groei [kg/ha d.s.]

P = assimilatie [kg/ha CH₂O]

χ_m = onderhoudsrespiratie [kg/ha CH₂O]

χ_g = groeirespiratie [kg/ha CH₂O]

c = factor voor conversie produktie CH₂O - d.s. [-] (= 0,7)

Aangezien de groeirespiratie χ_g feitelijk het efficiëntieverlies weergeeft, waarmee koolhydraten in structureel materiaal omgezet worden, kan χ_g vervangen worden door een factor c , zoals in formule (3). CROPR beschouwt dit groeiproces afhankelijk van lichtinterceptie, transpiratie en temperatuur. De lichtinterceptie bepaalt de hoeveelheid energie die de plant kan opslaan in de vorm van koolhydraten. De transpiratie is gekoppeld aan de CO₂-opname door de plant uit de atmosfeer die nodig is om de aangeboden energie vast te leggen. De temperatuur bepaalt zowel de assimilatie-efficiëntie als de respiratiebehoefte.

Als de transpiratie geen beperkende factor is, waarbij de CO₂-opname voor de fotosynthese door de plant onbeperkt is, wordt de assimilatie volkomen afhankelijk van de hoeveelheid opgevangen licht. De assimilatie P_1 wordt voorgesteld als:

$$P_1 = P_{st} \cdot \alpha \cdot (1 - \exp(-\gamma \cdot LAI)) \quad (4)$$

P_1 = assimilatie als licht beperkend is [kg/ha CH₂O]

P_{st} = assimilatie van een standaardgewas [kg/ha CH₂O]

α = temperatuurafhankelijke reductiefactor [-]
 γ = extinctiefactor [-]
 LAI = bebladeringsindex [m^2/m^2]

Als de transpiratie wel een beperkende factor vormt, als CO_2 -opname gelimiteerd is en de hoeveelheid licht niet, wordt de assimilatie P_t voorgesteld als:

$$P_t = A \cdot \frac{E_{tR}}{(T/\Delta e)} \quad (5)$$

P_t = assimilatie als transpiratie beperkend is [$kg/ha \text{ CH}_2O$]
 A = watergebruiksefficiëntiefactor [$kg/ha \cdot cm \cdot mbar \text{ CH}_2O$]
 T = transpiratie [cm]
 Δe = dampdrukdeficiet van de atmosfeer [$mbar$]

Aangezien meestal zowel de hoeveelheid licht als de hoeveelheid transpiratie als beperkende factoren kunnen optreden, wordt in CROPR formule (4) en (5) gecombineerd, uitgaande van de minimalisering van de relatieve beperking van de twee factoren (Visser, 1969; Feddes et al., 1978). Dit resulteert in vergelijking (6), die een impliciet hyperbolisch verband beschrijft, waarmee de actuele assimilatie kan worden berekend met formule (4) en (5):

$$\left(1 - \frac{P_a}{P_t}\right) \cdot \left(1 - \frac{P_a}{P_l}\right) = \xi \quad (6)$$

P_a = actuele assimilatie [$kg/ha \text{ CH}_2O$]
 ξ = mathematische flexibiliteitsconstante [-]

De onderhoudsrespiratie is afhankelijk van de "te onderhouden massa" die op het veld staat en de heersende temperatuur waar- onder de plant in stand gehouden moet worden:

$$X_m = c \cdot Q \cdot e^{((t - 25)/10)} \quad (7)$$

c = factor afhankelijk van plantorgaan [-]
 Q = hoeveelheid droge stof op het veld [$kg \text{ d.s./ha}$]
 t = temperatuur [$^{\circ}C$]

Deze X_m is voor gras verschillend voor wortel, stoppel en de oogstbare massa boven de stoppel, uitgedrukt in de waarde c (resp. 0,01, 0,02, 0,03).

Invoer van de berekende assimilatie en respiratie uit formule (6) en (7) in formule (3), geeft tenslotte de nettogroei van het gewas, q . In fig. 6 is het verloop van X_m , X_g , P_a en q_a grafische

weergegeven afhankelijk van de transpiratie. Uit de figuur is duidelijk dat bij lage transpiratieniveaus de groei negatief kan zijn. In dat geval is dus de respiratiebehoefte van de plant groter dan het assimilatieaanbod.

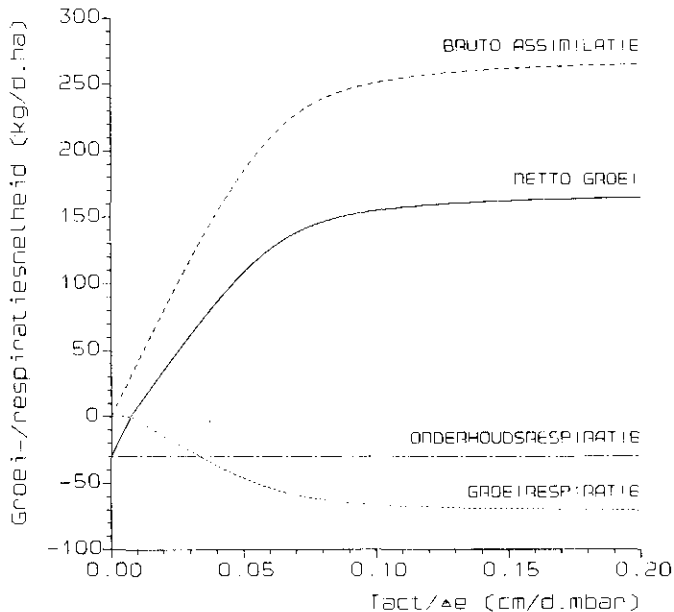


Fig. 6 Het verloop van de assimilatie (P_a), respiratie (χ_m en χ_g) en netto groei afhankelijk van de transpiratie, volgens het CROPR-concept.

Voordat het mechanisme van respiratie en assimilatie start, moeten eerst in het voorjaar 200 zgn. graaddagen bereikt zijn; hierbij wordt het dagelijks aantal graden boven nul vanaf 1 januari opgeteld. Als de grondwaterstand tijdens deze periode hoger komt dan 200 cm - mv., worden 0,5 graaddag bij 150 cm - mv. tot 2 graaddagen bij 0 cm - mv. van het totaal afgetrokken, zoals in fig. 1 is afgebeeld (ICW, 1981).

4.2.2 In- en uitvoer

De belangrijkste gewasafhankelijke parameter die het model als invoer vraagt, is de watergebruiksefficiëntiefactor A . Deze kan uit gewasdiffusieweerstanden berekend worden (Feddes et al., 1978), maar wordt veelal vastgesteld als calibratieconstante. Daarnaast vraagt het model dagelijkse meteorologische gegevens: de actuele verdamping (uit SWATRE), de inkomende kortgolvlige (globale) straling, het dampdrukdeficiet in de atmosfeer en de temperatuur. Als uitvoer bij de simulatie van grasgroei worden dagelijkse waarden gegeven van de bijgroei of afname van de verschillende plantorganen. Daarnaast worden enkele relevante data uitgevoerd die nodig zijn voor verdampingsberekeningen nl. waarden voor de LAI, de bodembedekking en de gewashoogte.

4.2.3 Calibratie

Het model is gecalibreerd op de grasgroei-proeven die gedurende het tijdvak 1982-1984 uitgevoerd zijn op het R.O.C.-Heino. Deze proeven werden uitgevoerd op een zgn. zwarte enkeerdgrond waar de grondwaterstand nooit hoger dan 200 cm - mv. komt. Bij de proeven werden verschillende beregenings- en stikstofniveaus aangelegd op veldjes met permanent grasland (Van Boheemen en Humbert, 1983; 1984). De bemestingsniveaus betroffen 0, 200, 400 en 600 kg ha/N. Op een derde van de veldjes werd niet beregend, op een derde werd beregend bij het bereiken van een pF van 2,7 in de wortelzone en de rest van de veldjes werd reeds beregend bij een pF van 2,3. Tijdens de proeven werd doorgaans gras gemaaid bij een oogst van 3000 kg/ha. Van de oogst werden de droge-stofopbrengst en de stikstofgehalten bepaald. Voorts werden periodiek bodemvochtgehalten en drukhoogten gemeten, evenals de bodembedekking door het gewas, de gewashoogte en incidenteel de gewastemperatuur en het bewortelingspatroon.

De belangrijkste parameters die werden gecalibreerd waren de watergebruiksefficiëntiefactor A en factoren samenhangend met de waterbalanssimulatie (zie 4.1). Voorts werden voor zover mogelijk de relaties voor de gewashoogte, de bodembedekking en de bebladeringsindex geijkt. Aangezien het model CROPR ervan uitgaat dat alle groeifactoren in overvloed aanwezig zijn, uitgezonderd water en licht, zijn alleen de proeven bij een stikstofniveau van 400 en 600 kg/ha N bij de calibratie betrokken. Bij deze proeven is voldoende stikstof aanwezig om niet beperkend te werken. De feitelijke calibratie is uitgevoerd op de resultaten over 1982 en 1983, de proeven uit 1984 zijn achteraf gebruikt ter verificatie van het model.

Uit de calibratie is een watergebruiksefficiëntie variërend van 3000 to 3500 kg/ha.cm.mbar bepaald, afhankelijk van het tijdstip gedurende het jaar. De relaties voor de bodembedekking, de bebladeringsindex en de gewashoogte zijn bepaald als functie van de oogstbare droge-stofmassa op het veld. De invloed van de zwaarte van de vorige snede op de bebladeringsindex is afgeleid uit praktijkgegevens (Vellinga, pers. med.). Uit de veldgegevens is gebleken dat er een verband bestaat tussen de stoppelmasa en de bodembedekking en bebladeringsindex vooral in tijden van waterstress. Dit verband is aan de veldproeven geschat. De relaties zijn grafisch weergegeven in aanhangsel 3.1. De uiteindelijk verkregen calibratieresultaten betreffende de maaiopbrengsten zijn weergegeven in aanhangsel 3.2.

In aanhangsel 3.3 zijn de verificatieresultaten van het model op de gegevens van R.O.C.-Heino voor 1984 weergegeven.

4.2.4 Discussie

Uit aanhangsel 3 blijkt dat het grasgroeimodel de maaiopbrengst in de meeste gevallen binnen aanvaardbare marges simuleert. Vooral de verkregen resultaten gedurende de droge perioden in 1982 (laatste snede), 1983 (voorlaatste snede) en 1984 (laatste snede), met vochttekorten in de onberegende situaties geven grote opbrengstreducties te zien. De wijze waarop respiratie en assimilatie de uiteindelijke oogst bepalen, komt goed naar voren in aanhangsel 3; door de verhoogde temperatuur en gereduceerde transpiratie wordt de assimilatie geremd en de respiratie gestimuleerd, hetgeen resulteert in een netto afname van de stoppel (te zien als reductie van de bodembedekking) of zelfs in afname van de oogstbare massa. De gesimuleerde opbrengsten in het voorjaar (vooral de tweede snede) geven vaak te lage opbrengsten te zien, hetgeen verklaard kan worden uit de wijze waarop de diffuse stralingsterm bijdraagt aan de produktie. In het huidige model wordt hiervoor de methode uit Penning de Vries en Van Laar (1983) gehanteerd. Nieuwere concepten (Spitters et al., 1986; Spitters, 1986) gaan uit van een grotere diffuse stralingsterm vooral in bewolkte situaties, hetgeen resulteert in een grotere potentiële groei. Deze effecten manifesteren zich voornamelijk tijdens de genoemde perioden in het voorjaar. Tijdens de 3e snede in het jaar 1982 bleken de beregende veldjes een afnemende produktie te vertonen t.o.v. de niet beregende veldjes. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de verhoogde uitspoeling van nitraat uit de wortelzone, hetgeen kwalitatief wordt ondersteund door enkele uitgevoerde runs met het stikstofmodel ANIMO. Deze oorzaak is niet in het model verwerkt, aangezien CROPR principieel uitgaat van optimale stikstofbeschikbaarheid. De gesimuleerde opbrengsten tijdens de verificatie in 1984 wijken periodiek sterk af van de werkelijk geoogste waarden, vooral tijdens de eerste snede. Dit is vrijwel zeker een gevolg van de jarenlang gehanteerde zelfde proefopzet; gedurende vier jaar werden dezelfde veldjes zwaar bemest (440 en 660 N) en al dan niet zwaar beregend. Met name van continu zwaar bemeste graslandpercelen is bekend dat opkomst van het gewas in het voorjaar sterk vertraagd wordt door de vorming van een zogenaamde "holle" zode. De eerste snede bij de hoge N-gift levert dan ook minder opbrengst dan die met een lage stikstofgift. Deze ingrijpende N-afhankelijke, fysiologische effecten reiken verder dan het CROPRconcept, en kunnen dus niet gesimuleerd worden.

Een bezwaar van de calibratieprocedure op de gegevens gemeten op R.O.C.-Heino is dat (net als bij de calibratie van de waterbalans) er zich alleen situaties voordoen, waarbij eventueel droogteschade optreedt. Zeker in het kader van dit project zou een calibratie op proeven onder extreem natte omstandigheden op zijn plaats zijn. De hoeveelheid gegevens nodig voor een verantwoorde calibratie is echter dermate groot, dat slechts weinig proeven in aanmerking komen. Naast exacte oogstgegevens zijn nodig:

nauwkeurige pF-curven en K-h-relaties, metingen of schattigen van de ontwikkeling van bodembedekking en/of bebladeringsindex, neerslag- en beregeningscijfers, bodemvochtgehalten en drukhoogten in het bodemprofiel enz. Vanwege deze eisen komen de proeven van R.O.C.-Heino als vrijwel enige in aanmerking.

4.3 Simulatie van het graslandgebruik (GRAMAN)

Voor de simulatie van het graslandgebruik zijn geen alternatieve, bestaande modellen beschikbaar. Derhalve is in het kader van dit onderzoek een eenvoudig graslandgebruiksmodel geconstrueerd GRAMAN (GRAssland MANagement), gebaseerd op ervaringen die met deze problematiek opgedaan zijn op het ICW en PR. GRAMAN genereert het graslandgebruik op een bedrijf met een bepaalde bedrijfsgrootte, conceptuele perceelsindeling, aantal koeien enz. als vaste invoer en actuele grasgroeidata als dagelijkse invoer. De belangrijkste uitvoer bestaat uit de gewonnen hoeveelheid kuilvoer, aantal weidedagen en de hoeveelheid bijvoeding tijdens het weideseizoen.

4.3.1 Basisconcept

GRAMAN genereert in principe iedere dag acties op het ingevoerde bedrijf, zoals beweiden, maaien, beregenen, bemesten enz. Bij alle bedrijfsbeslissingen wordt in principe uitgegaan van de actuele situatie; er wordt vrijwel niet "vooruit" gekeken. Dit betekent dat het model ieder keer het grasaanbod op alle percelen vergelijkt en op grond van deze vergelijking en enige praktische gebruiksregels, het graslandgebruik bepaalt. In het navolgende wordt steeds uitgegaan van een O4-beweidingsstelsel. Andere systemen zoals B4 zijn echter ook mogelijk.

Het graslandgebruik begint met het verdelen van verschillende stikstofgiften voor de 1e snede over de beschikbare percelen. Deze verschillen zijn nodig om bij de start van het weideseizoen over een gevarieerd grasaanbod te beschikken; door de verschillende N-giften worden zogenaamde groeitrappen gegenereerd, omdat minder stikstof in principe minder groei betekent.

Het weideseizoen begint als op één van de percelen een vastgesteld grasaanbod beschikbaar is voor consumptie (700 kg/ha). Er wordt steeds gestart met een zogenaamde overgangsperiode, waarin het melkvee van de stal naar de weide gaat. In deze periode wordt tijdelijk een B4-systeem gehanteerd met een aflopende hoeveelheid bijvoeding om de overgang gelijkmatig te laten plaatsvinden. Na het beweiden van het eerste perceel (het grasaanbod is dan uiteindelijk 0 op dat perceel), wordt het volgende weideperceel gezocht (doorgaans na 4 dagen beweiden). Dit volgende perceel heeft een grasaanbod dat het meest in overeenstemming is met de gevraagde hoeveelheid onder het heersende bijvoedingspatroon.

Na een vaste overgangsperiode (14 dagen) wordt in principe overgestapt op een O4-systeem zonder bijvoeding. De roulatie over de percelen vindt op dezelfde manier plaats, alleen het gevraagde grasaanbod is nu hoger (doorgaans 1700 kg/ha). Aan het eind van het seizoen, als het grasaanbod een bepaalde bodemwaarde bereikt heeft of na een bepaalde datum (14 oktober) wordt een tweede overgangsperiode ingesteld. Deze overgang vindt in omgekeerde richting plaats als aan het begin van het seizoen, dus met oplopende bijvoeding en B4-systeem. Na een bepaalde datum (1 november) stopt het weideseizoen. Als het grasaanbod op geen van de percelen voldoende is voor een 4-daagse omweidingsperiode, dan zal eerst getracht worden om perioden van 3 dagen te beweiden. Is dat ook niet mogelijk, dan wordt tijdelijk overgestapt op een B4-systeem met variabele bijvoeding om het grasaanbod te drukken. Is ook dat niet mogelijk, dan wordt het melkvee tijdelijk opgestald, totdat het aanbod van gras weer voldoende is. Opstallen gebeurt ook als de draagkracht op de percelen te laag is om normaal te kunnen beweiden (0,6 MPa). Als het grasaanbod een bepaalde waarde (2400 kg/ha) overschrijdt, dan is beweiding in principe niet meer mogelijk en wordt het perceel bestemd als maaiperceel. Na het bereiken van een opgegeven opbrengst (2500-3500 kg/ha) wordt het perceel bij voldoende draagkracht gemaaid, bij onvoldoende draagkracht wordt de oogst uitgesteld. Na het maaien volgt een opgegeven veldperiode (3 dagen), waarin het gras op het veld te drogen ligt en er geen nieuw gras meer groeit. De veldperiode wordt verlengd als na 3 dagen de draagkracht niet voldoende is om de oogst in te kuilen. Kunstmesttoediening wordt na de eerste snede (waarvan de toediening vooraf opgegeven is) door het model gegenereerd in afnemende hoeveelheid afhankelijk van het opgegeven N-niveau. Berekening vindt plaats bij het bereiken van een bepaalde opgegeven pF-waarde in de wortelzone, rekening houdend met de beschikbare beregeningscapaciteit op het bedrijf en met een maximale opgegeven frequentie per perceel.

Behalve het vaststellen van graslandgebruik, berekent GRAMAN ook het effect van de acties op het actuele grasbestand en de uiteindelijke oogst. Tijdens de beweiding worden beweidings-, vertrapings-, bijgroei- en hergroeiverliezen in rekening gebracht. Verder wordt de voederwaarde van het geconsumeerde verse gras berekend. De uiteindelijke netto geconsumeerde hoeveelheid droge stof en kVEM zijn het eindresultaat. Tijdens en na maaien worden veld-, hergroei- en conserveringsverliezen in rekening gebracht. Daarnaast vindt een berekening plaats van de voederwaarde van het ingekuilde voer (VEM). Het uiteindelijke resultaat is de netto hoeveelheid droge stof en kVEM die tijdens de stalperiode voor de veestapel beschikbaar is.

4.3.2 In- en uitvoer

De belangrijkste dagelijkse invoer van GRAMAN wordt gegenereerd door de modellen CROPR en SWATRE, nl. de dagelijkse bijgroei van

het gras op de percelen en de dagelijkse draagkracht afhankelijk van de vochttoestand van de bodem. Naast deze dagelijkse gegevens vraagt het model veel vaste parameters die alle betrekking hebben op de te simuleren bedrijfssituatie. Deze parameters betreffen:

- bedrijfsopzet, zoals het aantal percelen, de perceelsgrootte, het aantal koeien, het bemestingsniveau enz.;
- beweidings- en maaimethode, zoals het beweidingssysteem (B4/O4), de reguliere hoeveelheid bijvoeding, uiterste grenzen voor beweiden en maaien, droge-stofmassa bij maaien, uiterste data begin en eind overgangsperioden, (arbitraire) beslissingsfactoren voor beweiding, veldperiode bij maaien enz.;
- initialisatie, zoals de stikstoftrappen, aan te leggen aan het begin van het seizoen, de bestemming van de eerste snede per perceel, droge-stofaanbod bij start weideseizoen enz.;
- berekening, zoals een pF-waarde voor de start van berekening, specificaties betreffende berekening, maximale berekeningsfrequentie enz.;

De uitvoer bestaat in principe uit een beweidingsschema voor het hele bedrijf. Hieruit kunnen een aantal parameters afgeleid worden voor de economische berekening. Het betreft hier o.a. de volgende parameters:

- maaiopbrengst, gespecificeerd in netto en bruto droge-stofopbrengsten en voederwaarde (VEM) in de kuil;
- beweidingsoopbrengst, gespecificeerd in netto en bruto geconsumeerde droge-stofconsumptie en de voederkwaliteit van het geconsumeerde gras (VEM);
- bijvoeding, in de vorm van de bijgevoerde hoeveelheid snijmaïs gedurende het weideseizoen;
- aantal staldagen, gespecificeerd als het aantal dagen dat de veestapel in de winter op stal staat en het aantal dagen dat de veestapel tijdens het weideseizoen volledig op stal staat door een slechte draagkracht of een tekort aan gras;
- toedieningen, zoals de toegediende hoeveelheid kunstmest en de hoeveelheid beregeningswater.

In aanhangsel 4 zijn twee voorbeelden gegeven van de uitvoer van GRAMAN voor een betrekkelijk natte situatie en een betrekkelijk droge situatie. Gepresenteerd worden het beweidingsschema, het verloop van de pF-waarde in de wortelzone, het verloop van de draagkracht en van de grondwaterstand.

4.3.3 Discussie

Vanwege de aard van het proces dat GRAMAN beschrijft, is het niet mogelijk om het concept te calibreren of te verifiëren op proefgegevens. De benodigde parameters en processen zijn beschreven aan de hand van ervaringsregels uit de praktijk (in het bijzonder onderzoek van het PR). Of het model een reëel beeld geeft van de gangbare praktijk is niet zeker. In de praktijk vindt veelal een

planning plaats; bij het bestemmen van een perceel voor beweiding of maaien zal vaak gekeken worden naar de andere percelen, zodat een onderlinge afstemming kan plaatsvinden naar een verwachting van de toekomstige gewasontwikkeling. De periode die "vooruit" gekeken wordt is echter bijzonder arbitrair. Nog onzekerder zijn de criteria voor de planning; enerzijds zal een zekere produktieoptimalisering deel uitmaken van de criteria, anderzijds zal echter ook risicominimalisering een belangrijke rol spelen. Ook is het afstemmen van de arbeidsbehoefte op het arbeidsaanbod van belang. Produktieoptimalisering zal inhouden dat de veestapel zoveel mogelijk ingeschaard is bij een produktie die precies de behoefte dekt en dat gemaaid wordt bij een opbrengst, waarbij de droge-stofverliezen beperkt blijven en de voederkwaliteit zo hoog mogelijk is. Risicominimalisering betekent dat ingeschaard en gemaaid wordt bij minder optimale produktieniveaus, om zo het risico te verkleinen dat de beweiding gestopt moet worden of dat afgeweken moet worden van het gehanteerde beweidingssysteem door optredende grastekorten. Het afstemmen van de arbeidsbehoefte heeft vaak betrekking op het maaien en inkuilen van het gras. Om de benodigde arbeid zoveel mogelijk in blokken te bundelen (uit efficiëncy-overwegingen) zullen vaak meerdere percelen tegelijkertijd geoogst worden, waarvan sommige te laat en andere percelen te vroeg gemaaid zullen worden.

In het model GRAMAN is slechts de bundeling van sommige werkzaamheden onderwerp van een planning. Risicominimalisatie en produktieoptimalisatie vindt zonder planning plaats op ad-hoc-basis. Met name in tijden van groeireducties door droogte kan een risicominimalisatie er voor zorgen dat perioden met grastekorten redelijk overbrugd worden. Bij wateroverlast op het bedrijf kan ook planning vaak niet verhinderen dat discontinuïteiten in het beweidingsschema optreden bij plotselinge natte omstandigheden. Indien de beschikbare percelen sterk verschillen in drainage-eigenschappen is planning wel van grote invloed. Het simuleren van een uitgebreide planning zou echter veel extra beslag leggen op de rekentijd en een grote programmeerinspanning vergen. Het toeval in de uitkomsten door geen uitgebreide planning toe te passen kan echter voor een groot deel opgevangen worden door bijv. uitkomsten van praktisch gelijke situaties maar verschillend beweidingsschema te middelen. Toevallige, extreem gunstige en extreem ongunstige beweidingsschema's worden dan naar verwachting uitgemiddeld.

4.4 Overige simulaties

4.4.1 Stikstofhuishouding

De stikstofhuishouding speelt een belangrijke rol bij de produktie van grasland op bedrijfsniveau. De stikstofhuishouding is vooral van belang voor:

- het beweidingssysteem.

Tijdens het op gang brengen van de roulatie van de veestapel over de verschillende bedrijfspercelen worden stikstoftrappen op de percelen aangelegd om een gevarieerd grasaanbod te bewerkstelligen.

- de kosten.

Als er meer sneden geoogst kunnen worden, levert dat meer gras op, maar dat brengt ook meer kosten met zich mee voor bemesting, aangezien na iedere snede opnieuw bemest wordt.

- de schade.

Bij hoge grondwaterstanden wordt de mineralisatie geremd en de denitrificatie van nitraat bevorderd zodat er minder stikstof beschikbaar komt voor het gewas. Bij natte weersomstandigheden en/of beregening kan uitspoeling van nitraat uit de wortelzone plaatsvinden. In beide gevallen betekent dit ofwel lagere gewasopbrengsten danwel hogere extra bemestingskosten.

Het model CROPR berekent de grasproduktie bij optimale nutriëntenvoorziening. Voor het berekenen van de gewasproduktie afhankelijk van watervoorziening en stikstofvoorziening zou een geïntegreerd model gebruikt moeten worden waarin naast de gewasgroei, de waterhuishouding en de stikstofhuishouding gesimuleerd worden. Het beschikbare stikstofmodel ANIMO (Kroes, 1988; Berghuijs-van Dijk et al., 1985) berekent de stikstofhuishouding afhankelijk van de waterhuishouding. Processen als mineralisatie en denitrificatie worden gesimuleerd afhankelijk van de vocht- en temperatuuruithouding, gewasonttrekking, temperatuur enz. De gewasopname en het effect van deze opname op het groeiproces zijn echter te globaal gedefinieerd voor gebruik in een geïntegreerde aanpak zoals deze. Het formuleren van een nieuw concept stuit op bezwaren van calibreerbaarheid en verifieerbaarheid; voor validatie zijn uitgebreide grasgroei-proeven noodzakelijk, zoals de beschreven proeven in Heino, echter aangevuld met gedetailleerde metingen van stikstof in het gewas en in de wortelzone, met kleinere tijdstappen dan in de proeven van 1981-1984. Deze proeven zijn vooralsnog niet beschikbaar.

Om aan beweidingssysteem en kosten recht te doen is een praktische oplossing gekozen, waarbij gebruik gemaakt wordt van de stikstofafhankelijke standaardgroei-curve zoals in Rempelberg et al. (1984). De grasproduktie die door CROPR berekend wordt, geldt voor optimale stikstofcondities. Tijdens de calibratie is uitgegaan van een optimaal stikstofniveau van 440-660 kg/ha N. Globaal corresponderen de opbrengsten uit CROPR met de opbrengsten per snede met een stikstofgift zoals in Heino. Om de opbrengst onder andere stikstofgift te genereren wordt met de standaardgroei-curve een correctiefactor bepaald volgens (8):

$$q_a(N_a) = \frac{q_s(N_a)}{q_s(N_h)} \cdot q_c(N_h) \quad (8)$$

q_a : actuele opbrengst [kg/ha]
 q_s : opbrengst volgens standaardcurven [kg/ha]
 q_c : opbrengst volgens CROPR (optimale nutr. voorziening) [kg/ha]
 N_a : actuele N-gift [kg/ha]
 N_h : N-gift op calibratiepercelen Heino [kg/ha]

Complexe interacties tussen waterafhankelijke en stikstofafhankelijke groei kunnen met dit concept niet gesimuleerd worden.

De schades door denitrificatie, verminderde mineralisatie en uitspoeling van nitraat worden in bovengenoemd concept ook niet behandeld, hetgeen problemen lijkt op te leveren bij het berekenen van een deel van de natheidsschade. Schothorst (1982) geeft enige effecten van wateroverlast op de gewasopname van stikstof op veengronden. Tabel 2 geeft een indruk van de resultaten:

Tabel 2 Toename van de produktie van grasland afhankelijk van het slootpeil en de stikstofgift op veengrond, naar Schothorst (1982).

Lokatie	Gem. slootpeil (cm - mv.)	Produktie bij stikstofgift (kg/ha.jaar N)		
		0	150	300
Hoenkoop	40	10600	12600	13600
	100	13300	14700	15000
Bleskensgraaf	40	9600	12000	12800
	100	13900	15000	15100
Zegveldbroek	20	10100	12400	13200
	80	12700	13600	13800

Uit tabel 2 blijkt dat in de slecht ontwaterde objecten een extra stikstofgift van 150-250 kg/ha nodig is om de effecten van denitrificatie en verminderde mineralisatie teniet te doen. Voor de kosten betekent dit op een bedrijf van 20 ha bij de huidige kunstmestkosten (f 1,20/kg), een schadepost van rond de f 5000,- per bedrijf als extra stikstof gegeven moet worden ter compensatie. Bij zandgronden zal het effect van de verminderde mineralisatie sterk gereduceerd worden (tabel 2), voornamelijk door de lage te mineraliseren organische-stofgehalten op zand. De effecten in tabel 2 worden echter voor een ander deel veroorzaakt door denitrificatie van o.a. kunstmestgiften. Deze denitrificatie vindt in principe in gelijke mate plaats op zand- en veengrond. Dit effect treedt vooral in het voorjaar aan de dag, terwijl verminderde mineralisatie in het hele groeiseizoen van belang kan zijn (Steenvoorden, pers. med.).

Samenvattend worden te lage schades berekend door verwaarlozing van stikstofomzettingen bij hoge grondwaterstanden, vooral door

in het voorjaar niet de denitrificatieverliezen toe te rekenen. In de rest van het seizoen is de fout gering. De absolute fout is voor zand echter kleiner (naar schatting f 1000,- tot f 2000,-/jr.bedrijf) dan voor veen.

4.4.2 Dierlijke productie en consumptie (MLKVEE)

Een groot deel van de uiteindelijke opbrengst van het gras wordt verkregen via de melkwinning en de verkoop van gewonnen ruwvoer. Een groot deel van de kosten wordt veroorzaakt door de melkveestapel, vooral door de bij- en krachtvoeding. Om de effecten van verschillende graslandgebruiksschema's op de opbrengsten en kosten van de melkveestapel te berekenen, wordt het MLKVEE-model ingeschakeld. Dit model is een verder ontwikkelde versie van het KOE-model (Hijink en Meijer, 1987). Het MLKVEE-model berekent melkgift, melkwaliteit en voerbehoefte van een gedifferentieerde melkveestapel met als invoer de opbouw van de veestapel, de kwaliteit van het ruwvoer en het vers te consumeren gras, in- en uitschaardata enz. De veestapel kalft in het voorjaar af en bestaat uit koeien met een gedifferentieerde leeftijdsopbouw.

Het MLKVEE-model wordt in deze studie op twee manieren gebruikt, allereerst om de grasbehoefte van de veestapel te schatten bij verschillende bijvoeding. Hiervoor wordt het model gerund met een standaard graslandgebruik en verschillende beweidingssystemen, zoals O4, B4+2kg, B4+4kg en B4+6kg. De uitkomst is dan de grasopname gedurende het jaar bij die verschillende beweidingssystemen. Deze schattingen worden in het GRAMAN-model gebruikt om de opname van gras te berekenen in het beweidingsschema. Hierbij kan gedurende het seizoen, afhankelijk van het aanbod, gewisseld worden van een systeem waarbij veel gras vereist is (O4) naar een systeem waarbij minder gras benodigd is (B4+x). Naast deze schattingen (die slechts één keer plaatsvinden), wordt het MLKVEE-model na de run met het bedrijfsmodel gebruikt om de definitieve melkopbrengst en de definitieve ruwvoer- en krachtvoeropname te berekenen. De extra invoer vanuit het bedrijfsmodel betreft dan de kwaliteit van het geconsumeerde gras en de gewonnen kuilvoorraad, de actuele in- en uitschaardata en de verstrekte ruwvoerhoeveelheden. Bij de berekening van opbrengstreductie vooral door te natte omstandigheden, worden niet alleen de effecten van verminderde voederwaarde en wisselingen in beweidingssysteem verdisconteerd, ook wordt rekening gehouden met een reductie van de melkgift door het in- en uitscharen gedurende het seizoen vanwege de draagkracht van de bodem.

Aangezien de melkveeproblematiek slechts indirect in verband staat met de hydrologische condities, zal niet verder in detail ingegaan worden op de werking van het model. Voor meer technische details wordt verwezen naar Hijink et al. (1987) en Mandersloot (1988b).

4.5 Bedrijfseconomische evaluatie (BBPR)

Om de opbrengst van verschillende ontwateringssituaties met elkaar te vergelijken is het noodzakelijk de verkregen data van het graslandgebruiksmodel en het melkveemodel (aantal staldagen, bijvoeding, maaiofbrengst enz.) onder één noemer te brengen. De fysische opbrengsten worden vertaald naar financiële opbrengsten met het programma BBPR (Meerveld et al., 1986). BBPR stelt een begroting op voor de uitvoer van het MLKVEE-model en het graslandgebruiksmodel GRAMAN. Begrotingsposten die niet afhankelijk zijn van de waterhuishouding, zijn gebaseerd op standaardwaarden. De uitvoer bestaat uit de kosten en de opbrengsten van het bedrijf met als belangrijkste gegeven de jaarlijkse arbeidsopbrengst van de ondernemer.

4.5.1 In- en uitvoer

De invoer voor BBPR wordt voor een deel gegenereerd door de modellen GRAMAN en MLKVEE. Een ander deel van de invoer wordt voor iedere situatie standaard ingevoerd.

De voornaamste invoer afkomstig uit GRAMAN bestaat uit:

- bedrijfsvariabelen (aantal percelen, perceelsgrootte, beweidingssysteem enz.);
- totale stikstof en beregeningsgift;
- totale hoeveelheid bijvoeding en het aantal staldagen;
- totale netto droge stof en kVEM-maaiofbrengst;
- maaipercentage.

De voornaamste invoer uit het MLKVEE-model bestaat uit:

- ruwvoeropname tijdens winter en bijvoedingsperioden;
- krachtvoeropname gedurende het jaar;
- geproduceerde melkhoeveelheid en vet- en eiwitgehalte.

De standaardinvoer bestaat voornamelijk uit variabelen die niet door de waterhuishouding of het bedrijfssysteem beïnvloed worden, zoals in- en verkoopprijzen, machineparkspecificaties, rentepercentages, enz.

De belangrijkste bedrijfskengetallen die BBPR als uitvoer geeft zijn:

- opbrengsten, w.o. melkopbrengst en ruwvoer verkoop;
- toegerekende kosten, w.o. ruw- en krachtvoerkosten, bemestingskosten, energiekosten en loonwerkkosten;
- niet toegerekende kosten, w.o. rente, afschrijvingen en onderhoud;
- saldo per ondernemer, ha, melkkoe, enz.;
- arbeidsopbrengst van de ondernemer.

Het belangrijkste verschil tussen de standaardtoepassing van het BBPR-programma en toepassing in het geïntegreerde modelconcept,

is de invoer van een set extra gegevens. Deze set betreft de berekende gegevens uit GRAMAN en MLKVEE. In de standaardtoepassing worden gegevens over melkgift, voeding, stikstof enz. afgeleid uit de "Normen voor de voedervoorziening" (Rompelberg et al., 1984).

4.5.2 Discussie

Het programma BBPR berekent alleen opbrengsten en kosten van een standaardsituatie die slechts beïnvloed wordt door kosten en inkomsten door hogere grasopbrengsten, voerbenodigdheden en melkgiften. De prijzen in verschillende jaren zijn altijd constant, evenals andere parameters. In de praktijk zijn ook economisch diverse terugkoppelingen denkbaar.

Door vooral meteorologische omstandigheden kan de behoefte aan ruwvoer veranderen in de hele bedrijfstak. Bij hevige droogte zoals in 1976, zullen de meeste bedrijven te maken hebben met een lagere grasproductie, waardoor de vraag naar en de prijs van ruwvoer zal stijgen. Dan is de droogteschade op bedrijfsniveau in werkelijkheid groter dan berekend met een gemiddelde ruwvoerprijs. De prijzen worden ook sterk beïnvloed door het aanbod dat van andere parameters afhankelijk is, zodat een sluitend concept moeilijk te geven is.

In BBPR wordt niet gerekend met de factor arbeid. Wanneer grote droogte optreedt, zal de produktie afnemen. Door berekening kan een deel van de schade voorkomen worden. BBPR berekent een beregeningsrendement afhankelijk van de meeropbrengsten en de beregeningskosten als vaste onderhouds- en brandstofkosten. Voor berekening en het oogsten van de meeropbrengst is extra arbeid nodig die niet direct in het programma tot uiting komt. Ook met extra arbeid door de ondernemer is een situatie met en zonder berekening nog niet met elkaar te vergelijken.

Een mogelijkheid om gedeeltelijk aan het bezwaar tegemoet te komen, is het inzetten van loonwerkers voor extra arbeid op het bedrijf. Vooral oogstwerkzaamheden kunnen door loonwerkers uitgevoerd worden, aangezien extra opbrengsten veelal in hogere maaipercents tot uiting komen. Extra opbrengsten worden hierdoor gedrukt door extra loonwerkkosten. Daar staan echter lagere machinekosten tegenover.

4.6 Modelsynthese

De behandelde modellen zijn voor het construeren van schadefuncties geïntegreerd tot één modelconcept, waarin uiteindelijk de waterhuishoudkundige en bedrijfsmatige/economische randvoorwaarden als invoer dienen, en de arbeidsopbrengst als uitvoer.

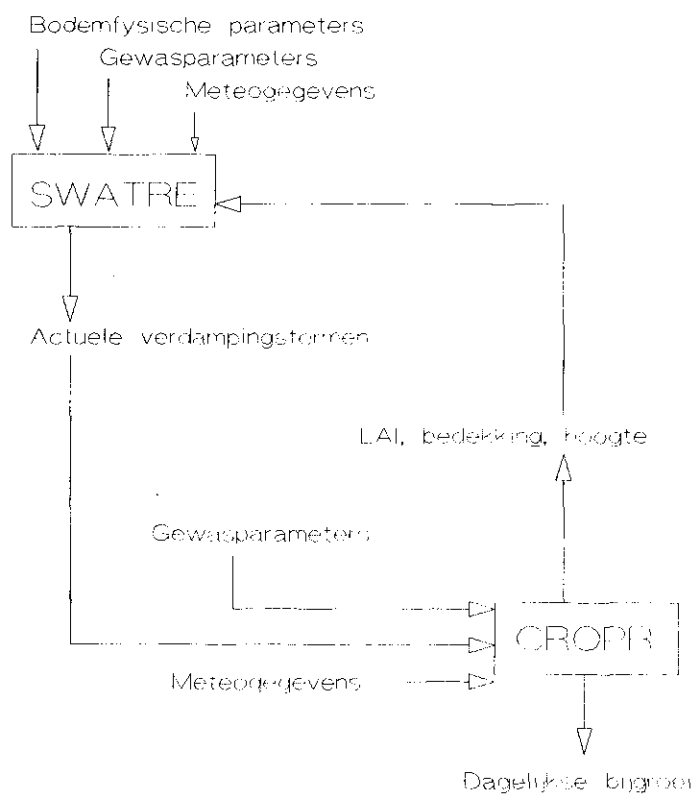


Fig. 7 Koppeling van het waterbalansmodel SWATRE met het groeimodel CROPR tot het model SWACROP.

In figuur 7 is de koppeling van het waterbalansmodel SWATRE met het groeimodel CROPR schematisch weergegeven, waarbij SWATRE de transpiratie levert als invoer voor CROPR, die vervolgens de gewasstand levert als invoer van SWATRE enz.

In figuur 8 is de implementatie van SWACROP weergegeven binnen het zogenaamde bedrijfsmodel, waar SWACROP de dagelijkse bijgroei levert, GRADEC naar aanleiding hiervan een dagelijks graslandgebruik genereerd dat door de module GRAMAN uiteindelijk uitgevoerd wordt.

In figuur 9 staat de uiteindelijke synthese van het overall-model met de belangrijkste in- en uitvoer. Het bedrijfsmodel berekent uit bedrijfsvariabelen en een geschatte hoeveelheid grasopname voor verschillende beweidingssystemen het graslandgebruik. Uit relevante uitvoervariabelen van het bedrijfsmodel wordt door het MLKVVEE-model de uiteindelijke melkgift en voerbehoefte berekend voor een gespecificeerde veestapel. Uit de uitvoervariabelen van het bedrijfsmodel en het MLKVVEE-model wordt uiteindelijk het ondernemersinkomen berekend met BBPR.

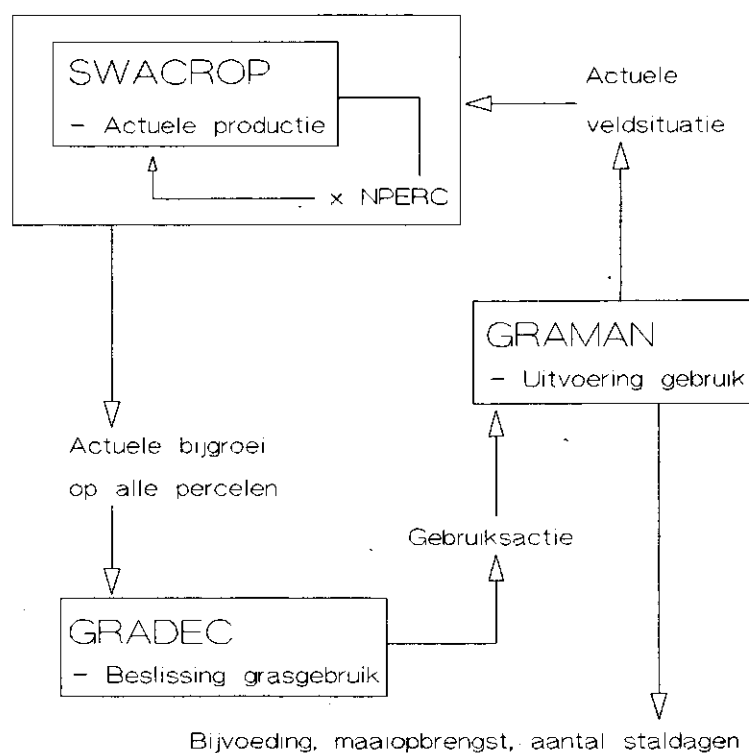


Fig. 8 Implementatie van SWACROP binnen het bedrijfsmodel.

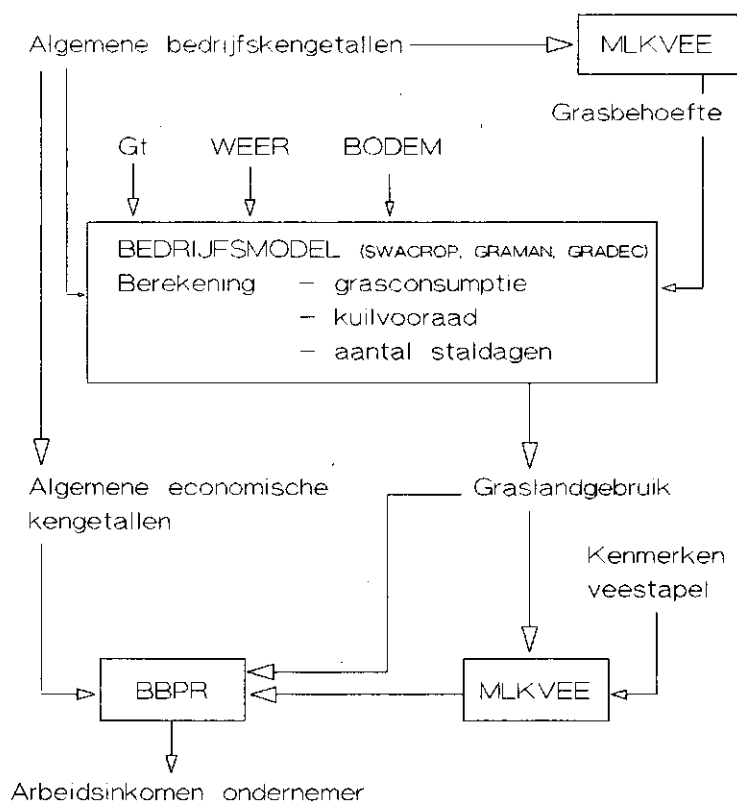


Fig. 9 Synthese van het overall-model om waterafhankelijke bedrijfsuitkomsten op grasland te genereren.

5 VERIFICATIE EN GEVOELIGHEIDSANALYSE*

Het geïntegreerde modelconcept is getoetst op gevoeligheid voor de verschillende invoerparameters. Daarnaast zijn twee vergelijkingen uitgevoerd met eerdere onderzoeken naar waterafhankelijke schade op grasland. De berekeningen zijn alle uitgevoerd (indien niet anders vermeld) op basis van invoerparameters en rekenmethoden zoals in hoofdstuk 7. Het betreft invoer van bodemsoorten ("Staring-reeks"-bouwstenen B3/O3 en B1/O1), Q-h-relaties bij Gt-verlopen, meteorologische jaarreeksen en bedrijfseconomische invoerparameters.

5.1 Verificatie

Het is nauwelijks mogelijk het graslandgebruikgedeelte van het geïntegreerde concept te verifiëren. Het totale concept kan dan ook niet nauwkeurig vergeleken worden met reële bedrijfsuitkomsten. De enige methode om het model op zijn waarde te kunnen schatten, is door de gevonden modeluitkomsten te vergelijken met uitkomsten uit eerdere onderzoeken waarover consensus bestaat. Hierna worden twee verificaties beschreven. De eerste betreft de berekende natheidsschade zoals bij de HELP-procedure. De tweede verificatie handelt over het berekenen van droogteschades op bedrijfsniveau, zoals in de "Beregeningsstudie Gelderland".

5.1.1 HELP-tabel

In Werkgroep HELP-Tabel (1987) worden voor grondsoorten een groot aantal opbrengstdepressies gegeven voor te natte en te droge omstandigheden. Per grondsoort wordt voor iedere grondwatertrap een schadepercentage gegeven voor droogte- en natheidsschade. De gepresenteerde percentages zijn tot stand gekomen op basis van modelberekeningen, bestaand veldonderzoek en inzichten van de auteurs. De schadepercentages betreffen met name de netto-productie. Schades door een bemoeilijkte bedrijfsvoering zijn slechts met zgn. "restschades" verwerkt. Schades als gevolg van veranderingen in de stikstofhuishouding (verminderde mineralisatie, denitrificatie) zijn, net zo min als in deze studie, in het geheel niet beschouwd.

5.1.1.1 Berekeningsmethode

Om het geïntegreerde modelconcept te verifiëren is gekozen voor een verificatie van de natheidsschade. Deze schadepost is minder afhankelijk van de gehanteerde bodemfysische parameters

* zie ook erratum blz. 179

(pF-curve, K-h-relatie) maar meer van de geldende drainagekarakteristieken. De bodemfysische karakteristieken bepalen weliswaar het verloop van de draagkracht, maar zorgen niet voor een terugkoppeling bij te natte omstandigheden, waardoor de natte toestand weer opgeheven wordt; het omgekeerde geldt meestal (verdampingsreductie, waardoor de toestand nog natter wordt). De stabilisatie wordt bij te natte omstandigheden bepaald door de snelheid waarmee het teveel aan water afgevoerd wordt via de ontwateringsmiddelen. Droogteschade is daarentegen zeer afhankelijk van zowel de drainage-eigenschappen als van de bodemfysische karakteristieken. Bij een tekort aan water bepalen o.a. de bodemfysische eigenschappen hoeveel water er nog capillair nageleverd kan worden uit het grondwater en dus tot hoever de bodem kan uitdrogen. Verificatie met HELP-tabel voor droogteschade kan sterk vertekend worden door (subtiële) verschillen tussen de ingevoerde bodemfysische parameters en de parameters in de HELP-tabel. Natheidsschade is in het geïntegreerde model vooral een functie van de draagkracht-drukhoogte-relatie en het natte deel van de "sink-term"-grafiek, waarover overeenstemming heerst.

Met het geïntegreerde model is een reeks van 18 jaren doorgerekend (1965-1966, 1971-1986, zie voor motivatie volgende hoofdstuk) voor drainagekarakteristieken die over een lange reeks van jaren een grondwaterstandsverloop vertonen, behorende bij een Gt die ook in de HELP-tabellen gegeven is. Hier zijn grondwatertrappen gekozen die gevoelig zijn voor natheidsschade: Gt II, II*, III, III* en V. Om eventuele droogteschades te elimineren kon in het model berekend worden zonder bijkomende kosten bij het bereiken van een pF-waarde van 2,3 in de bovengrond. Deze berekening heeft geen consequenties voor de bewerkbaarheid van de grond. Naast deze reële situaties zijn de genoemde jaren doorgerekend in de situatie zonder waterafhankelijke schade (optimale situatie). De schadepercentages zijn berekend als de produktieafname t.o.v. de optimale situatie, gedeeld door de produktie bij de optimale situatie.

Er worden drie produkties vergeleken:

- de fysische maaiproduktie berekend met SWACROP.
Deze produktie is verkregen met alleen het groeimodel SWACROP, waarbij het gras bij een bepaalde droge-stofproduktie wordt gemaaid. Verliezen zijn dus alleen een gevolg van groeistoornissen.
- de fysische bedrijfsproduktie berekend met het bedrijfsmodel.
Deze produktie is verkregen met het bedrijfsmodel, waarbij het gras zowel gemaaid als beweid kan worden; er worden ook specifieke gebruiksverliezen berekend. De totale produktie wordt berekend als de som van de netto consumptie en de netto maaiproduktie.
- bedrijfseconomische produktie berekend met het geïntegreerde model.
Deze produktie is ook verkregen met het bedrijfsmodel; de uitkomsten zijn echter vertaald naar ondernemersinkomen.

De fysische bedrijfsproduktie is het beste vergelijkbaar met de data uit de HELP-tabel. De fysische maaiproduktie en de bedrijfs-economische produktie zijn slechts ter illustratie opgenomen.

De bodemsoort voor de verificatie werd samengesteld uit de Staring-reeks-bouwstenen B3 (0-50 cm - mv.) en O3 (> 50 cm - mv.) die (voor zand) als relatief natschade-gevoelig geldt (matig fijn, sterk lemig, matig humeus zand), globaal overeenkomend met eenheid cZ1b uit de HELP-tabel. Deze bodemsoort werd met name gekozen, omdat deze ook betrokken is bij de bepaling van de schadefuncties (zie laatste hoofdstuk).

5.1.1.2 Resultaten

De resultaten van de verificatie zijn weergegeven in tabel 3 en figuur 10. De resultaten betreffen alle gemiddelde schadepercentages over de genoemde jaarreeks in procenten van de maximale fysische of economische produktie. De fysische schade in kilogrammen droge stof is gerelateerd aan de maximale opbrengst in kilogrammen droge stof, en de bedrijfseconomische schade in guldens is gerelateerd aan de maximale opbrengst in guldens.

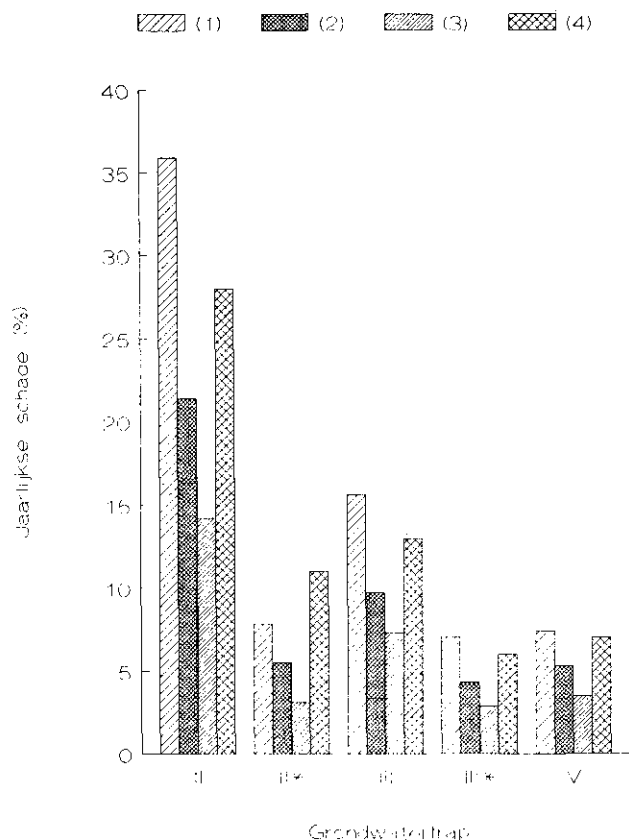
Tabel 3 Vergelijking tussen de berekeningen met het geïntegreerde model en de HELP-tabel voor enkele grondwatertrappen, voor de reeks 1965-1966, 1971-1986 op bodemsoort B3/O3, betreffende natheidsschade.

Gt	Modelberekeningen					HELP-tabel		
	<u>GHG</u> <u>GLG</u>		<u>Schade (%)</u>			<u>GHG</u> <u>GLG</u>		<u>Schade</u>
	(cm - mv.)		(1)	(2)	(3)	(cm - mv.)		
II	4	80	35,9	21,4	14,2	5	70	28
II*	32	86	7,8	5,5	3,1	25	75	11
III	14	103	15,6	9,7	7,3	15	105	13
III*	30	124	7,0	4,3	2,9	30	110	6
V	27	151	7,4	5,3	3,5	25	140	7

(1) bedrijfseconomische schade met bedrijfsmodel (GRAMAN/BBPR)

(2) fysische schade met bedrijfsmodel (GRAMAN)

(3) fysische schade naar aantal maaibeurten (SWACROP)



- (1) bedrijfseconomische schade met bedrijfsmodel (GRAMAN/BBPR)
- (2) fysische schade met bedrijfsmodel (GRAMAN)
- (3) fysische schade naar maaibeurten (SWACROP)
- (4) fysische natheidsschade volgens HELP-tabel (bodem cZ1b)

Fig. 10 Vergelijking tussen de berekeningen met het geïntegreerde model en de HELP-tabel voor enkele grondwatertrappen voor de reeks 1965-1966, 1971-1986 op bodemsoort B3/O3, betreffende natheidsschade.

5.1.1.3 Discussie

De gegenereerde Gt-verlopen wijken vooral voor wat de GLG betreft ca. 10 cm af van de HELP-tabel-waarden. Dit houdt verband met de bodemfysische parameters, vooral de stijghoogte-karakteristiek die voor deze grond relatief "gunstig" is. Deze afwijkingen hebben echter nauwelijks effect op de natheidsschade. Voor de natheidsschade is vooral de GHG van belang die redelijk overeenkomt met de HELP-tabel-waarden. Alleen bij de GHG van de gegenereerde Gt II* treedt een relatief grote afwijking op (32 cm - mv. i.p.v. 25 cm - mv.). Uit figuur 10 en tabel 3 blijkt een redelijke overeenkomst tussen de fysische bedrijfsschade met het geïntegreerde model (2) en de schades in de HELP-tabel (4).

Vooraf de berekende waarde voor Gt II* wijkt relatief veel af, voornamelijk door de afwijking in GHG die voor een groot deel de natheidsschade bepaalt. Voor het overige vertonen beide reeksen een redelijk gelijke trend. In figuur 10 en tabel 3 is tevens de fysische schade per Gt gegeven; deze is berekend met het model SWACROP over dezelfde jaarreeks op basis van maaien bij een drogestofproduktie van 3000 kg/ha. Hierbij zijn geen maai- of weideverliezen berekend, ook is geen rekening gehouden met bedrijfsomstandigheden. De berekende verliezen geven dus het effect van een late groeistart door hoge grondwaterstanden, en transpiratiereducties door te natte omstandigheden. Uit de figuur blijkt dat natheidsschades slechts berekend kunnen worden als het bedrijfssysteem mee in beschouwing genomen wordt. Verder is in de figuur en de tabel de bedrijfseconomische schade weergegeven. Deze is verkregen door de uitkomst van het bedrijfsmodel te verwerken met het programma BBPR. De bedrijfseconomische schade (1) is 30 - 40% hoger dan de berekende schade in drogestofproduktie (2). Dit komt overigens niet alleen omdat de absolute schade in droge stof anders uitpakt dan in geld, maar ook omdat het maximale niveau waaraan de schade gerelateerd wordt, afwijkend is. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het niet zonder meer mogelijk is HELP-tabel-schades (in principe drogestofschades in bedrijfsverband) naar bedrijfseconomische schades te vertalen.

5.1.2 Droogteschade

In Mandersloot (1984) worden berekeningseffecten op grasland geschat voor de Gelderse situatie door middel van modelsimulatie. Bij deze studie werd niet alleen gekeken naar de toename van de drogestofproduktie, maar ook naar het uiteindelijke resultaat op bedrijfsniveau. Het effect van berekening op de verdamping werd bepaald door Van Boheemen en Reuling (1980). Droogte-effecten werden naar aanleiding hiervan uitgedrukt in standaard-groeicurves voor verschillende droogtesituaties. Deze standaard-groeicurves dienden als hoofdinvoer van een graslandgebruiksmodel, zoals beschreven in hoofdstuk 3 onder alternatief 2. Met de standaard-groeicurves werd een geoptimaliseerd gebruiksplan berekend. Net als in het geïntegreerde model werden de graslandgebruiksdata ingevoerd in het programma BBPR voor de economische vertaling van de fysische opbrengsten. Naast een analyse van de opbrengsten staat in het rapport ook een uitgebreide analyse van de kosten verbonden aan berekening. Vanwege de drastisch gewijzigde prijzen (ruw- en krachtvoer, meststoffen, melk, brandstof) sinds 1984, is de studie in 1988 voor het economische gedeelte, gedeeltelijk herzien op basis van het prijspeil 1988 (zie CAD-RSP, 1988; Mandersloot, 1988a). Deze nieuwe berekeningen dienen als uitgangspunt voor de vergelijking in 5.1.2.1.

5.1.2.1 Berekeningsmethode

In Mandersloot (1984, 1988a) wordt een relatie gepresenteerd tussen opgeheven vochttekort en inkomensverbetering. Deze relatie maakt het mogelijk de uitkomsten te vergelijken met die van het geïntegreerde model zonder dat afwijkingen in de bodemfysische karakteristieken het beeld verstoren, aangezien de relatie opgebouwd is uit willekeurig verdeelde vochttekorten.

Voor de vergelijking zijn de bodemkarakteristieken in het model behorende bij de Staringreeks bouwstenen B1 (0-50 cm - mv.) en O1 (> 50 cm - mv.) ingevoerd, die bekend staat als redelijk droogtegevoelige zandgrond (leemarm, weinig humeus, matig fijn tot grof zand). Voor de berekingen is de meteorologische jaarreeks 1971-1986 gebruikt met nogal wat droge jaren. De drainagekarakteristieken bij grondwaterstandsverlopen voor redelijk tot extreem droogtegevoelige grondwatertrappen dienden als onderrandvoorwaarde, Gt V*, VI, VII en VII* (hangwaterprofiel). Voor ieder weerjaar en voor iedere Gt is een run uitgevoerd zonder berekening en met berekening bij een pF-waarde van 2,7 in de wortelzone. Er is uitgegaan van een 9 percelen-plan met een veebezetting van 3 mk/ha en een bedrijfsoppervlakte van 16,2 ha. Deze bezetting is gekozen vanwege de vergelijkbare situatie in Mandersloot (1984, 1988a), met bedrijven van 20 ha, waarvan 4 ha wordt gebruikt voor het jongvee. De veldkkavel van 4 ha wordt niet beregend, en heeft dus geen invloed op de verschillen tussen beregend en onberegend. In het geïntegreerde model wordt in het geheel geen jongvee bij de beschouwing betrokken. Ter vergelijking is ook een run uitgevoerd met een veebezetting van 2,5 mk/ha. Voor de vergelijking van de uitkomsten is geen rekening gehouden met de kosten van berekening.

5.1.2.2 Resultaten

In figuur 11 zijn de uitkomsten van de berekeningen voor de verschillende situaties bijeengebracht.

Voor iedere twee runs (beregend en niet-beregend) wordt het verschil in ondernemersinkomen uitgezet tegen het opgeheven vochttekort tussen niet-beregend en beregend. Iedere situatie gekarakteriseerd door een Gt en een weerjaar, levert aldus een punt in de grafiek op. Door de afzonderlijke punten is de "kleinste-kwadraten"-lijn getrokken.

5.1.2.3 Discussie

Figuur 11 laat een redelijke overeenkomst zien tussen de resultaten uit Mandersloot (1988a) en de berekeningsresultaten.

Karakteristiek voor de rekenmethode is de puntenwolk die het resultaat van de berekeningen weergeeft; ieder verkregen resultaat is voor een deel het gevolg van de fysische omstandigheden (droogte), maar voor een ander deel ook van toeval door het beweidingsschema. Het bijeenbrengen van veel resultaten en het bepalen van een rechte of een kromme hierdoorheen zoals in figuur 11, filtert het toevalseffect van de uitkomsten grotendeels uit. Dit wordt ondersteund doordat de rechte in figuur 11 nagenoeg door de oorsprong loopt (immers berekening bij geen vochttekort levert geen extra opbrengst op). De spreiding van de punten lijkt overigens wel aan de hoge kant. De berekeningen in Mandersloot (1984, 1988a) vertonen geen puntenwolk, omdat de toevalscomponent in het beweidingsschema grotendeels in de berekeningen per situatie weggefilterd wordt door de toegepaste optimalisatie.

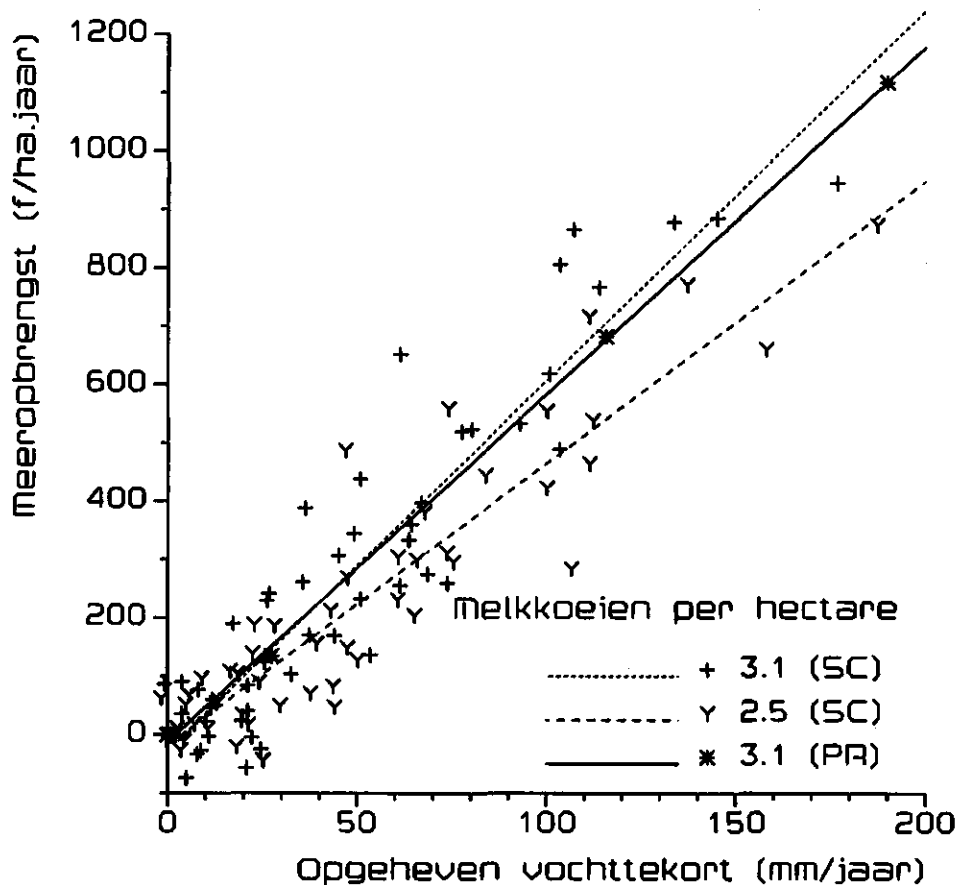


Fig. 11 Opgeheven vochttekort en toename van het ondernemersinkomen door berekening voor uiteenlopende situaties zonder kosten van berekening (vergelijking tussen resultaten uit Mandersloot (1988a) en het geïntegreerde model voor droogteschade).

De inkomenstoename bij een lagere veebezetting is lager dan bij de hoge bezetting, grotendeels doordat bij de lage veebezetting een te grote hoeveelheid kuilvoorraad geproduceerd wordt. Door berekening wordt deze voorraad nog groter. Het teveel aan kuilvoorraad wordt in het model verkocht tegen relatief lage prijzen, zodat het financiële effect kleiner is. Bij een hoge veebezetting wordt door berekening voor een deel voorkomen dat relatief duur ruwvoer van buiten het eigen bedrijf aangekocht moet worden, waardoor het financiële effect groot kan zijn. Daarnaast is bij een hoge veebezetting door berekening het beweidingsschema minder gevoelig voor calamiteiten. Er zullen dan minder doelmatigheidsverliezen optreden. Bij een lage veebezetting zijn er al voldoende "ontsnappingsmogelijkheden" in het beweidingsschema tijdens extreme situaties: meer grasaanbod betekent meer keuzevrijheid.

In Mandersloot (1984, 1988a), wordt de verhoging van de evapotranspiratie tussen beregend en onberegend als parameter gebruikt. In het geïntegreerde model zijn daartoe bodemverdamping, interceptieverdamping en transpiratie bij elkaar opgeteld. In werkelijkheid is de produktie primair afhankelijk van de transpiratie en de interceptieverdamping (die in het concept als "produktief" beschouwd wordt), en slechts secundair van de bodemverdamping die alleen effect op de groei heeft middels verhoging van de gewastemperatuur bij bodemverdampingstekorten. In aanhangsel 5 zijn daarom dezelfde figuren afgebeeld als in figuur 11, maar dan met resp. de transpiratie en de transpiratie + interceptie op de x-as. Uit de verschillen kan geconcludeerd worden dat bij het gebruik van dit soort curves, eerst bedacht moet worden met welke afhankelijke variabele gerekend wordt.

De kosten van beregenen zijn bij deze vergelijking niet betrokken. In principe kunnen deze wel met het model berekend worden, waarbij een actuele beregeningsefficiëntie bepaald wordt afhankelijk van de bodemkarakteristieken, waaruit per situatie de bruto beregeningsgift berekend kan worden. De verwachting is echter dat dit geen schokkende verschillen oplevert.

5.1.3 Conclusies

Uit de vergelijking met de HELP-tabel en de resultaten uit de beregeningsstudie Gelderland blijkt dat de rekenresultaten met het geïntegreerde model op jaarbasis goede overeenkomsten vertonen met eerdere ervaringen. Afwijkingen kunnen verklaard worden door afwijkende randvoorwaarden dan wel door het gebruik van een uitgebreider modelconcept. Daarenboven biedt het geïntegreerde model meer mogelijkheden dan de vergeleken concepten. In vergelijking met de HELP-tabel kunnen nu ook schadepercentages berekend worden voor verschillende perioden in het jaar, kan de schade nader gespecificeerd worden en is het mogelijk de berekende fysische schade bedrijfseconomisch te vertalen.

In vergelijking met de beregeningsstudie kunnen veel verschillende situaties gemakkelijk doorgerekend worden en kan de grasgroei direct in verband gebracht worden met fysieke omstandigheden zonder tussenstappen zoals met vooraf berekende standaard groei-curven. Bovendien is de rekentijd beperkt.

Vooruitlopend op par. 5.2 blijken uitkomsten uit het model nogal gevoelig te zijn voor bepaalde invoerparameters. De geconstateerde overeenkomsten moeten dan ook vooral niet al te absoluut geïnterpreteerd worden, maar meer gezien worden als indicaties.

5.2 Gevoeligheidsanalyse

Naast verificatie is gevoeligheidsanalyse voor de belangrijke parameters een middel om zicht te krijgen op de uiteindelijke werking van het model. Hierna worden enkele resultaten van gevoeligheidsanalyses beschreven voor fysieke (draagkrachtgrenzen), bedrijfsmatige (veebezetting) en economische (ruwvoerprijs, loonwerkkosten) invoerparameters. Alle uitgangssituaties gaan in principe uit van de situatie voor bodemsoort B3/O3, tenzij anders vermeld. Voor iedere Gt-situatie is altijd de reeks 1965-1966, 1971-1986 gebruikt; de uitkomsten zijn steeds gemiddeld.

5.2.1 Draagkrachtgrenzen

Tijdens alle runs is een draagkracht van 0,6 MPa aangehouden als grens waarop het veld niet meer betreedbaar is. Wordt de waarde bereikt, dan wordt eerst enige dagen doorgeweid. Blijft de draagkracht onverminderd laag, dan wordt het vee uitgeschaard. Voordat de waarde van 0,6 MPa bereikt wordt, zijn er vanaf een grens van 0,7 MPa (Beuving et al., 1989) extra vertrappings- en hergroeiverliezen. Hoewel de waarde van 0,6 MPa over het algemeen wordt geadviseerd (Van Wijk, Vellinga, pers. med.), is enige twijfel gerechtvaardigd; het traject met extra vertrappingsverliezen is vrij smal, nl. tussen 0,7 en 0,6 MPa, bovendien is binnen dit traject de vertrapping vrij beperkt, grote vertrappingsverliezen treden pas op na 0,6 MPa. Bij een grens van 0,6 MPa treden vrijwel geen vertrappingsverliezen op, aangezien de veestapel al op stal staat bij het bereiken van een schadelijke draagkracht. Daarom zijn runs uitgevoerd, waarbij de uitschaargrens verplaatst is van 0,6 naar 0,5 MPa. Het resultaat is gepresenteerd in fig. 12.

Uit de figuur blijkt dat de schades bij de grens van 0,5 MPa lager zijn dan bij 0,6 MPa. Weliswaar zijn bij het eerste geval de vertrappingsverliezen veel groter, aangezien het veld bij lagere draagkracht nog betreden wordt. Het veelvuldig in- en uitscharen in het tweede geval levert echter meer schade op in de vorm van melkproduktieverlies, voerkosten e.d.

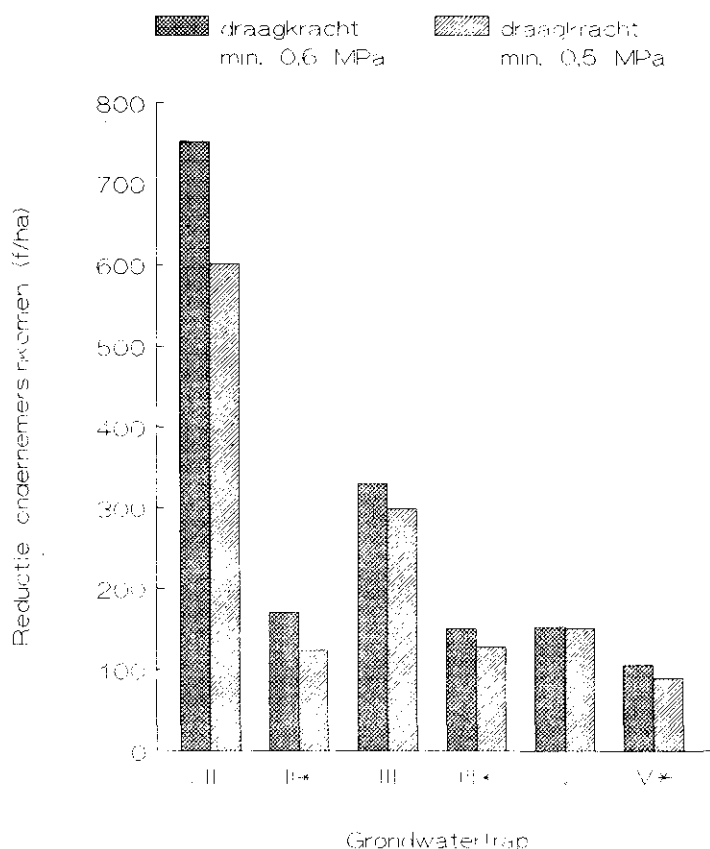


Fig. 12 Vergelijking tussen verliezen op jaarbasis bij een draagkrachtgrens van 0,6 en 0,5 MPa voor enkele gevoelige grondwatertrappen voor natheidsschade.

Overigens kan de balans bij andere grondsoorten naar de andere kant uitslaan als gevolg van andere draagkracht-drukhoogte-relaties. Alhoewel de berekening vraagtekens zet bij de gehanteerde grens van 0,6 MPa, is deze toch aangehouden. Door het hanteren van een grens van 0,6 MPa is de relatie voor de vertrappingsschade minder belangrijk, aangezien slechts binnen een klein traject vertrappingsschade optreedt (0,6-0,7 MPa). De meeste schade treedt op onafhankelijk van de relatie tussen vertrapping en schade (Beuving et al., 1989), omdat de veestapel uitgeschaard wordt bij een draagkracht waar nog weinig vertrappingsschade aangericht kan worden. Hiermee wordt enigszins tegemoet gekomen aan het bezwaar dat de genoemde relatie afgeleid is voor veengrond, en dus op (weliswaar humeuze) zandgrond met enige voorbehoud toegepast moet worden.

5.2.2 Veebezetting

De veebezetting (het aantal melkkoeien per ha) is een belangrijk uitgangspunt bij het berekenen van schadepercentages.

Aangezien de perceelsgrootte afgestemd is op de grootte van de veestapel en het beoogde aantal weidedagen per omweidingsperiode, wordt de veebezetting meestal bepaald door het aantal percelen dat de veestapel in principe tot de beschikking heeft. Voor een lage veebezetting zijn in principe veel meer percelen beschikbaar, dan voor beweiding nodig is. Het overschot wordt door maaien geoogst en ingekuild als wintervoer. Bij schades door wateroverlast of watertekort, is de veebezetting om twee redenen erg belangrijk. Op de eerste plaats bepaalt de veebezetting de hoeveelheid zelf gewonnen, en dus meestal goedkoop, ruwvoer. Door schades in de vorm van extra staldagen of extra bijvoeding kan bij lage veebezettingen meer geput worden uit eigen voorraad, er hoeft minder voer aangekocht te worden dan bij hoge veebezettingen. Een tweede invloed betreft het beweidingsschema; bij schade hebben meestal minder percelen een zodanig grasaanbod dat voor de gewenste omweidingsduur ingeschaard kan worden. Als een lage veebezetting geldt, zijn meer percelen geschikt dan bij een hoge veebezetting, er hoeft dus minder snel uitgeschaard of extra bijgevoerd worden. Daarnaast biedt een lage veebezetting meer mogelijkheden om een eenmaal verstoord beweidingsschema weer te stabiliseren.

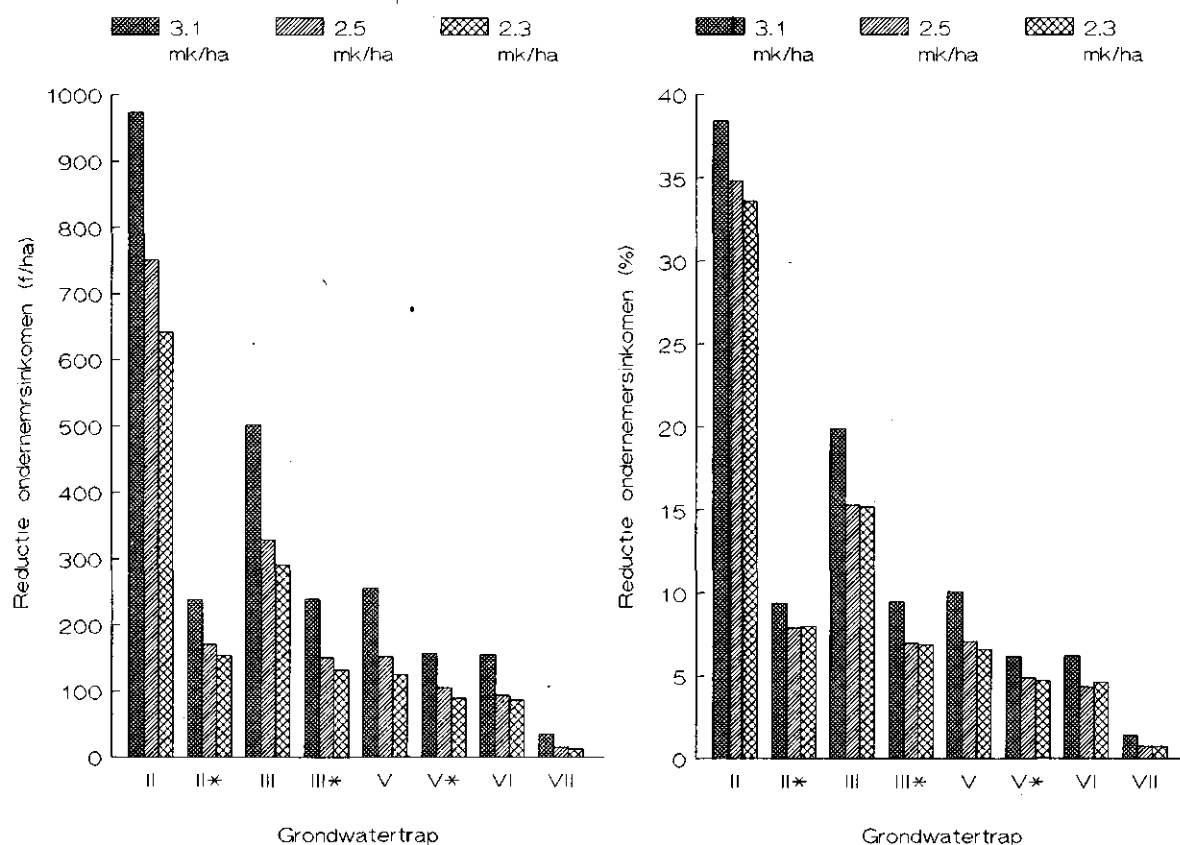


Fig. 13 Vergelijking tussen verliezen op jaarbasis bij verschillende grondwatertrappen en veebezettingen (resp. 3,1, 2,5 en 2,3 mk/ha).

a. verliezen in guldens per ha per jaar

b. verliezen in procenten van het jaarinkomen

In figuur 13 zijn de berekende gemiddelde schades over de jaarreeks van 18 jaar voor verschillende grondwatertrappen uitgezet voor verschillende veebezettingen. Deze veebezettingen zijn 3,1, 2,5 en 2,3 melkkoeien/ha, die gecreëerd zijn door resp. 9, 11 en 12 percelen van 1,8 ha op een bedrijf met 50 melkkoeien te simuleren.

Uit figuur 13a blijkt dat het verschil in schade tussen de hoogste en laagste veebezetting bij de meeste grondwatertrappen rond 40% is. Vergelijken we echter de relatieve inkomstderving (actuele derving/maximale inkomen), dan zijn de verschillen aanzienlijk minder in het oog springend, doordat bij een hoge veebezetting niet alleen de schade, maar ook het maximale inkomen per ha veel hoger ligt dan bij een lage veebezetting.

5.2.3 Economische invoer

5.2.3.1 Voerprijzen

De waterafhankelijke schade op graslandbedrijven wordt voor een groot deel bepaald door hogere kosten die gemaakt moeten worden om de veestapel bij te voeren; fysische produktiederving betekent meer opstallen en/of beweiden met extra bijvoeding en minder zelf gewonnen ruwvoer. Daarnaast treedt schade op aan de opbrengstkant: verminderde melkproduktie door een onregelmatig beweidings-schema en kwalitatief minder ruwvoer.

De hogere kosten die gemaakt moeten worden bij schade zullen naar verwachting sterk toenemen bij hogere ruw- en krachtvoerprijzen. De toename is afhankelijk van het aandeel dat de hoeveelheid extra aan te kopen voer heeft in de totale schade; als de schade in het geheel veroorzaakt wordt door extra voeraankopen, zal de schade navenant stijgen met de voerprijsverhoging.

Om de gevoeligheid van de schade voor de voerprijsverhoging zichtbaar te maken, is in figuur 14 de absolute schade vergeleken bij het voerprijsniveau van 1988 (CAD-RSP, 1988) en een niveau dat 25% hoger ligt, bij een hoge (3,1 mk/ha) en een lage veebezetting (2,3 mk/ha). De prijsverhogingen zijn doorgerekend voor de aankoop van ruw- en krachtvoer en voor de verkoop van zelf gewonnen ruwvoer.

Uit de figuur blijkt dat bij de lage veebezetting de absolute schade bij hogere voerprijzen relatief meer toeneemt dan bij de hogere veebezetting. De voornaamste oorzaak hiervan is, dat in de optimale situatie (waarmee de reële situatie vergeleken wordt) bij een lage veebezetting vaker ruwvoer verkocht kan worden dan bij een hoge veebezetting. Aangezien naast de aankoop ook de verkoopprijs stijgt, levert bij de lage veebezetting de prijsverhoging ook extra baten. Deze extra baten vallen bij de actuele situatie vaak weg door fysische gewasschade, waardoor geen voer

verkoct kan worden. Het verschil tussen optimale en actuele produktie wordt dan groter. Ondanks dit vertroebelend effect, beïnvloeden de voerprijsverhogingen de absolute schade nagenoeg navenant; veruit de meeste schade wordt veroorzaakt door extra voeraankopen. De consequentie voor de relatieve schade is zelfs nog ingrijpender, aangezien de schadepercentages gevormd worden door het quotiënt van de absolute schade en de optimale opbrengst. De teller wordt snel kleiner door de prijsverhoging, aangezien veel schade tot uitdrukking komt in extra voeraankopen, terwijl de noemer aanzienlijk minder heftig reageert, omdat bij de optimale produktie relatief weinig voer aangekocht hoeft te worden. In figuur 15 zijn voor de twee veebezettingen de relatieve schadepercentages vergeleken.

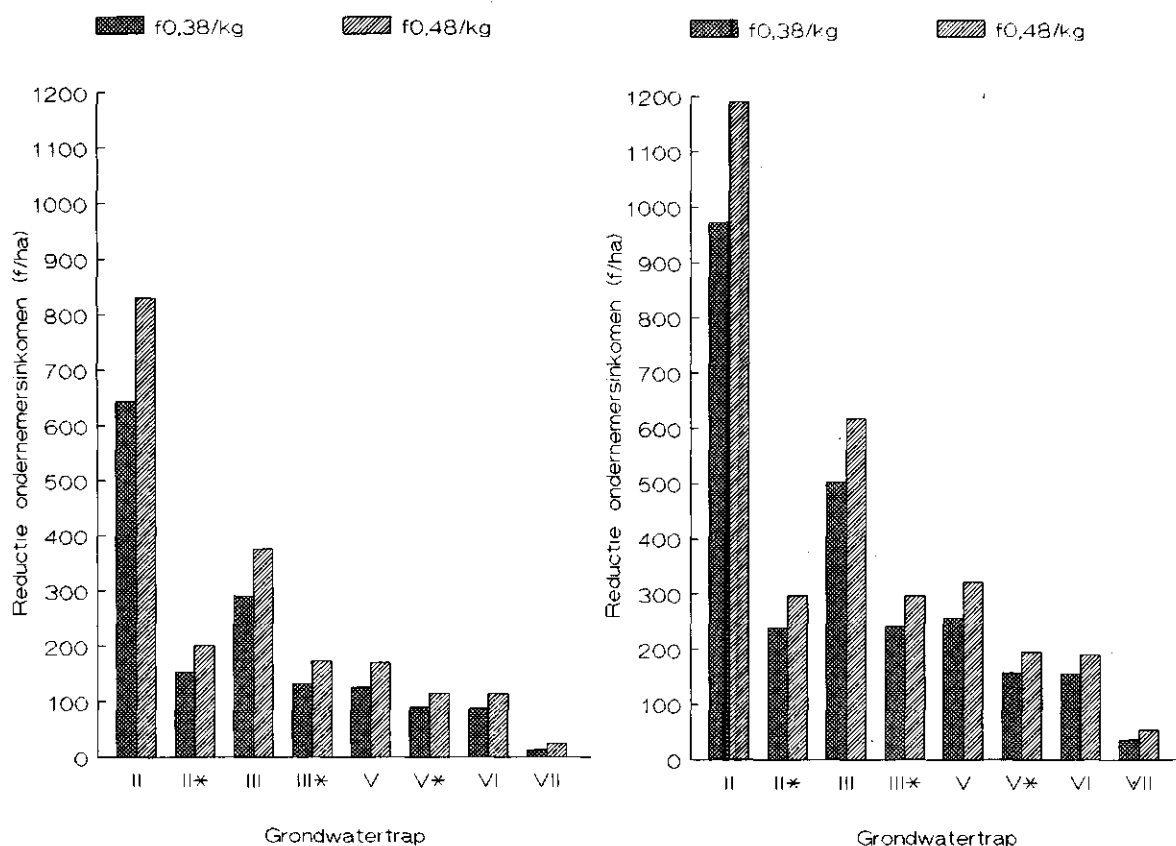


Fig. 14 Vergelijking tussen absolute verliezen op jaarbasis bij verschillende prijsniveaus; niveau 1988 (f 0,38/kg) en niveau 1988 (f 0,48/kg) verhoogd met 25%.

a. veebezetting 2,3 mk/ha

b. veebezetting 3,1 mk/ha

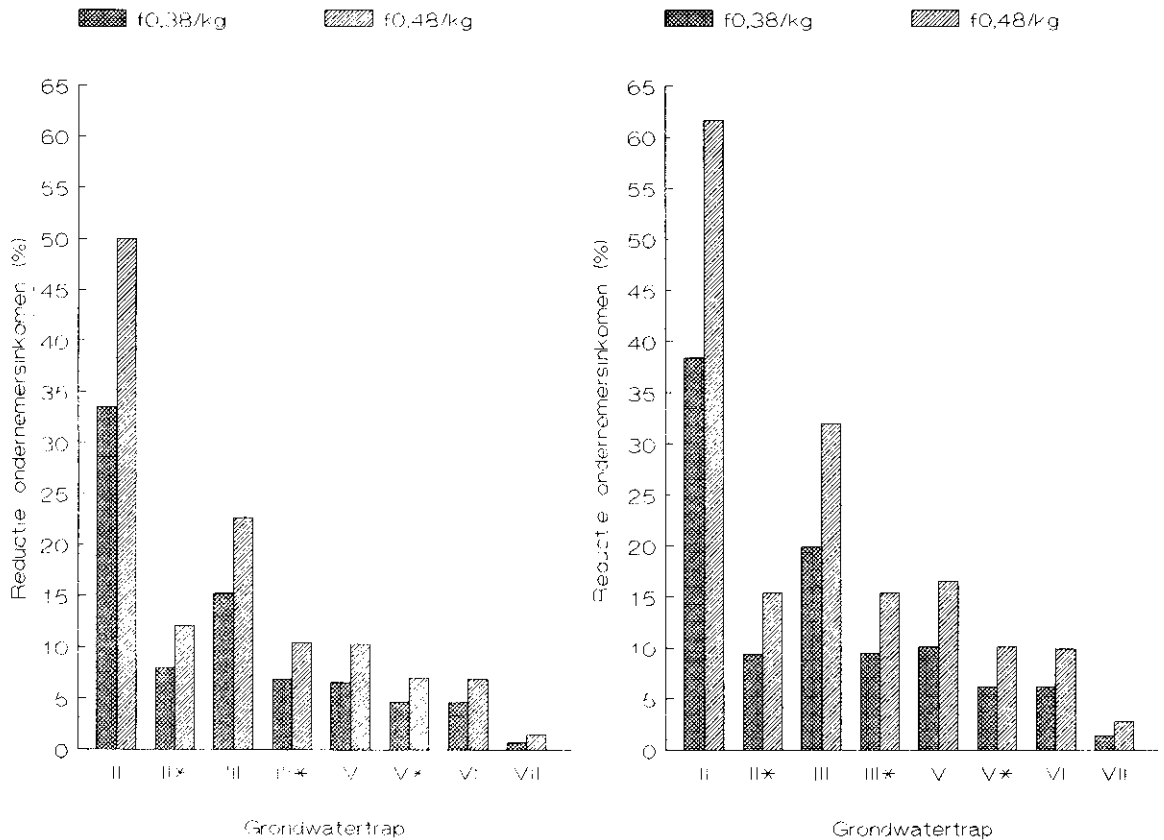


Fig. 15 Vergelijking tussen relatieve verliezen op jaarbasis bij verschillende prijsniveaus; niveau 1988 (f 0,38/kg) en niveau 1988 verhoogd met 25% (f 0,48/kg).
a. veebezetting 2,3 mk/ha
b. veebezetting 3,1 mk/ha

5.2.3.2 Loonwerkkosten

Voor de winning en/of opslag van ruwvoer zijn in het algemeen twee mogelijkheden, ofwel met loonwerk (vooral de inkuilwerkzaamheden) ofwel zonder inschakeling van loonwerk. In het eerste geval zijn de kosten voor de winning van eigen ruwvoer voor een groot deel variabel, in het tweede geval zijn de kosten bijna volledig vast door de extra aan te schaffen mechanisatie. Als alles in loonwerk plaatsvindt, wordt de extra opbrengst van de ruwvoerwinning continu gedrukt door loonwerkkosten; de schades kunnen dan ook minder hoog oplopen. Vindt ook een deel in eigen beheer plaats, dan neemt de opbrengst meer toe naarmate het maaipercantage hoger is. Om het effect op de berekende schadebedragen zichtbaar te maken, is de reeks van 18 jaar voor verschillende grondwatertrappen doorgerekend, waarbij in het ene geval alle inkuilwerkzaamheden in loonwerk plaatsvinden en in het andere geval slechts voor het winnen van de eerste snede.

Voor de vergelijking zijn geen extra mechanisatiekosten in rekening gebracht. Figuur 16 geeft een samenvatting van de resultaten.

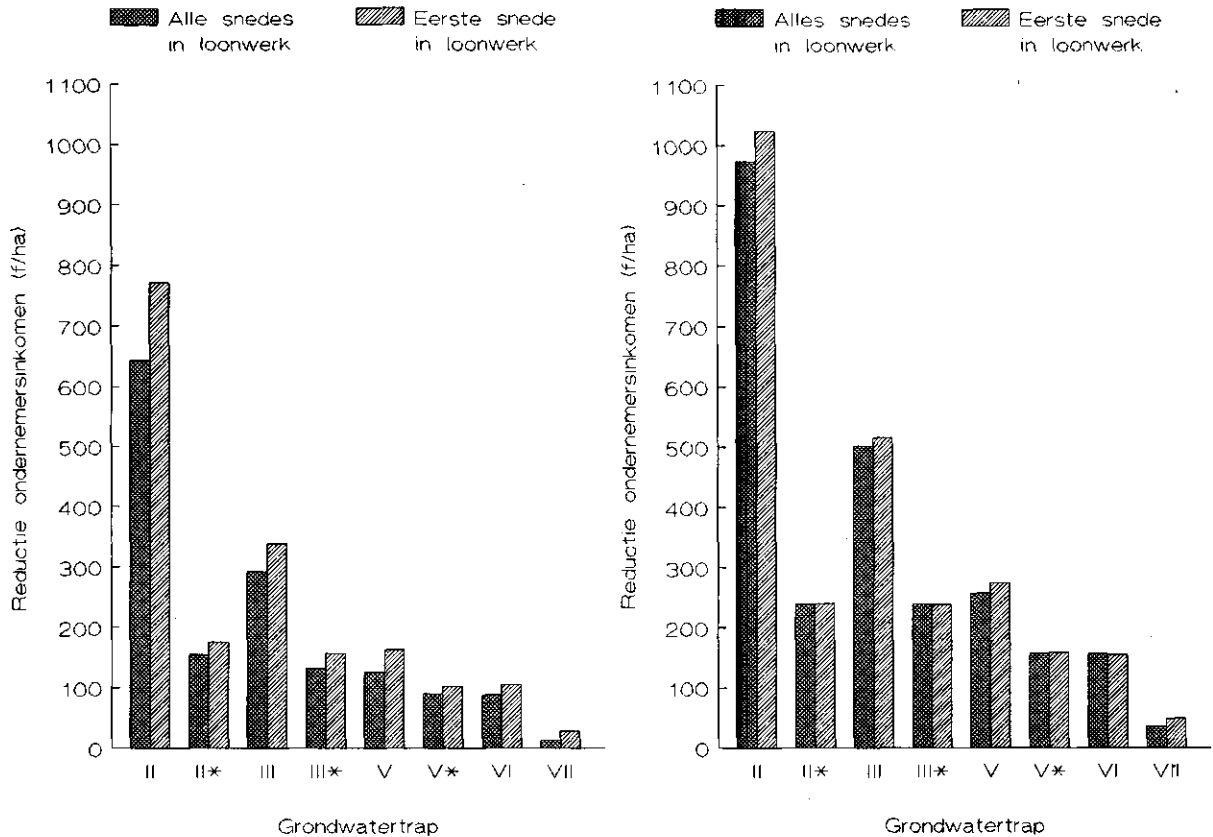


Fig. 16 Vergelijking tussen de schades bij het geheel of slechts gedeeltelijk (alleen eerste snede) uitvoeren van inkuilwerkzaamheden door de loonwerker.

a. veebezetting = 2,3 mk/ha

b. veebezetting = 3,1 mk/ha

Uit figuur 16 blijkt dat vooral bij lagere veebezettingen relatief grote verschillen optreden voornamelijk door de hoge maaipercen-
 tages bij deze variant, waardoor veel loonwerk gebruikt wordt ook
 buiten de eerste snede. De extra opbrengst onder optimale omstan-
 digheden wordt dan gedrukt door de extra loonwerkkosten, waardoor
 de te veroorzaken schade ook minder wordt onder reële omstandig-
 heden. Met name bij de natte situaties (Gt II) is het verschil
 groot, onder meer doordat dan hoge maaipercen-
 tages binnen de eerste snede optreden (door gedwongen te laat inscharen in het
 voorjaar), waarvoor ook in de tweede variant loonwerk aangewend
 wordt. Onder optimale omstandigheden zou een deel van de maai-
 opbrengst buiten de eerste snede gehaald worden, met als gevolg
 geen extra loonwerkkosten.

5.2.4 Conclusies

Uit de uitgevoerde berekeningen is duidelijk dat de grootheid "bedrijfseconomische schade" een ruim begrip is. Vooral de voerprijs en de bedrijfsstructuur hebben ingrijpende gevolgen voor de berekende schades. De vergelijking met de HELP-tabel is achteraf een hachelijke zaak geweest, aangezien bedrijfsfactoren niet alleen de economische opbrengst beïnvloeden maar ook de fysische droge-stofopbrengst (waarop de HELP-tabel betrekking heeft). Uitvoeren van de vergelijking van de HELP-tabel met de berekeningen (par. 5.1.1.2) onder een andere veebezetting, zou andere resultaten tot gevolg hebben.

De berekeningen ondersteunen de gedachte dat schades het beste gegeven kunnen worden in schadepercentages op fysische balansposten, zoals gewonnen ruwvoer, aan te kopen ruwvoer, melkproductie, enz. Met deze fysische schades kan vervolgens separaat onder de geldende prijsniveaus, de economische schade berekend worden. Hiermee wordt in ieder geval de invloed van de voerprijzen geëlimineerd, die de bron van de grootste variaties is.

6 CONSTRUCTIE VAN SCHADEFUNCTIES

Het uiteindelijke doel van deze studie is om met het gebouwde model schadefuncties te ontwerpen, waarmee het operationele waterbeheer geoptimaliseerd kan worden.

In het navolgende zal nader ingegaan worden op het doel van de methode voor berekening en het uiteindelijke gebruik van de schadefuncties voor de provincie Gelderland.

6.1 Doel

Het doel dat de provincie Gelderland zich stelt voor de te ontwerpen schadefuncties, is afwijkend van het doel van andere studies over landbouwschade. Zo is de eerder behandelde HELP-tabel bedoeld om vooral in landinrichtingsprojecten structurele ingrepen in het watersysteem naar opbrengst te kwantificeren. De berekeningen in de beregeningsstudie Gelderland waren bedoeld om beslissingen te ondersteunen aangaande structurele ingrepen voor wateraanvoer in de zomer voor beregening. In dit geval is het niet de eerste opzet om langjarige effecten te voorstellen als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding, maar om operationele waterbeheerstechnische beslissingen te voorzien van kwantitatieve ondersteuning aan de opbrengstkant. De ingrepen kunnen zijn; het inlaten van gebiedsvreemd water, het hoger of lager instellen van stuwpeilen enz., met andere woorden ingrepen die voor de korte termijn gelden en die direct uitgevoerd kunnen worden.

De procedure verloopt als in figuur 17.

Allereerst krijgt de waterbeherende instantie (WI) gegevens uit het veld over de momentane toestand van de waterhuishouding in verschillende (bodem, drainage enz.) omstandigheden. Deze gegevens gecombineerd met een verwachtingspatroon voor de toekomst over meteorologische omstandigheden, waterbehoefte etc., kunnen de WI aanzetten tot maatregelen. Deze veelal op ervaring berustende, voorgestelde maatregelen dienen als invoer voor een model, waarin het betreffende deel van de Geldersche waterhuishouding gesimuleerd wordt met de momentane waterhuishouding als initiële toestand. Dit model (in het vervolg kortweg aangeduid als het LU-model naar de instantie die het model zal bouwen) levert een verwacht oppervlakte- en grondwaterpeil op onder de gegeven begincondities, de voorgestelde maatregelen en een meteorologische verwachting. Het verwachte grondwaterpeilverloop wordt vervolgens gekoppeld aan een schadepercentage om het financiële gevolg van de maatregel te beoordelen. Is het financiële gevolg naar wens dan eindigt de procedure, zo niet, dan wordt de procedure herhaald, totdat het gewenste resultaat bereikt is.

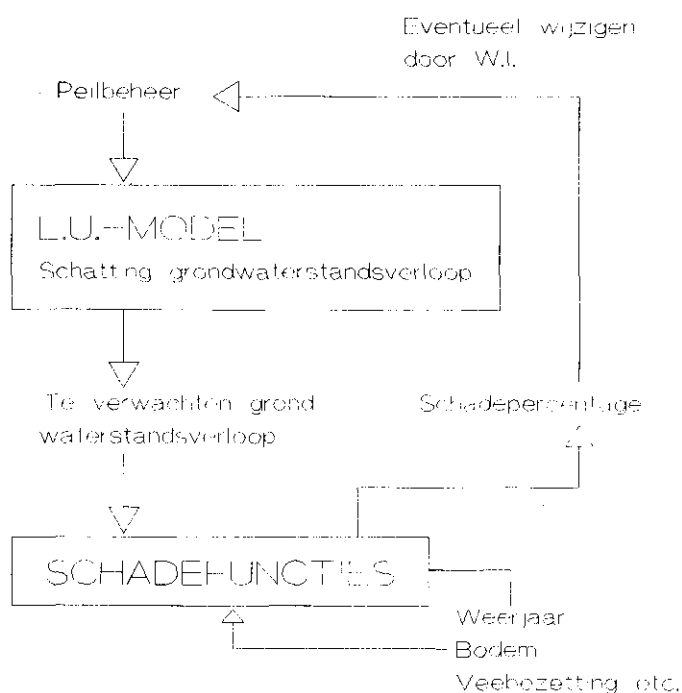


Fig. 17 Procedure voor het optimaliseren van het peilbeheer naar de visie van de provincie Gelderland.

Het koppelen van schade aan grondwaterpeilverloop zou bij voorkeur simultaan moeten plaatsvinden met de exacte verwachting van het grondwaterpeil als onderrandvoorwaarde. Vanwege de forse rekentijd met het berekenen van schade via computersimulaties (zie hoofdstuk 2) en vanwege eenvoud en overzichtelijkheid waar naar gestreefd moet worden, is gekozen voor een benadering via schadefuncties en standaard grondwaterstandsverlopen. In deze opzet vergelijkt de WI het verwachte grondwaterpeilverloop met een gestandaardiseerd verloop, waarvan een schadepercentage bekend is. Hierbij is het noodzakelijk dat de schadepercentages gespecificeerd zijn vanaf elke willekeurige datum tot aan iedere willekeurige datum voor verschillende bodemfysische/waterhuishoudkundige situaties. De schadefuncties bestaan dan ook uit een set grondwaterstandsverlopen met daaraan gekoppeld een bepaald gefaseerd schadepercentage.

6.2 Aandachtspunten

Voor het construeren van schadefuncties met het hierboven geschetste doel moeten keuzen gemaakt worden voor de gewenste indeling in tijdsintervallen, grondwaterstandsverlopen, bodemeenheden, bedrijfstypen enz. Deze keuzen betekenen feitelijk concessies aan de rekennauwkeurigheid; schadepercentages over een maand kunnen nauwkeuriger worden geschat als er percentages

gegeven zijn per maand i.p.v. per drie maanden. In het navolgende zullen aspecten behandeld worden, waarbij de genoemde keuzes van belang zijn.

6.2.1 Berekeningsintervallen

Het grootste probleem bij het vaststellen van schadefuncties over slechts een gedeelte van het jaar doet zich voor bij de keuze van de intervallen waarover schades gedefinieerd zijn.

In de meest optimale situatie heeft de WI de beschikking over schadefuncties die de schade weergeven vanaf de exacte datum waarop een beslissing genomen moet worden. Dit zou in principe 365 startpunten opleveren, hetgeen niet te realiseren is. Daarom moeten startpunten geselecteerd worden op karakteristieke momenten in het jaar. Logische criteria hiervoor zijn de jaarlijkse beweidings- en hydrologische cyclus. Dit betekent dat het zwaartepunt moet liggen in de maanden mei t/m september, aangezien in deze perioden op grote schaal beweiding plaatsvindt en dus de meeste schade geleden zal worden. Verder zijn bepaalde schades karakteristiek voor een periode; het ligt dan ook voor de hand om aan het begin of eind van die perioden startpunten te kiezen, zoals het begin of eind van de overgangsperiode van de stal naar de weide, waarin vooral schade optreedt door te laat inscharen door een vertraagde groei of onvoldoende draagkracht in het voorjaar als gevolg van hoge grondwaterstanden. Een andere kritieke periode is het najaar (september/oktober), waarin de overgang van de weide naar de stal vervroegd kan plaatsvinden door het weer stijgen van het grondwaterpeil.

De lengte van de periode waarvoor de schadepercentages gedefinieerd moeten worden of het eindpunt is afhankelijk van de periode waarvoor van een bepaalde ingreep effect verwacht wordt. In sommige gevallen is deze periode betrekkelijk kort (enkele weken), zoals voor het aanvoeren van gebiedsvreemd water voor beregening. In andere gevallen is deze periode veel langer (enkele maanden) zoals bij de ontwatering in het voorjaar. Daarnaast zal een waterbeheerstechnische maatregel ook nog effect sorteren (schade of winst), nadat een volgende peilmaatregel al genomen is, hetzij in de sfeer van de bedrijfsvoering (bijv. extra maaiwerkzaamheden na een periode van hoog water en dus slechte draagkracht), hetzij in de sfeer van het hydrologische systeem (bijv. het langzaam afnemen van geborgen water in de grond door een extra ontwaterende maatregel). Aangezien de lengte van de gewenste periode zeer afhankelijk is van de aard van de peilmaatregel, is het raadzaam om perioden in acht te nemen met een variabele lengte. Hier is het zinvol om vanaf een bepaald startpunt, de schade over de rest van het jaar in beschouwing te nemen, zgn. voorschrijdende schadefuncties, opdat de lengte van de schadeperiode indien noodzakelijk, gemakkelijk aangepast kan worden. De procedure is in fig. 18 schematisch weergegeven.

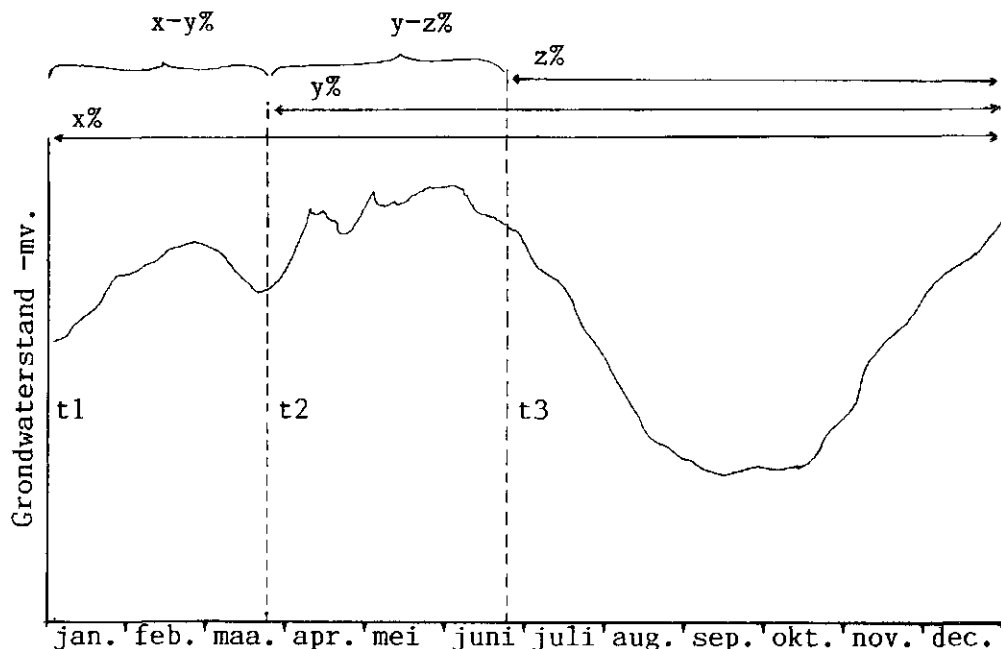


Fig. 18 Schema van de voorgestelde procedure om voortschrijdende schadefuncties te hanteren.

In de figuur is de schade over de gehele periode $x\%$, de schade vanaf tijdstip 1 tot aan het eind van het jaar is $y\%$ en vanaf tijdstip 2 $z\%$. De schade over de periode vanaf tijdstip 1 t/m tijdstip 2 is dan $(y-z)\%$, de schade vanaf tijdstip 0 t/m tijdstip 1 wordt $(x-y)\%$ enz.

6.2.2 Meteorologische reeksen

Bij de constructie en het gebruik van de schadefuncties zijn meteorologische condities van groot belang, vooral de neerslag en verdamping.

Bij het optimaliseren van het peilbeheer zullen doorgaans effecten afgewogen worden bij een normale te verwachten meteorologische situatie, omdat deze het meeste voorkomt, en aldus de meest waarschijnlijke schade oplevert. Daarnaast is het vaak van belang te weten welke schades ontstaan bij extreme meteorologische omstandigheden (extreme droogte of extreme natheid), aangezien naast het optimaliseren van de opbrengst ook het beperken van de risico's tot de taken van het waterbeheer gerekend mogen worden. Het voorspellen van toekomstige oppervlakte- en grondwaterpeilen met het LU-model zal dan ook vaak plaatsvinden met verschillende weerscondities als randvoorwaarde, resulterend in verschillende peilen bij gelijk peilbeheer. Deze verschillende voorspelde peilen leveren een range op, waartussen de schade kan variëren.

Bij de uiteindelijke optimalisatie zal de schade onder gemiddelde omstandigheden het zwaarst wegen. Met deze waarde wordt meestal de feitelijke numerieke optimalisatie uitgevoerd, waarbij de extremen als randvoorwaarde gelden. Er wordt dus gestreefd naar een optimum opbrengst voor de gemiddelde situatie, waarbij bepaalde waarden bij extreme omstandigheden niet overschreden mogen worden.

Het berekenen van schadefuncties voor een gemiddelde meteorologische situatie vindt het nauwkeurigste plaats door de schade gedurende een representatieve reeks van jaren door te rekenen, en de schades te middelen. Dit schadepercentage kan ook bepaald worden met de berekening van de schade over een representatief jaar. Dit heeft echter als grote bezwaar dat een representatief jaar geselecteerd moet worden, wat (zeker voor natheidsschade) bijzonder arbitrair, zo niet onmogelijk is. Verder heeft het doorrekenen van een representatief jaar het bezwaar, dat de toevalscomponent in de uitkomsten door verschillen in beweidingsschema's (zie hoofdstuk 3) niet automatisch weggefilterd worden. Het bepalen van de schadefuncties onder extreme meteorologische omstandigheden kan op eenzelfde manier plaatsvinden; er moeten dan extreem droge en extreem natte representatieve jaarreeksen geselecteerd worden. Aangezien deze schadepercentages doorgaans slechts gebruikt worden als randvoorwaarde van de optimalisatie en omdat de toevalscomponent in de uitkomsten relatief klein is in vergelijking met de verschillen door fysische oorzaken, kan volstaan worden met een enkele berekening voor de extremen.

6.2.3 Grondwaterstandsverlopen

Het verband tussen peilbeheer en schadepercentage wordt gelegd door de grondwaterstand. Deze grondwaterstand is de resultante van drainagekarakteristieken, peilbeheer en meteorologische omstandigheden. Door de grote invloed van de weersomstandigheden op het grondwaterstandsverloop zullen onder verschillende weersomstandigheden volkomen andere grondwaterstandsverlopen optreden. De referentie-peilverlopen waarop een voorspeld verloop gefit moet worden om het schadepercentage vast te stellen, moeten onder verschillende meteorologische omstandigheden gegeven worden. In figuur 19 zijn grondwaterpeilverlopen geconstrueerd in twee verschillende weerjaren onder overigens gelijke drainagekarakteristieken.

Uit figuur 19 blijkt dat niet alleen het absolute niveau van de grondwaterstandsverlopen verschilt tussen de twee jaren, maar ook de vorm van het verloop gedurende het jaar.

In deze opzet is gekozen voor een karakterisering van het drainagestelsel in de vorm van grondwaterstands-afvoer-relaties die als onderrandvoorwaarde gebruikt worden in het model SWATRE. Hierbij is zoveel mogelijk gestreefd naar drainagekarakteris-

tieken die gedurende een lange reeks van jaren globaal peilverlopen opleveren die overeenkomen met de bekende grondwatertrappen-classificatie, getypeerd door een gemiddelde hoogste (GHG) en gemiddelde laagste (GLG) grondwaterstand. Hierdoor zijn verschillende situaties eenvoudig te herkennen en bovendien te vergelijken met andere berekeningen. Noodzakelijk is het indelen in bekende grondwatertrappen echter niet.

Om te komen tot een gemiddeld schadepercentage bij peilbeheer, moet de WI de voorspelde grondwaterpeilverlopen uit het LU-model onder verschillende weersomstandigheden vergelijken met de gegenereerde referentiecurves voor de betreffende weerjaren.

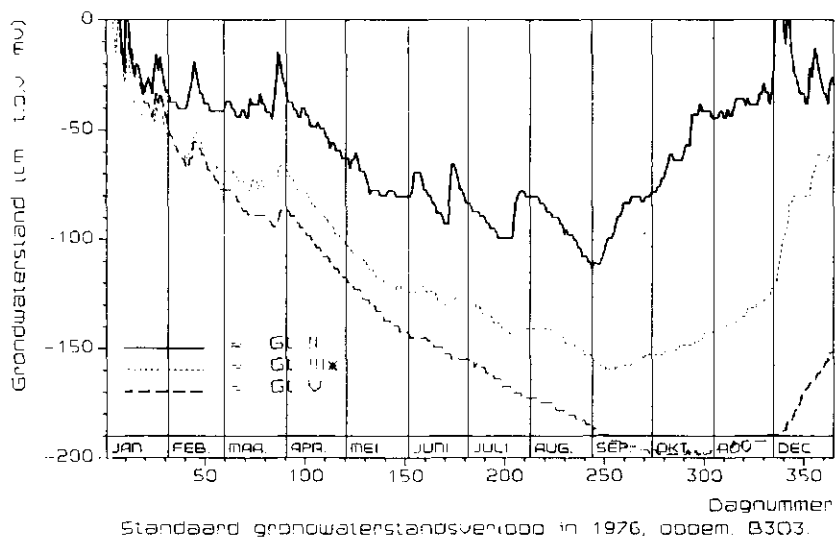
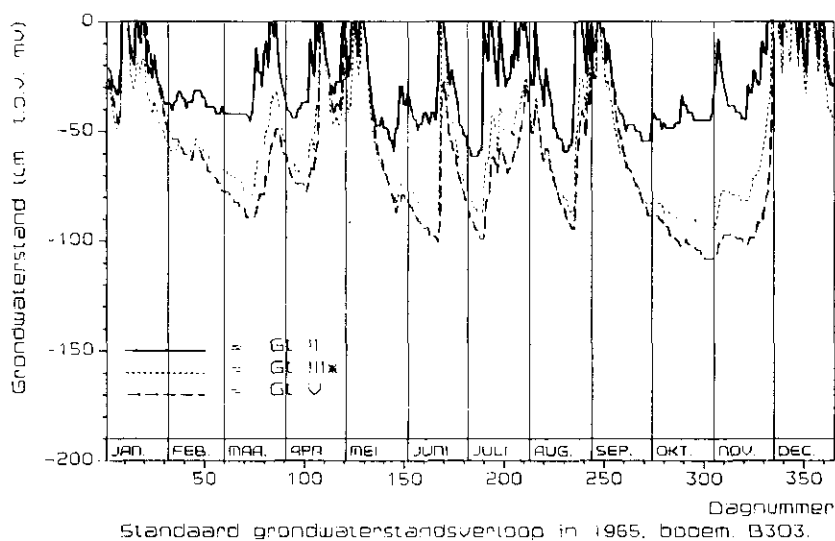


Fig. 19 Gesimuleerd grondwaterstandsverloop tijdens twee jaren (1965 en 1976) voor verschillende drainagekarakteristieken, zoals gesimuleerd door SWATRE.

De set referentiecurves die het beste overeenkomt met de voorspelde curves uit het LU-model, geeft dan het beste de drainagekarakteristiek weer die door het voorgenomen peilbeheer opgelegd wordt. Het langjarig gemiddelde schadepercentage dat aan de karakteristiek gekoppeld is, geldt dan globaal voor de betreffende situatie. Het bepalen van de extremen (die als randvoorwaarden bij de beslissing gehanteerd worden) kan plaatsvinden door de voorspelde grondwaterstanden in deze extreme situaties te vergelijken met de afzonderlijke standaardcurves voor die extreme situaties. De schadepercentages gekoppeld aan deze grondwaterstandsverlopen (slechts bepaald met één run met daardoor een relatief grote toevalscomponent) gelden dan als indicaties voor de extremen. Deze procedure zal in hoofdstuk 7 voor een concrete situatie uitvoerig toegelicht worden.

6.2.4 Bodemeenheid

De bodemeenheid is bij het bepalen van schadefuncties op twee manieren van belang. Allereerst bepaalt de bodemeenheid de relatie tussen de drukhoogte van het bodemvocht en de draagkracht. Vooral de percentages organische stof en leemgehalte zijn daarvoor van belang. Daarnaast bepaalt de bodemeenheid de reactie van het bodemvocht en de grondwaterstand op de onttrekking van water door de plantenwortels, d.m.v. capillaire opstijging, berging, enz.

De draagkracht/drukhoogterelatie gekoppeld aan bodemeenheden bepaalt voornamelijk de natheidsschade samen met de pF-curve die de drukhoogte levert bij een bepaald vochtgehalte. Vanaf een bepaalde draagkracht treden vertrappingsverliezen op. Als de draagkracht nog verder afneemt kan vanaf een bepaald moment het veld niet meer betreden worden, wat vaak gepaard gaat met lagere melkgiften door het uitscharen, meer voeraankopen enz. Met name tussen zand en veen/klei bestaan grote verschillen tussen de relaties. Bij zand moet doorgaans uitgeschaard worden bij drukhoogten van -20 cm (Staringreeks B1) tot -40 cm (Staringreeks B3), bij klei en veen kan dit reeds bij een drukhoogte van -70 tot -80 cm optreden (Van Wijk en Beuving, pers. med.).

De draagkracht/drukhoogterelatie beïnvloedt echter niet de bodemvocht-/grondwatersituatie.

De pF- en K-h-relaties gekoppeld aan de bodemeenheid bepalen voor een groot deel de droogteschade. De drukhoogten (volgend uit de pF-curve) in de wortelzone bij een bepaalde vochtvoorraad, beïnvloeden direct de mate van onttrekking van water door het gewas via de verdamping en daardoor indirect de gewasproductie. Daarnaast bepalen de genoemde relaties de stijghoogtekarakteristiek van de bodem, nl. hoeveel vocht vanuit het grondwater capillair kan opstijgen door het instellen van een specifiek drukhoogteprofiel. Hierdoor beïnvloedt de bodemeenheid niet alleen de schades bij een bepaald grondwaterpeil, maar ook het grondwaterpeil bij een bepaald peilbeheer. Dit geldt vooral voor de zomersituatie waarin potentieel veel water capillair opstijgt.

De schadepercentages per bodemeenheid variëren, maar ook iedere bodemeenheid heeft andere (voornamelijk zomer-)grondwaterstandsverlopen. Concreet verloopt een Gt II-verloop anders op zand dan bijv. op klei.

6.2.5 Uitgangssituaties

Bij voortschrijdende schadefuncties, is de vraag: "Hoe groot is de schade die veroorzaakt wordt door een peilbeslissing op dit moment". Het is dan belangrijk wat de situatie op dit moment is, aangezien zowel het produktiesysteem als het hydrologisch systeem een "geheugen" kent dat niet in zijn geheel door de momentane grondwaterstand (die de enige referentie is) vastgelegd is.

Bij het produktiesysteem wordt het geheugen gevormd door de actuele veldsituaties. Op 1 juni moet bijv. een peilbeslissing genomen worden in een situatie dat de voorliggende periode zo slecht ontwaterd was dat het veld niet toegankelijk was. De actuele situatie wordt dan gevormd door percelen die niet gemaaid of beweid konden worden door een slechte draagkracht. In een dergelijke situatie zal een gunstige peilingreep, waarbij wel voldoende draagkracht gecreëerd wordt, een ander financieel effect hebben dan in de situatie waarin een gunstige draagkrachttoestand geconsolideerd wordt. De extra schade of opbrengst die door dit geheugen ontstaat, moet feitelijk toegerekend worden aan en geëvalueerd worden tijdens de peilbeslissing die vooraf ging aan de situatie, omdat het ook een gevolg is van die peilbeslissing. Anderzijds kan een nieuwe peilbeheersbeslissing een deel van deze schade weer teniet doen als het geheugen expliciet wel bij de nieuwe beslissing wordt betrokken.

In feite zou de schade door een ongunstige veldsituatie, zowel bij de vorige in zijn totaliteit als bij de huidige beslissing voor een deel (dat door peilbeheer voorkomen kan worden), meegewogen moeten worden.

Voor het hydrologische systeem wordt het geheugen op de eerste plaats gevormd door de grondwaterstand als resultante van neerslag-, afvoer- en verdampingsprocessen in de bodem. Daarnaast is de vochtverdeling in de onverzadigde zone boven het grondwater een indicator van de voorliggende hydrologische situatie. In principe wordt de huidige grondwaterstand, en daarmee een deel van het verleden, bij de beslissing betrokken door de actuele geschatte grondwaterstandsverlopen op referentiecurven te fitten. De actuele bodemvochtsituatie wordt in principe niet meegewogen bij het fitten op standaardcurven. Niet alleen zal de droogteschade groter zijn met een start bij droge omstandigheden in vergelijking met een start bij natte omstandigheden (bij overigens gelijke grondwaterstand), ook de reactie van het grondwater-niveau zal in het begin verschillen. Bij een relatief droge start zal het grondwater-niveau een neiging tot dalen hebben, terwijl bij een natte start juist het omgekeerde verwacht mag worden.

De bodemvocht-beginsituatie is impliciet in de standaard grondwaterstandscurven verwerkt door de reactie van het peil bij de start van de periode. Bij het vergelijken van de standaardcurve met het reële verloop wordt dus impliciet een deel van de bodemvocht-beginsituatie meegefit. Voor een volkomen juiste procedure zijn verschillende schadepercentages en mogelijk ander referentiecurven noodzakelijk, uitgaande van verschillende vochtoestanden in de onverzadigde zone.

6.2.6 Bedrijfseconomische omstandigheden

Zoals uit de gevoeligheidsanalyse blijkt, is zowel de absolute als de relatieve bedrijfsschade bijzonder gevoelig voor de economische en bedrijfsmatige omstandigheden. In tegenstelling tot de meeste andere gevoelige parameters komt deze gevoeligheid niet tot uitdrukking in de referentiecurves, maar alleen in de schades die gekoppeld zijn aan de referentiecurves.

Zoals blijkt uit de gevoeligheidsanalyse in hoofdstuk 4, behoren tot de meest gevoelige parameters:

- de voerprijzen;
- de melkprijs;
- de veebezetting.

Bij het optimaliseren van het peilbeheer moet voor deze parameters steeds uitgegaan worden van de actuele prijzen (voer en melk) en het actuele bedrijfssysteem (vooral veebezetting), en niet van een ontwikkeling gericht op de toekomst zoals bij meer structurele afwegingen. De schadefuncties hebben nooit een definitieve waarde; ieder jaar zullen correcties voor o.a. het heersende prijspeil ingevoerd moeten worden en op wat langere termijn ook correcties voor het algemeen gehanteerde bedrijfssysteem.

6.3 Synthese

Factoren die de te gebruiken referentiecurves beïnvloeden of de schadepercentages of beide, zijn van belang bij het construeren van schadefuncties zoals de provincie Gelderland deze wil toepassen.

Een compleet instrumentarium wordt in fig. 20 gepresenteerd. Bij het bepalen van de consequenties van peilmaatregelen moeten allereerst de fysische randvoorwaarden (1) vastgesteld worden zoals bodemeenheid, begintoestand, enz. Hieruit volgen referentiegrondwaterstandsverlopen die afhankelijk zijn van enkele hydrologische variabelen (2). Alle referentieverlopen zijn gekoppeld aan fysische schadefuncties afhankelijk van het bedrijfssysteem (3). Deze schadefuncties zijn uitgedrukt in hoeveelheden benodigd voer, melkproduktie enz. Met de economische randvoorwaarden (4) worden de fysische schadefuncties getransformeerd naar economische schadefuncties, het uiteindelijke doel.

In hoofdstuk 7 zullen schadefuncties behandeld worden zoals tijdens het onderzoek zijn geconstrueerd. Deze beslaan overigens slechts een deel van de hierboven gepresenteerde stappen. De simplificaties zullen toegelicht worden.

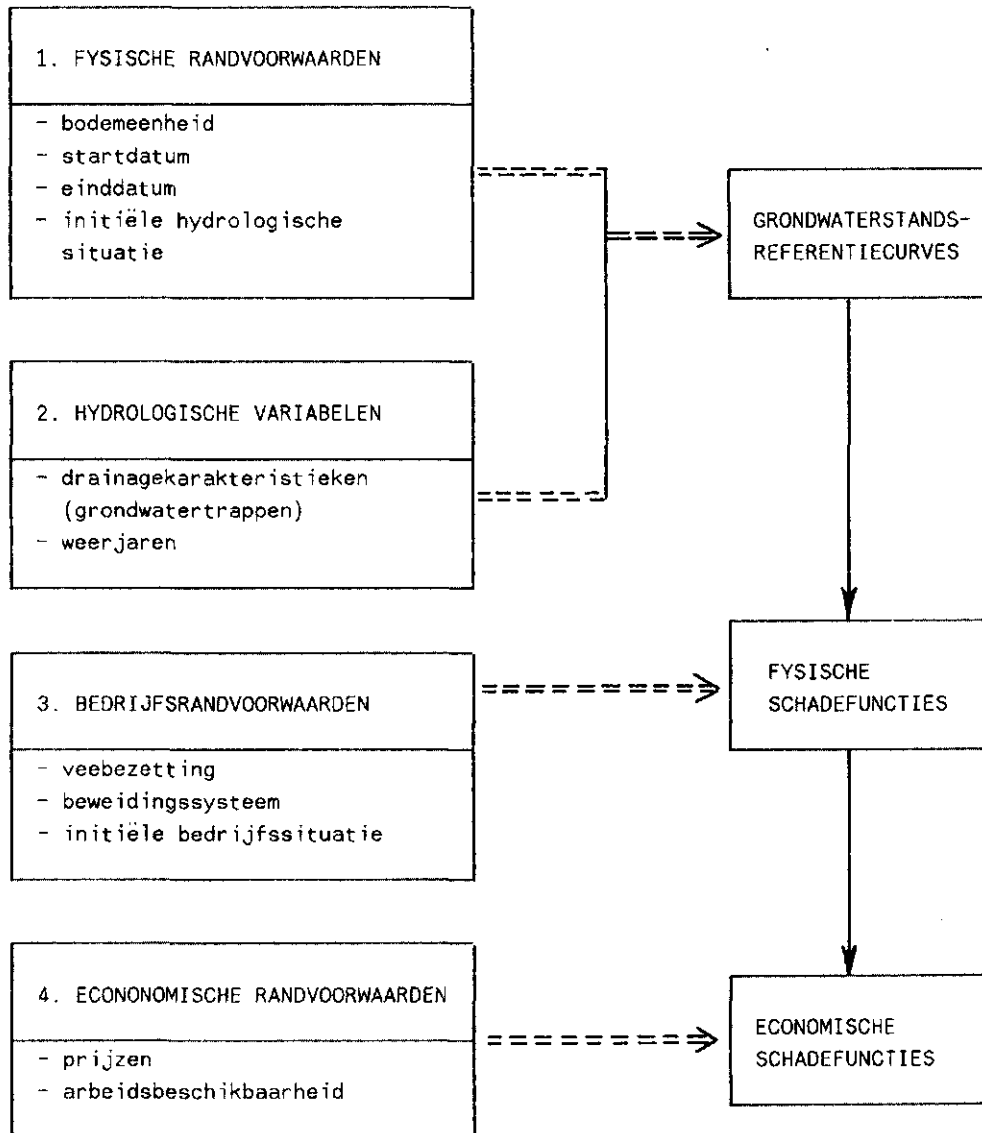


Fig. 20 Instrumentarium om schades met schadefuncties bij het operationele waterbeheer te bepalen.

7 SCHADEFUNCTIES*

Met de resultaten van berekeningen met het geïntegreerde model is getracht een instrumentarium te creëren, waarmee schades bepaald kunnen worden in het operationele waterbeheer, zoals in fig. 20 globaal staat aangegeven. Vanwege de beschikbare computertijd zijn concessies gedaan aan het aantal door te rekenen situaties. In par. 7.1.1.1 zullen de gemaakte keuzes gemotiveerd worden, waarbij teruggegrepen wordt naar de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse (hoofdstuk 5) en de afweging van het belang van parameters bij het peilbeheer (hoofdstuk 6). Hierna zullen de uiteindelijk verkregen grondwaterstandverlopen, fysische schadefuncties en de economische schadefuncties gepresenteerd worden. Tenslotte zal met een gefingeerd voorbeeld geïllustreerd worden hoe de verkregen resultaten gebruikt kunnen worden in een praktijksituatie.

7.1 Berekende situaties

7.1.1 Fysische randvoorwaarden

7.1.1.1 Bodemeenheden

Een belangrijk deel van de invoer van het model SWATRE bestaat uit bodemfysische karakteristieken, afhankelijk van de bodemeenheid. De bodemfysische karakteristieken die ingevoerd moeten worden, bestaan uit de relatie tussen bodemvochtgehalte en vochtspanning (waterretentie- of pF-curve), en tussen bodemvochtgehalte en onverzadigde doorlatendheid (doorlatendheid of K-h-relatie).

Wösten et al. (1986) geeft voor een groot aantal Nederlandse gronden deze karakteristieken in de vorm van bouwstenen, de zogenaamde Staringreeks. De bouwstenen zijn ingedeeld op basis van overeenkomsten in de textuur van bodemhorizonten. De karakteristieken zijn verkregen door middel van een groot aantal laboratorium- en veldmetingen.

De Staring-reeks onderscheidt twee typen bouwstenen: bovengronden met begincode B en ondergronden met begincode O. Door combinatie van bouwstenen kunnen verschillende bodemeenheden gegenereerd worden voor toepassing op regionale schaal. Om "representatieve" bodemeenheden voor de berekening van de schadefuncties te verkrijgen, is gebruik gemaakt van de Staringreeks. In overleg met de Provincie Gelderland is gekozen voor twee combinaties t.w. B3/03 en B1/01. Voor de bovenlaag (0-50 cm - mv.) worden de karakteristieken van bouwsteen B1 resp. B3 ingevoerd en voor de onderlaag (> 50 cm - mv.) de karakteristieken van bouwsteen 01 resp. 03.

*zie ook erratum blz. 179

De combinatie B3/03 komt in de praktijk overeen met een Hn23-profiel, een sterk lemig, zeer fijn tot matig fijnzandig profiel. De combinatie B1/01 komt in de praktijk overeen met een Hn21-profiel, een leemarm, zeer fijn tot matig fijnzandig profiel. Belangrijk bij deze keuze was, dat het merendeel van de gronden in de provincie Gelderland uit zand bestaat. De combinatie B3/03 is weinig droogtegevoelig, maar wel (voor zandgronden) vertrappingsgevoelig door de relatief hoge organische stof en leemfracties. De combinatie B1/01 is droogtegevoelig, maar nauwelijks vertrappingsgevoelig. In tabel 4 zijn enige belangrijke eigenschappen gegeven voor de vier gebruikte bouwstenen:

Tabel 4 Belangrijke textuurkarakteristieken van de vier Staringreeks bouwstenen met de uiterste waarden bij de middeling binnen de Staringreeks (Wösten et al., 1986).

Bouwsteen	Leem (%)	Org.stof (%)	Dichtheid (g/cm ³)	M50 (µm)
B1	4- 7	1- 4	1,4-1,6	140-170
B3	19-29	4-13	1,1-1,5	130-165
O1	1- 9	0- 2	1,4-1,8	150-180
O3	21-32	0- 2	1,4-1,8	130-170

In aanhangsel 7 zijn de pF- en K-h-relaties voor de modelberekeningen grafisch weergegeven.

Op grond van de textuur van de bovengrond van beide bodemeenheden zijn ook twee draagkrachtrelaties bepaald die het verband weergeven tussen de drukhoogte in de bovengrond en de draagkracht. Deze relaties zijn noodzakelijk om de beweidingsmogelijkheden en de vertrappingsverliezen te bepalen in het model GRAMAN.

De drukhoogte-draagkracht-relaties zijn afgeleid van gemeten waarden in het veld aan de randen van de sportgrasvelden die weinig verdicht zijn en in de praktijk overeenkomen met weidegras (Beuving en Van Wijk, pers. meded.). De gebruikte curven zijn ook weergegeven in aanhangsel 7. Bij de simulaties is ervan uitgegaan dat bij een draagkracht lager dan 0,6 MPa in principe geen beweiding meer plaats kan vinden; vertrappingsverliezen treden dan globaal alleen op tussen 0,7 en 0,6 MPa.

Voor beide bodemeenheden is uitgegaan van een effectieve bewortelingsdiepte van 30 cm. In de wortelzone vindt wateronttrekking in principe gelijkmatig over de totale diepte plaats.

7.1.1.2 Drainagekarakteristieken

In het model SWATRE moet een onderrandvoorwaarde opgegeven worden. Deze onderrandvoorwaarde vertegenwoordigt de ontwateringstoestand voor een bepaalde situatie. De onderrandvoorwaarde kan bestaan uit een opgegeven grondwaterstand of een opgegeven flux van de onverzadigde zone naar de verzadigde zone en omgekeerd. In het eerste geval wordt deze flux uitgerekend door het programma, in het tweede geval wordt de grondwaterstand door het programma berekend. In de meeste gevallen zijn noch de flux noch de grondwaterstand vooraf bekend, aangezien beide grootheden het resultaat zijn van de interactie tussen meteorologische en bodemfysische factoren. Voor de berekeningen is daarom een flexibele onderrandvoorwaarde gebruikt van het zogenaamde Cauchy-type, Q - h -relaties. Deze relaties geven op elk moment de flux van of naar de verzadigde zone afhankelijk van de dan heersende grondwaterstand. Door een dergelijke onderrandvoorwaarde te specificeren, berekent het model een natuurlijk grondwaterstandsverloop dat de resultante is van de interactie tussen neerslag en afvoer.

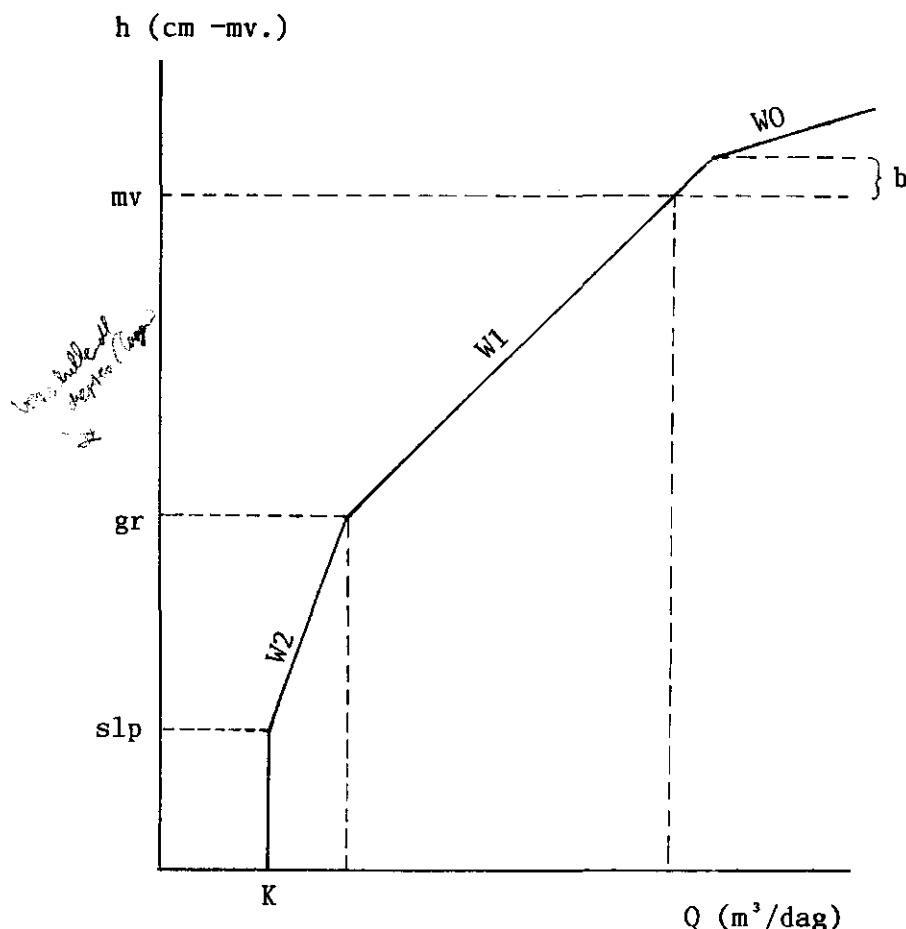


Fig. 21 Verband tussen grondwaterstand en onderrandflux via geknikte Q - h -relaties.

De Q-h-relaties zijn grotendeels afhankelijk van de drainage-karakteristieken. Deze karakteristieken worden bepaald door de slootdiepte, draindiepte, drainageweerstanden en kwel-/wegzijging vanuit de ondergrond. In het model zijn deze karakteristieken geschematiseerd door geknikte Q-h-relaties zoals in fig. 21.

Voor de flux van of naar de verzadigde zone q geldt dan:

$$\begin{array}{ll}
 q = K & h < \text{slp} \quad (9) \\
 q = K + (h - \text{slp}) * W_2 & \text{slp} < h < \text{gr} \\
 q = K + (h - \text{slp}) * W_2 + (h - \text{gr}) * W_1 & \text{gr} < h < \text{mv.} + b \\
 q = K + (h - \text{slp}) * W_2 + (h - \text{gr}) * W_1 + (h - \text{mv.} - b) * W_0 & h > \text{mv.} + b
 \end{array}$$

q = drainageflux (m/d)
 K = kwel/wegzijgingsflux (m/d)
 h = grondwaterstand (m)
 slp = slootpeil (m)
 gr = greppel/draindiepte (m)
 mv. = hoogte maaiveld (m)
 b = hoogte berging boven maaiveld (m)
 W_0 = "drainageweerstand" oppervlakkig afvoersysteem (1/d)
 W_1 = drainageweerstand greppel/drain (1/d)
 W_2 = drainageweerstand sloot (1/d)

Als de grondwaterstand lager is dan niveau slp wordt alleen een flux veroorzaakt door de regionale kwel-/wegzijgingssituatie in rekening gebracht. Stijgt de grondwaterstand boven slp, dan wordt ook een grondwaterstandsafhankelijke flux naar de sloot in rekening gebracht. Stijgt de grondwaterstand boven het drainniveau, dan wordt tevens een drainflux toegerekend. Bij grondwaterstanden boven maaiveld wordt eerst de oppervlakteberging (b) gevuld, daarna stroomt de rest vrijwel direct af (drainageweerstand W_0 is dan ook zeer klein t.o.v. W_1 en W_2). Terwille van de schematisatie zijn de relaties lineair verondersteld en wordt superpositie toegepast. Over het toepassen van dergelijke Q-h-relaties is enige discussie mogelijk. Het afvoerpatroon verloopt in werkelijkheid niet via de gepresenteerde scherpe knikken, maar zal gelijkmatiger verlopen. In analogie met Ernst en Feddes (1979) zouden ook e-functies geconstrueerd kunnen worden voor verschillende situaties, die een gelijkmatiger verloop hebben. De vraag blijft dan of het proces zich als e-functie gedraagt. Het voordeel van de geknikte Q-h-relaties is, dat deze inzichtelijk zijn in het gebruik en dat de gebruikte parameters een vaste fysische betekenis hebben. De relaties zijn eenvoudig aan te passen voor het in- en uitschakelen van het greppelsysteem, opvoeren van kwel/wegzijging, verdiepen van het slotenstelsel, enz.

Om schadefuncties te berekenen, is het van belang uiteindelijk een breed spectrum grondwaterstandsverlopen te genereren zoals redelijkerwijs verwacht kan worden in uiteenlopende situaties.

Het is daarbij niet zozeer de vraag of het gegenereerde verloop exact overeenkomt met een reëel verloop, maar meer of de gegenereerde verlopen binnen de juiste grenzen variëren, opdat een reëel of verwacht verloop hierbinnen geïnterpoleerd kan worden.

Als maat voor het spectrum van normale grondwaterstanden is de bestaande Grondwatertrappen-classificatie aangehouden (Werkgroep HELP-tabel, 1987). De grondwatertrap (Gt) wordt vastgesteld aan de hand van de gemiddelde hoogste (GHG) en gemiddelde laagste (GLG) optredende grondwaterstand. Volgens Werkgroep HELP-tabel (1987) wordt onder GHG en GLG verstaan:

"het rekenkundig gemiddelde van de hoogste drie respectievelijk de laagste drie grondwaterstanden per hydrologisch jaar over een reeks van tenminste 8 achtereenvolgende jaren. Hierbij wordt uitgegaan van metingen op of omstreeks de 14e en 28e van elke maand."

In analogie met Beekman (1988) zijn geknikte Q-h-relaties geconstrueerd die langjarig het beeld van bepaalde grondwatertrappen vertonen. De uiteindelijk gebruikte parameters uit fig. 21 zijn verkregen door het model SWATRE te runnen met steeds (min of meer willekeurig gekozen) wisselende drainageparameters, totdat het gewenste Gt-verloop verkregen werd. Als calibratiereeks werd het tijdvak 1971-1986 gebruikt. In tabel 5 worden de verkregen GHG en GLG-waarden gepresenteerd alsmede de variatie hierin binnen het tijdvak 1971-1986. In aanhangsel 8 worden de exacte parameters in de formules gegeven inclusief enkele waterbalansposten zoals bij de berekeningen met de verschillende parameters berekend zijn.

Tabel 5 GHG- en GLG-waarden en de extreme LG- en HG-waarden zoals berekend door SWATRE met verschillende drainage-karakteristieken over de jaren 1971-1986, en de overeenkomstige GHG- en GLG-waarden zoals gebruikt in de HELP-tabel.

A: BODEM B1/01								
Gt	Berekend met SWATRE						HELP-tabel	
	GLG	GHG	LGmin	LGmax	HGmin	HGmax	GLG	GHG
(cm - mv.)								
II	78	6	53	99	0	18	70	10
II*	82	27	64	101	0	42	75	25
III	106	14	73	143	0	32	105	15
III*	121	30	99	147	1	49	110	30
V	142	29	118	174	1	56	140	25
V*	149	36	125	182	1	57	150	35
VI	168	64	147	202	22	84	170	60
VII	195	111	177	220	81	127	200	100

B: BODEM B3/03								
Gt	Berekend met SWATRE						HELP-tabel	
	GLG	GHG	LGmin	LGmax	HGmin	HGmax	GLG	GHG
(cm - mv.)								
II	80	7	51	112	0	17	70	10
II*	86	32	65	110	14	46	75	25
III	103	17	71	136	0	36	105	15
III*	124	31	98	155	6	49	110	30
V	151	31	122	197	5	57	140	25
V*	164	43	132	215	9	67	150	35
VI	172	56	143	227	8	86	170	60
VII	196	102	173	232	45	127	200	100

In alle gevallen in het voorafgaande deel en in het vervolg heeft de Gt-klasse betrekking op de gebruikte Q-h-relaties en de daarbij behorende langjarige GHG en GLG, zoals in tabel 5 gegeven is.

7.1.1.3 Meteorologische jaren

De bovenrandvoorwaarde voor SWATRE wordt gevormd door meteorologische gegevens, die bepalen hoeveel water bovenaan in het

bodemprofiel infiltreert. Het gaat daarbij vooral om parameters die de verschillende verdampingstermen bepalen zoals de straling, windsnelheid, de temperatuur en de neerslag. Hierbij is de neerslag het belangrijkste door de grote variatie in tijd en plaats.

Bij het gebruik van schadefuncties zoals is toegelicht in hoofdstuk 6, is het van belang dat de schadepercentages gebaseerd zijn op een reeks meteorologische situaties die min of meer representatief zijn voor het neerslagoverschot (neerslag minus verdamping). Hierbij dient niet slechts de periode van het groeiseizoen beschouwd te worden (1 april tot 1 oktober), maar ook een periode voor het begin en na het eind van het groeiseizoen. Deze verlenging is noodzakelijk, omdat bij het graslandgebruik vooral de aanloop naar het groeiseizoen van belang is voor de toegankelijkheid aan het begin van het weideseizoen. Bovendien bepalen de meteorologische omstandigheden voor een deel het startpunt van de groei. Aan het eind van het seizoen bepalen o.a. de meteorologische condities het moment van definitief uitscharen van de veestapel. De weerjaren zijn geëvalueerd over de periode van 1 maart (1,5 tot 2 maanden voor de start van het weideseizoen) tot aan 1 november (einde van het weideseizoen). Een door het KNMI als representatief bestempelde reeks jaren 1951-1980 heeft als nadeel, dat deze reeks relatief lang is en dat de jaren tachtig bijna niet vertegenwoordigd zijn. Voor de berekeningen is daarom gebruik gemaakt de reeks 1971-1986 voor het KNMI-hoofdstation De Bilt, omdat deze reeds door de provincie Gelderland gebruikt wordt bij de berekeningen van droogsteschades. Het nadeel van de reeks is dat de natte jaren relatief ondervertegenwoordigd zijn, terwijl juist extreem natte omstandigheden grote schades bij het graslandgebruik kunnen veroorzaken. Teneinde deze ondervertegenwoordiging op te heffen, is de reeks 1971-1986 uitgebreid met de twee zeer natte jaren 1965 en 1966, die resp. een neerslagoverschot van 272 en 233 mm hebben tegenover normaal van ongeveer 0 mm beschouwd in de periode van 1 maart t/m 1 november. In figuur 22 is een frequentiediagram weergegeven van het neerslagoverschot over de jaren 1911-1986, tevens is aangegeven hoe de verdeling is in de jaren 1971-1986 aangevuld met 1965 en 1966 (in dat geval staat 1 jaar voor 5,5% van de populatie!).

Uit de figuur blijkt dat de aanvulling met de jaren 1965-1966 (categorie 200-300 mm) een beter beeld oplevert dan zonder. Welbeschouwd kan een volkomen representatieve reeks echter praktisch niet bepaald worden, temeer daar niet alleen het neerslagoverschot voor schadebepalingen van belang is, maar ook de verdeling over de verschillende maanden in relatie met het graslandgebruik. De gekozen reeks blijft dan ook arbitrair.

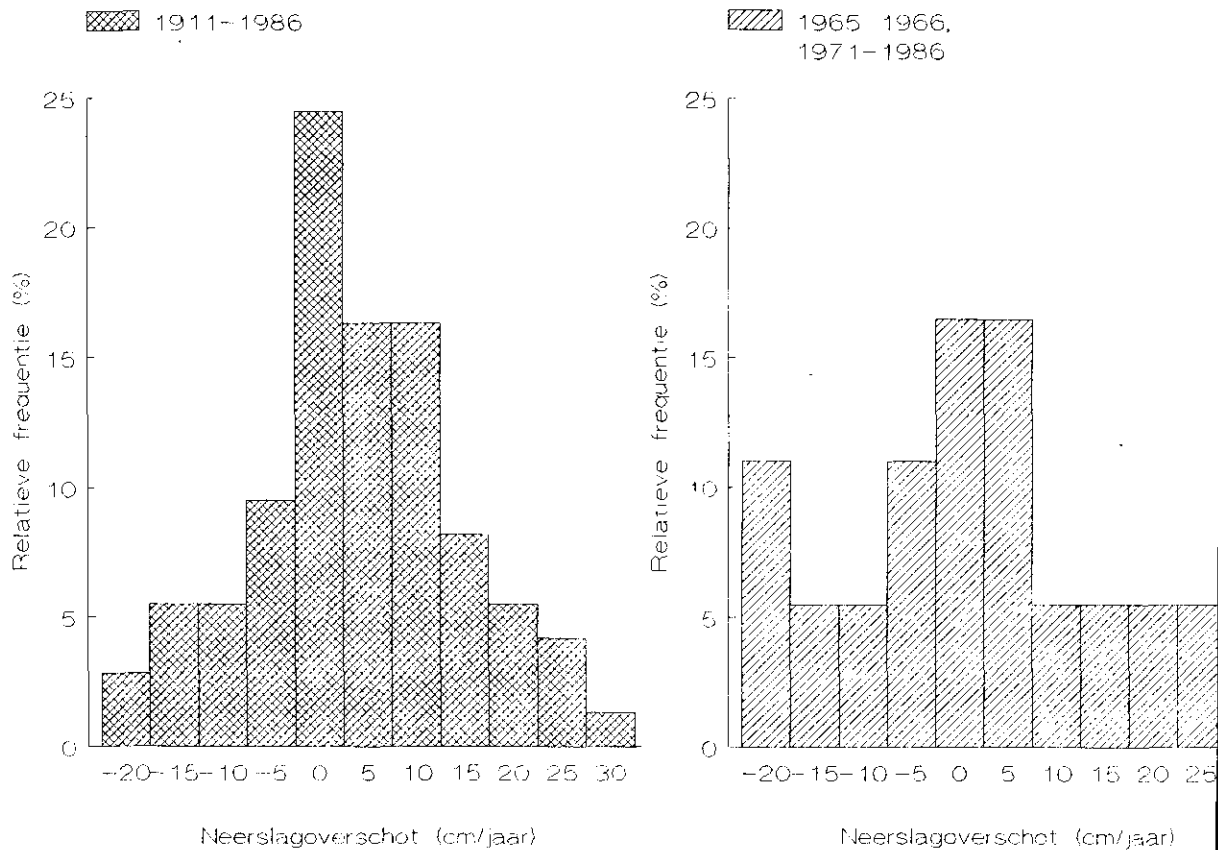


Fig. 22 Frequentiediagram van het neerslagoverschot in De Bilt gedurende de jaren 1911-1986, 1965-1966 en 1971-1986 voor de periode maart-november.

7.1.2 Bedrijfs- en economische randvoorwaarden

7.1.2.1 Veebezetting en beweidingssysteem

Uit de gevoeligheidsanalyse is gebleken dat de veebezetting een grote invloed op de veroorzaakte schade heeft, zowel absoluut als relatief.

In tegenstelling tot het bepalen van representatieve grondwaterstandsverlopen en bodemeenheden is de keuze van representatieve veebezettingen zeer tijdsgebonden. Enkele jaren geleden ontwikkelde de veebezetting zich sterk in stijgende lijn. Onder invloed van de superheffing is deze bezetting weer sterk gedaald. Een andere belangrijke factor die de schade sterk kan beïnvloeden, is het beweidingssysteem, met als mogelijkheden dag en nacht beweiden (O), alleen overdag beweiden en 's nachts bijvoederen (B+x) of zomerstalvoeding (Z).

Omdat zowel het beweidingssysteem als de veebezetting de schade niet alleen bedrijfseconomisch, maar ook fysisch beïnvloeden (zoals bijv. vertrappingsverliezen, flexibiliteit bij grastekort enz.), is het noodzakelijk om bij verschillende systemen de simulatiereeks compleet te berekenen. In verband met de reken-capaciteit is in eerste instantie slechts een beweidingssysteem en veebezetting meegenomen in de berekening, aangezien in deze studie het accent op het fysische systeem (bodem, drainage, meteorologie) ligt. Bij het toetsen van de beschreven methoden in de praktijk van het waterbeheer is de specificatie van het bodem- en watersysteem van cruciaal belang. Bij een goed functioneren van de methode kan het aantal bedrijfsvarianten uitgebreid worden, om de evaluatie te optimaliseren.

Uit de gevoeligheidsanalyse (par. 5.2.2) kunnen enige uitspraken gedaan worden omtrent de invloed van de factor veebezetting op de einduitkomsten. Voor een goed onderbouwde uitspraak over de invloed van de veebezetting onder verschillende omstandigheden zullen echter (in een vervolg) meer combinaties doorgerekend moeten worden.

In de berekeningen is gekozen voor één beweidingssysteem, waarin in principe dag en nacht beweiding plaatsvindt zonder bijvoeding gedurende vier dagen (04). Bij grastekorten kan overgeschakeld worden op een schema waarin 's nachts de veestapel op stal staat en bijgevoerd kan worden met 2, 4 of 6 kg mais per koe per dag (B4+2, 4, of 6). In overleg met het Proefstation voor de Rundveehouderij is een veebezetting gekozen van 2,5 melkkoeien per hectare, waarbij onder normale fysische omstandigheden weinig of geen ruwvoer van buiten het bedrijf aangekocht hoeft te worden. Deze 2,5 mk/ha is bereikt door in het model uit te gaan van 11 uniforme percelen van 1,8 ha waarop 50 melkkoeien worden gehouden. De gebruikte veestapel heeft een gemiddelde potentiële melkproduktie van 6500 kg/mk.jaar. De 2,5 mk/ha betreft het oppervlak voor de melkkoeien om te weiden. Naast dit oppervlak is er ook meestal ruimte voor het houden van jongvee. In de praktijk komt de genoemde veebezetting daarom neer op ca. 2 mk/ha bedrijfsoppervlak. Beweiding door het jongvee is hier niet meebrekenend, omdat dit naar verwachting het schadepercentage nauwelijks beïnvloedt en de berekeningen alleen maar gecompliceerder zou maken.

7.1.2.2 Prijzen

Uit de gevoeligheidsanalyse (par. 5.2.3) blijkt dat de prijzen van vooral ruwvoer zowel de relatieve als de absolute bedrijfsschades sterk beïnvloeden. Naast de prijs van het ruwvoer zijn ook de prijs en het gebruik van externe arbeid (loonwerkers), de melkprijs, de krachtvoerprijzen enz., van belang. De prijswijzigingen van belangrijke factoren zijn niet onderling afhankelijk. De laatste tijd zijn de ruwvoerprijzen sterk gedaald, terwijl de melkprijzen verhoogd zijn.

Eenmaal geconstrueerde economische schadefuncties kunnen niet eenvoudig aangepast worden aan de veranderde prijssituaties door vermenigvuldiging met een algemene factor voor de gemiddelde prijsstijging. Om de schadefuncties aan veranderde prijsverhoudingen aan te passen moet een gedetailleerd beeld van de verschillende relevante prijzen ingevoerd worden in het programma BBPR. Met name de prijzen van ruwvoer, krachtvoer, melk en arbeid moeten bekend zijn.

Voor de berekeningen is de prijssituatie aangehouden van 1988, ontleend aan CAD-RSP (1988), met een (aankoop-)ruwvoerprijs van f 0,38/kVEM. Fig. 14 en 15 geven een indruk voor de situatie met een ruwvoerprijs die met 25% verhoogd is (f 0,48/kVEM).

Omdat de economische factoren veelal geen invloed hebben op de fysische schades, kan de transformatie van de fysische schade naar economische schade gezien worden als een nabewerking van de fysische berekeningen. Dit houdt in dat verandering van economische invoerfactoren weinig inspanning vergt. Praktisch houdt dit in dat de schadefuncties naar economische invoerfactoren "up to date" gemaakt kunnen worden, door het niet fysisch bepaalde deel van de invoer van BBPR aan te passen. In aanhangsel 6.1 is dit deel (met waarden zoals gebruikt in de berekeningen) weergegeven.

7.1.2.3 Overige

Bij de berekeningen worden naast prijzen, ook veel andere bedrijfsgegevens en economische invoer verwerkt. Deze gegevens zijn standaard ingevoerd in overleg met het Proefstation voor de Rundveehouderij. Hierbij gaat het om invoerfactoren voor BBPR (vervangingspercentages, rente, grondeigendom enz.), de invoer voor het model MLKVEE (voeding en produktie van het melkvee) en enkele specificaties over het beweidingsregime in het model GRAMAN. De meest relevante standaard ingevoerde parameters zijn weergegeven in aanhangsel 6.1 - 6.3.

7.1.3 Initiële situaties

7.1.3.1 Start- en einddata

De schades die met het model berekend zijn, gelden alleen voor een bepaalde periode van het jaar. De ideale situatie zou bestaan uit een set schadefuncties die vanaf iedere willekeurige dag van het jaar de schade zou weergeven, die nog geleden kan worden (par. 6.2.1). Vanwege de benodigde rekentijd is in eerste aanleg gekozen voor vier startdata van de schadefuncties. Deze startdata zijn gekozen op basis van een algemene bedrijfs- en hydrologische situatie. Door de verschillende voortschrijdende schades vanaf een startdatum met elkaar te combineren kunnen schades vanaf de ene tot de andere startdatum afgeleid worden.

De volgende perioden werden vastgesteld:

Periode 1:	1 januari	-	1 mei
Periode 2:	1 mei	-	1 juli
Periode 3:	1 juli	-	1 september
Periode 4:	1 september	-	31 december

Gedurende periode 1 zullen vooral schades optreden als gevolg van het later inscharen van de veestapel, vertrappingsverliezen tijdens de overgang van de stal naar de weide door een te lage draagkracht en door de schade als gevolg van een later begin van de groei door natte omstandigheden. Reducties samenhangend met de bemesting worden niet berekend (denitrificatie, later uitrijden enz.). Gedurende periode 2 worden de schades vooral veroorzaakt door vertrappingsverliezen en verdampingstekorten in het voorjaar. In periode 3 veroorzaken vooral verdampingstekorten de bedrijfsschade. Gedurende periode 4 komt de schade vooral voort uit het eerder uitscharen van de veestapel, hetzij door onvoldoende draagkracht, hetzij door grastekorten door de verdampingstekorten in de zomer. De schade wordt steeds berekend vanaf de genoemde startdatum tot aan het einde van het jaar; de specifieke schade per periode kan dan verkregen worden door schades van verschillende perioden af te trekken (zie par. 6.2.1).

7.1.3.2 Hydrologische beginvoorwaarde

Bij de berekeningen wordt steeds een begintoestand opgegeven van het hydrologische systeem: vochtgehalten in de bovengrond en grondwaterstand aan het begin van de door te rekenen periode.

In hoofdstuk 6 is aangetoond dat de beginvoorwaarde het verloop van de toekomstige situatie mede bepaalt: het verloop van bijv. de grondwaterstand bij Gt III zal anders zijn bij een droge dan bij een natte beginsituatie, de schade is dan ook verschillend. Schade zou dan als schade bij Gt III met natte aanloop en als schade bij Gt III met droge aanloop enz. gegeven moeten worden. Om deze specificaties te realiseren, zou niet alleen veel extra rekenwerk betekenen, maar zou het totale pakket schadefuncties tevens onoverzichtelijk maken, vooral voor het aftrekken en optellen van verschillende voortschrijdende functies.

Om deze reden is afgezien van het nader specificeren van de begintoestand van het hydrologische systeem. In de berekeningen is uitgegaan van de hydrologische situatie bij een normaal verloop voor een Gt. De vochtgehalten en grondwaterstand aan het begin van een periode zijn afgeleid van een run over de voorgaande periode met dezelfde drainage-eigenschappen.

7.1.3.3 Bedrijfsbeginvoorwaarde

Bij de berekening van de opbrengst vanaf een bepaalde startdatum, wordt voor de voorliggende periode uitgegaan van optimale

condities de opbrengstderving voor de beschouwde periode kan dan berekend worden door het verschil te berekenen met optimale condities voor het hele jaar (par. 6.2.1). De bedrijfsbeginsituatie (vooral de droge-stofniveaus op de verschillende percelen) wordt op de startdatum gevormd door optimale condities op de percelen. Vanaf de startdatum wordt dan verder gerekend met de beperkende condities voor de Gt- en bodemsituatie.

In de praktijk is het goed denkbaar dat door een voorafgaande peilbeslissing het beweidingsschema verstoord is. Als bijv. de bodemcondities beweiding niet toelaten, zijn veel percelen niet geschikt meer om te beweiden en kunnen ze alleen nog maar gemaaid worden. Uitvoering van een peilmaatregel heeft dan andere consequenties dan wanneer het beweidingsschema normaal doorgaat. Het nadeel van de gehanteerde methode is dus dat de specifieke schade door een ongunstige bedrijfssituatie uit het verleden niet meeberekend wordt. Het voordeel is dat nawerking van een peilmaatregel in een volgende periode (door de ongunstige bedrijfssituatie gecreëerd door de peilmaatregel) wel wordt berekend. De achtergronden van deze redenering zijn weergegeven in aanhangsel 9. Er wordt dus een fout geïntroduceerd aan het begin van de periode. Vermijden van de fout in deze opzet betekent echter dat aan het eind van een periode weer een andere fout geïntroduceerd wordt.

7.1.4 Conclusie

Uiteindelijk zijn de volgende situaties doorgerekend:

- 18 weerjaren: 1965-1966 en 1971-1986;
- 2 bodemeenheden: Staringreeksen B303 en B101;
- 8 drainagekarakteristieken: Gt II, II*, III, III*, V, V*, VI en VII;
- 4 begintijdstippen: 1 januari, 1 mei, 1 juli en 1 september;
- 1 bedrijfssituatie: 2,5 melkkoe/ha met O4-schema.

1152 Berekeningen zijn over een (gedeelte van het) jaar uitgevoerd. Aangezien de schades tenslotte gemiddeld zijn over de 18 weerjaren om een representatief schadepercentage te krijgen, zijn voor 16 bodem/drainage-combinaties telkens voor vier verschillende perioden schades verkregen.

7.2 Resultaten

7.2.1 Grondwaterstandsverlopen

De ingang voor de schadefuncties is het verloop van de grondwaterstand. Hierbij is niet zozeer het exacte verloop van de grondwaterstand in een bepaald jaar van belang, maar het verloop onder verschillende meteorologische omstandigheden.

In eerste instantie is gekozen voor acht verschillende typen verlopen, globaal overeenkomend met de bestaande Gt-klasseindeling.

Bij de schadefuncties moet voor geselecteerde jaren een verwacht grondwaterstandsverloop bekend zijn. Deze verwachte grondwaterstandsverlopen moeten vervolgens gefit worden op de standaardverlopen voor dat betreffende jaar. De groep curves (getypeerd door het Gt-nummer) die voor alle geselecteerde jaren het best overeenkomt, wordt als ingang voor de schadetabel gebruikt. Het is ook mogelijk de grondwaterstandsverlopen per gedeelte van het jaar te typeren, dus bijv. Gt III voor 1 januari tot 1 mei, Gt II voor 1 mei tot 1 juli enz.

In aanhangsel 10 zijn voor geselecteerde jaren de grondwaterstandsverlopen gegeven die voor de schadebepaling gebruikt kunnen worden:

1976 - extreem droog (< 5%) jaar	(neerslagtekort 338 mm)
1986 - droog (ca. 25%) jaar	(neerslagtekort 64 mm)
1979 - "normaal" (ca. 50%) jaar	(neerslagoverschot 39 mm)
1984 - nat (ca. 25%) jaar	(neerslagoverschot 77 mm)
1965 - extreem nat (< 5%) jaar	(neerslagoverschot 272 mm)

Droogte en natheid zijn gebaseerd op de eerder toegelichte periode maart-oktober. De grondwaterstandsverlopen tonen het verloop van een drainagekarakteristiek onder uiteenlopende condities. De verlopen zijn het resultaat van simulaties met het programma SWATRE.

Voor de schadebepaling geldt: hoe meer selectiecurves des te nauwkeuriger de schadebepaling: minder kan wel, maar introduceert extra onnauwkeurigheden. Meer dan vijf curves maken de uitspraak betrouwbaarder.

7.2.2 Fysische schadefuncties

De invloed van waterhuishoudkundige maatregelen op de opbrengst van grasland wordt niet alleen bepaald door de geoogste hoeveelheid droge stof, maar ook door andere bedrijfsuitkomsten. De fysische opbrengst op bedrijfsniveau bestaat behalve uit de netto hoeveelheid geoogste droge stof, uit het aantal staldagen, de verhouding tussen maaien en beweiden, de voerkwaliteit enz. Alle factoren samen bepalen uiteindelijk de fysische opbrengst die vervolgens de economische opbrengst bepaalt.

Om de gedefinieerde fysische opbrengst te verkrijgen, wordt het geïntegreerde bedrijfsmodel gebruikt om een standaard bedrijf met 11 percelen van 1,8 ha door te rekenen met 50 koeien zonder jongvee. Uit het door het model gegenereerde beweidingsschema gedurende het jaar worden de relevante parameters berekend. Teneinde schadefuncties per periode van het jaar te kunnen berekenen, wordt het model telkens gedraaid met een deel van het jaar zónder produktie/gebruiksbelemmeringen (optimale situatie), en een deel mét belemmeringen ten gevolge van de waterhuishoudkundige toestand (zie par. 6.2.1, 7.1.3) in die periode.

Tabel 6 geeft de berekende netto produkties per ha gemiddeld over de gebruikte jaarreeks; een periode zonder optimale omstandigheden, met optimale omstandigheden tot 1 mei, 1 juli en 1 september, en met optimale omstandigheden gedurende het gehele jaar.

Tabel 6 Totale netto hoeveelheid kuilvoer en geconsumeerd gras [kg/ha d.s.] met verschillende perioden met optimale productieomstandigheden gemiddeld over de periode 1965, 1966 en 1971-1986 voor acht ontwateringssituaties en twee bodemeenheden.

A: BODEM B101					
Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	9674,2	9875,9	10113,9	10515,6	10652,5
II*	10301,6	10460,3	10457,2	10595,6	10652,5
III	10073,7	10311,9	10361,7	10572,1	10652,5
III*	10251,6	10435,9	10437,8	10586,8	10652,5
V	10093,2	10327,6	10318,2	10573,1	10652,5
V*	10091,9	10293,6	10297,3	10577,8	10652,5
VI	10027,5	10083,4	10109,0	10562,5	10652,5
VII	9726,4	9647,8	9823,4	10524,2	10652,5

B: BODEM B303					
Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	8479,3	8900,5	9557,0	10144,1	10652,5
II*	10062,7	10234,5	10362,9	10502,9	10652,5
III	9616,5	9869,5	10120,5	10462,7	10652,5
III*	10204,4	10307,3	10371,9	10533,3	10652,5
V	10135,5	10354,3	10418,8	10565,8	10652,5
V*	10311,1	10462,6	10445,1	10574,5	10652,5
VI	10322,0	10417,8	10438,3	10581,4	10652,5
VII	10458,7	10405,9	10402,4	10586,8	10652,5

De netto hoeveelheden zijn de som van de totale hoeveelheid gemaaid en geconsumeerd gras verminderd met beweidings-, vertrappings-, veld- en conserveringsverliezen. Deze netto hoeveelheden liggen aanzienlijk lager dan de opbrengsten in aanhangsel 8.1 (grasopbrengsten met CROPR zonder bedrijfsmodel). Dit komt niet alleen door de toegerekende verliesposten, maar ook doordat meestal een niet-optimale stikstofgift verstrekt is (ca. 400 N). In aanhangsel 8.1 is sprake van maaiopbrengsten onder optimale stikstofcondities zoals standaard berekend met het model CROPR. In tabel 6A (bodem B101) is vooral sprake van verdampingstekorten die oogstreducties veroorzaken (vooral Gt VII),

in tabel 6B is vooral sprake van vertrappingsverliezen onder natte condities (Gt II en III). In tabel 7 zijn deze vertrappingsverliezen voor de verschillende situaties apart gegeven.

Tabel 7 Vertrappingsverlies [kg/ha d.s.] bij verschillende perioden met optimale produktieomstandigheden, gemiddeld over de periode 1965, 1966 en 1971-1986 voor acht ontwateringssituaties en twee bodemeenheden.

A: BODEM B101

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	161,9	157,6	81,6	12,4	0,0
II*	46,0	59,3	27,6	7,0	0,0
III	75,9	76,5	37,7	8,7	0,0
III*	31,6	26,6	10,2	4,2	0,0
V	26,3	25,5	6,4	4,4	0,0
V*	33,3	17,8	6,9	0,7	0,0
VI	3,6	3,1	0,0	0,0	0,0
VII	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

B: BODEM B303

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	294,8	293,1	132,8	53,3	0,0
II*	259,7	253,1	103,2	35,2	0,0
III	249,5	227,6	94,6	28,6	0,0
III*	137,8	132,9	54,1	17,2	0,0
V	76,8	72,7	36,8	11,3	0,0
V*	87,8	61,1	29,5	9,4	0,0
VI	67,9	50,5	28,1	8,6	0,0
VII	17,3	19,2	13,1	5,7	0,0

De meer humeuze bodem B303 heeft bij eenzelfde vochtgehalte een lagere draagkracht dan bodem B101 en daarom ook meer vertrappingsverliezen. Aangezien in het model aangenomen wordt dat in principe bij een draagkracht van 0,6 MPa niet meer geweid kan worden, is de grootte van het vertrappingsverlies relatief klein (optredend tussen 0,6 en 0,7 MPa). Veel schade door de ongunstige draagkrachtcondities komt daarom tot uiting in het aantal staldagen gedurende het jaar, zoals uit tabel 8 blijkt.

Tabel 8 Jaarlijks aantal staldagen op het modelbedrijf bij verschillende perioden met optimale produktieomstandigheden, gemiddeld over de periode 1965, 1966 en 1971-1986 voor acht ontwateringssituaties en twee bodemeenheden.

A: BODEM B101

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	169,7	161,4	161,3	160,1	158,1
II*	164,5	157,9	158,0	158,0	158,1
III	167,4	159,3	159,0	158,6	158,1
III*	164,6	158,1	158,1	158,0	158,1
V	166,4	158,7	158,3	158,1	158,1
V*	164,4	158,1	158,0	157,9	158,1
VI	160,3	157,9	157,9	158,0	158,1
VII	158,1	158,9	158,8	157,9	158,1

B: BODEM B303

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	221,7	202,0	187,9	175,9	158,1
II*	171,0	164,6	163,6	161,7	158,1
III	186,7	174,9	170,1	163,6	158,1
III*	172,1	165,2	163,2	161,3	158,1
V	173,2	164,6	161,1	159,8	158,1
V*	166,2	161,1	159,4	158,9	158,1
VI	164,4	161,2	159,5	158,6	158,1
VII	157,2	157,9	157,9	158,0	158,1

Uit de tabel blijkt dat het aantal staldagen veel duidelijker de schade weergeeft door draagkrachtproblemen; op bodem B303 wordt de draagkracht waarbij geen beweiding meer mogelijk is, veel eerder bereikt dan bij bodem B101. Overigens kan het aantal staldagen ook beïnvloed worden door juist droge omstandigheden als de grasgroei dermate achterblijft dat door grastekort in het groeiseizoen tijdelijk uitgeschaard moet worden. Dit komt vaker voor bij Gt VII* (niet in de tabel); bij Gt VII worden deze perioden meestal overbrugd door tijdelijke bijvoeding. Een kanttekening dient geplaatst te worden bij de hoeveelheid staldagen. In de praktijk blijkt het aantal staldagen hoger te zijn dan berekend. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de snelle groei van het gras in het model aan het begin van het seizoen. Deze snelle groei is waarschijnlijk een gevolg van de calibratie van het groeimodel op de (geoptimaliseerde) opbrengst op het R.O.C.-Heino. Het weideseizoen start in het model dan ook 2 tot 3 weken eerder dan normaal.

De berekende schade in de eerste periode zal daarom in werkelijkheid lager uitvallen door het in de praktijk kleiner aantal te verstoren weidedagen.

Alhoewel de schade op grasland niet afhankelijk is van één factor, kan de de hoeveelheid gewonnen ruwvoer op het eigen bedrijf het meest volledige beeld opleveren van de schade, aangezien in dit getal meerdere relevante factoren verwerkt zijn. De hoeveelheid zelf gewonnen ruwvoer is het quotiënt van de netto gewonnen hoeveelheid ruwvoer en het aantal staldagen, uitgedrukt in kg/d.s. per koe per staldag.

In tabel 9 zijn de verkregen resultaten weergegeven.

Tabel 9 Hoeveelheid ruwvoer van eigen bedrijf in kg ruwvoer per staldag gemiddeld over de periode 1965, 1966 en 1971-1986 voor acht ontwateringssituaties en twee bodemeenheden.

A: BODEM B101

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	8,9	9,3	9,9	10,6	10,9
II*	10,2	10,6	10,4	10,7	10,9
III	9,7	10,4	10,3	10,7	10,9
III*	10,1	10,5	10,5	10,7	10,9
V	9,8	10,5	10,3	10,7	10,9
V*	9,8	10,3	10,1	10,7	10,9
VI	9,8	9,9	9,9	10,7	10,9
VII	9,3	9,1	9,4	10,7	10,9

B: BODEM B303

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	8,8	9,8	9,8	9,9	10,9
II*	10,1	10,6	10,4	10,6	10,9
III	9,8	10,7	10,5	10,6	10,9
III*	10,3	10,8	10,5	10,7	10,9
V	10,3	10,9	10,6	10,7	10,9
V*	10,5	10,7	10,5	10,7	10,9
VI	10,5	10,7	10,6	10,7	10,9
VII	10,6	10,5	10,5	10,7	10,9

Andere factoren uit het beweidingssysteem die ook de uiteindelijke fysische opbrengst bepalen, zoals bruto opbrengsten, voederwaarden, maaipercentsages, bijvoeding enz., zijn weergegeven in aanhangsel 11.

7.2.3 Economische schadefuncties

De fysische opbrengsten, uitgedrukt in aantal staldagen, gewonnen en gekochte hoeveelheid ruwvoer enz. per jaar worden als invoer gebruikt voor het programma BBPR, dat de uiteindelijke arbeidsopbrengst voor de ondernemer berekent. Hiermee wordt feitelijk bepaald in welke verhouding de fysische uitkomsten in bedrijfs-economische zin tot elkaar staan.

Tabel 10 geeft de berekende jaarlijkse arbeidsopbrengst voor de ondernemer voor de acht ontwateringssituaties op beide bodemeenheden, met de niet optimale ontwateringssituatie voor het gehele jaar, met optimale omstandigheden tot 1 mei, 1 juli en 1 september en de optimale produktieomstandigheden het gehele jaar door (potentiële bedrijfsproduktie). De uitkomsten zijn gemiddeld over de jaren 1965-1966 en 1971-1986.

Tabel 10 Jaarlijks ondernemersinkomen [gulden/ha] bij verschillende ontwateringssituaties op twee bodemeenheden, met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden.

A: BODEM B101

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	1951	2033	2066	2135	2158
II*	2079	2125	2140	2160	2158
III	2040	2102	2119	2152	2158
III*	2065	2125	2138	2157	2158
V	2045	2078	2110	2156	2158
V*	2047	2097	2115	2157	2158
VI	2040	2060	2083	2160	2158
VII	1982	1950	1999	2152	2158

B: BODEM B303

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	1406	1538	1790	2021	2158
II*	1987	2023	2095	2129	2158
III	1828	1859	2000	2111	2158
III*	2006	2039	2095	2134	2158
V	2005	2054	2115	2150	2158
V*	2052	2101	2132	2154	2158
VI	2064	2102	2110	2155	2158
VII	2143	2125	2121	2162	2158

In principe moeten de opbrengsten van links naar rechts in de tabel monotoon stijgen, aangezien van links naar rechts de periode met optimale produktieomstandigheden steeds met enkele maanden uitgebreid wordt. Dit is inderdaad het geval, met uitzondering van de eerste periode bij Gt VII, voor beide bodemeenheden. Volgens de berekeningen wordt een lagere opbrengst gehaald door de optimale omstandigheden die gelden tot 1 mei.

Een mogelijke verklaring is dat door de optimale omstandigheden voor 1 mei volop gemaaid is op de simulatiepercelen. Bij niet-optimale produktieomstandigheden na 1 mei zijn hierdoor de percelen op korte termijn niet te gebruiken als weideperceel. Bij droogte (zoals meestal bij Gt VII) in deze periode kunnen hierdoor verstoringen in het beweidingsschema optreden. Als voor 1 mei al niet-optimale produktieomstandigheden optraden, dan wordt vóór 1 mei de produktie al geremd, en zal er iets minder gemaaid worden, waardoor meer percelen voor beweiding geschikt zijn op 1 mei. Blijkbaar beïnvloedt de verstoring van het beweidingsschema in het eerste geval de uiteindelijke produktie veel meer dan de extra groeireductie in het tweede geval.

Bij een ander bedrijfsmodel dat minder op ad-hoc-basis werkt dan het model GRAMAN zou dit verschijnsel waarschijnlijk niet optreden.

Nader onderzoek is zeker noodzakelijk, zeker voor het kwantificeren van droogteschades.

Uit tabel 10 kan de schade door de ontwateringssituatie per periode afgeleid worden door verschillende jaaropbrengsten van elkaar af te trekken, zoals in het vorige hoofdstuk.

In tabel 11 en 12 en figuur 23 worden de aldus verkregen economische schadefuncties gepresenteerd. In de tabellen wordt naast de gemiddelde schade, ook de maximale en minimale berekende schade gegeven. Deze laatste zijn de hoogste en laagste berekende waarden; het zijn dus resultaten gebaseerd op één run met het model, in tegenstelling tot de gemiddelde waarden die gemiddeld zijn over 18 jaar.

De negatieve gemiddelde schades bij Gt VII in de eerste periode zijn een gevolg van het boven toegelichte probleem.

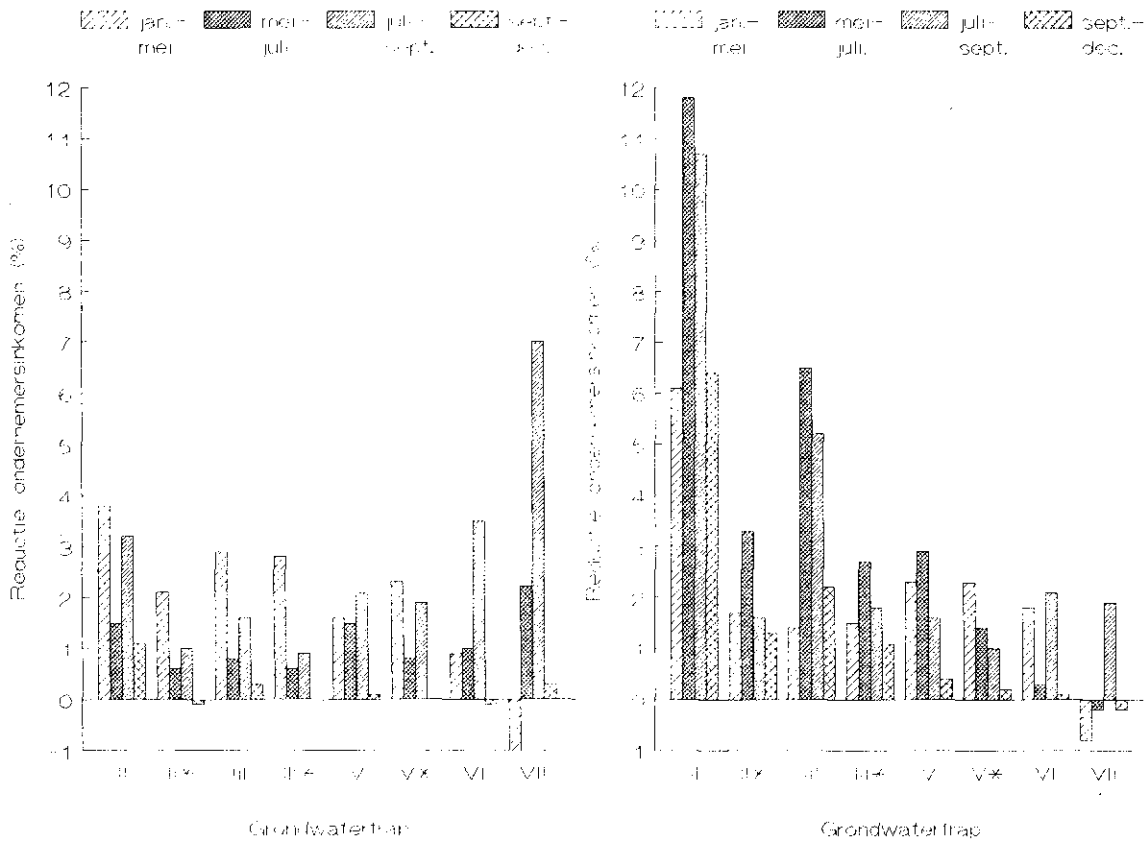


Fig. 23 Schades in procenten van het totale jaarlijkse potentiële ondernemersinkomen voor acht verschillende ontwateringssituaties en twee bodemeenheden per periode gedurende het jaar.

Tabel 11 Minimum, maximum en gemiddelde schade (gebaseerd op het potentiële ondernemersinkomen) in gulden/ha voor acht verschillende ontwaterings-situaties en twee bodemeenheden per periode gedurende het jaar.

A: BODEM B101

Gt	1 jan. - 1 mei			1 mei - 1 juli			1 juli - 1 sept.			1 sept. - 1 dec.		
	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.
II	-76	82	225	-104	32	164	-58	69	377	-34	23	70
II*	-89	46	173	-74	14	80	-51	21	89	-57	-2	50
III	-147	61	190	-89	17	156	-48	33	162	-34	6	50
III*	-50	60	203	-57	13	84	-56	19	279	-52	1	51
V	-152	34	118	-116	32	190	-59	46	332	-51	2	63
V*	-17	50	161	-128	18	100	-79	42	344	-56	1	65
VI	-116	20	109	-76	22	144	-48	77	480	-49	-2	73
VII	-245	-31	103	-67	48	272	-58	153	677	-45	6	150

B: BODEM B303

Gt	1 jan. - 1 mei			1 mei - 1 juli			1 juli - 1 sept.			1 sept. - 1 dec.		
	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.
II	0	132	282	-29	253	538	-27	231	617	-24	137	312
II*	-125	36	155	-16	71	167	-79	35	197	-29	29	92
III	-77	31	148	-55	141	427	-52	111	489	-29	47	201
III*	-48	32	244	-52	57	330	-55	39	315	-27	24	121
V	-109	49	172	-75	61	396	-55	35	384	-31	8	90
V*	-63	48	153	-81	31	251	-59	22	284	-31	4	105
VI	-58	38	166	-94	8	238	-48	45	382	-51	3	104
VII	-192	-18	83	-80	-4	72	-45	41	411	-51	-4	51

Tabel 12 Minimum, maximum en gemiddelde schade (gebaseerd op het potentiële ondernemersinkomen) in procenten van het jaarinkomen voor acht verschillende ontwateringssituaties en twee bodemeenheden per periode gedurende het jaar.

A: BODEM B101												
Gt	1 jan. - 1 mei			1 mei - 1 juli			1 juli - 1 sept.			1 sept. - 1 dec.		
	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.
II	-3,3	3,8	10,4	-4,9	1,5	7,5	-2,6	3,2	17,6	-1,6	1,1	3,4
II*	-4,1	2,1	8,1	-3,7	0,6	3,7	-2,4	1,0	4,2	-2,6	-0,1	2,2
III	-6,7	2,9	8,7	-4,2	0,8	7,1	-2,1	1,6	7,6	-1,6	0,3	2,2
III*	-2,5	2,8	9,5	-2,5	0,6	3,9	-2,6	0,9	12,7	-2,4	0,0	2,2
V	-6,9	1,6	5,6	-5,6	1,5	8,7	-2,7	2,1	15,1	-2,3	0,1	2,8
V*	-0,8	2,3	7,6	-5,8	0,8	4,5	-3,7	1,9	15,7	-2,6	0,0	2,9
VI	-5,3	0,9	5,1	-3,4	1,0	6,6	-2,3	3,5	21,8	-2,3	-0,1	3,3
VII	11,1	-1,4	4,8	-3,2	2,2	12,4	-2,7	7,0	30,8	-1,9	0,3	6,8

B: BODEM B303												
Gt	1 jan. - 1 mei			1 mei - 1 juli			1 juli - 1 sept.			1 sept. - 1 dec.		
	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.
II	0,0	6,1	13,2	-1,3	11,8	24,9	-1,3	10,7	28,1	-1,1	6,4	14,6
II*	-5,7	1,7	7,2	-0,8	3,3	7,7	-3,6	1,6	9,2	-1,5	1,3	4,1
III	-3,5	1,4	6,8	-2,6	6,5	20,5	-2,3	5,2	22,8	-1,4	2,2	9,4
III*	-2,4	1,5	11,2	-2,4	2,7	15,4	-2,5	1,8	14,4	-1,2	1,1	5,7
V	-5,5	2,3	8,1	-3,6	2,9	20,1	-2,5	1,6	17,5	-1,4	0,4	4,2
V*	-2,9	2,3	7,0	-4,0	1,4	11,5	-2,6	1,0	12,9	-1,4	0,2	4,9
VI	-2,5	1,8	7,7	-4,5	0,3	10,9	-2,1	2,1	17,4	-2,3	0,1	4,9
VII	-8,8	-0,8	3,8	-3,5	-0,2	3,3	-2,1	1,9	18,7	-2,3	-0,2	2,3

7.3 Gebruiksvoorbeeld

Voor een beeld van de gebruiksmogelijkheden van de besproken schadefuncties, volgt tenslotte een (geïdealiseerd) voorbeeld van het mogelijk gebruik van de berekende schadefuncties binnen de opzet van de Provincie Gelderland. Dit gefingeerde voorbeeld is slechts bedoeld ter verduidelijking.

In het voorbeeld wordt een gebied beschouwd met een slechter ontwaterd deel met globaal Gt III (25% van het oppervlak) op een bodem B303 en een droger deel met globaal Gt VII (75% van het oppervlak) op een bodem B101; in beide gebieden wordt alleen gras verbouwd. In het droge deel treden 's zomers meestal transpiratietekorten op, in het nattere deel treden haast geen transpira-

tietekorten op. Om het droge deel van meer water te voorzien is het mogelijk de stuwen in het totale gebied op te zetten. Op 1 mei moet de beheerder van het systeem een beslissing nemen over de te nemen maatregelen. Er worden 3 scenario's voorgesteld:

1. geen gebruik van de stuwen;
2. de stuwen worden voor waterconservering direct (1 mei) opgezet;
3. de stuwen worden voor waterconservering pas op 1 juli opgezet.

Stap 1: construeren van te verwachten grondwaterstandsverloop

Met het eerder besproken L.U.-model kan de grondwaterstand in het hele gebied berekend worden uitgaande van de huidige situatie, een scenario voor de stuwstanden en een verwachting voor het weer. Voor de drie scenario's wordt een aantal jaren doorgerekend, bijv. 1976, 1984 en 1986, die voor het neerslagoverschot (en dus grondwaterstandsverloop) redelijk uiteenlopen. In fig. 24 is voor de drie scenario's het verwachte grondwaterstandsverloop gegeven voor de drie jaren in de twee ontwateringssituaties.

Stap 2: fitten op de standaardcurves

Op de standaardcurves kunnen de drie grondwaterstandsverlopen voor ieder scenario voor beide delen van het gebied gefit worden. Hiermee kan vastgesteld worden welke drainagekarakteristieken de beide delen gaan aannemen bij verschillende ingrepen in de stuwstanden. De berekende weerjaren zijn dus een steekproef, waaruit conclusies omtrent de drainagekarakteristiek getrokken kunnen worden. In fig. 25 staat voor twee situaties de procedure afgebeeld.

Uit de procedure volgt dat voor de drie "steekproef-jaren" onder scenario 1 (geen stuwing), de grondwaterstand het verloop van een Gt III resp. Gt VI vertoont gedurende de periode van 1 mei tot 1 juli; na 1 juli gedraagt de grondwaterstand in het droge deel zich meer volgens het verloop van Gt VII. Voor scenario 2 (stuwen vanaf 1 mei) neemt de grondwaterstand in het droge deel Gt V* (1 mei - 1 juli) en Gt VII (na 1 juni) aan, voor het natte deel neemt de grondwaterstand de gedaante aan van Gt II gedurende de hele periode. Bij uitvoering van scenario 3 (stuwen vanaf 1 juli) geldt dat voor het grondwaterstandsverloop tot 1 juli scenario 1 geldt waarin niet gestuwd wordt. Vanaf 1 juli geldt scenario 2 met wel een hogere stuwstand voor waterconservering. De te verwachten grondwaterstanden nemen deels de gedaante van scenario 1 en deels van scenario 2 aan.

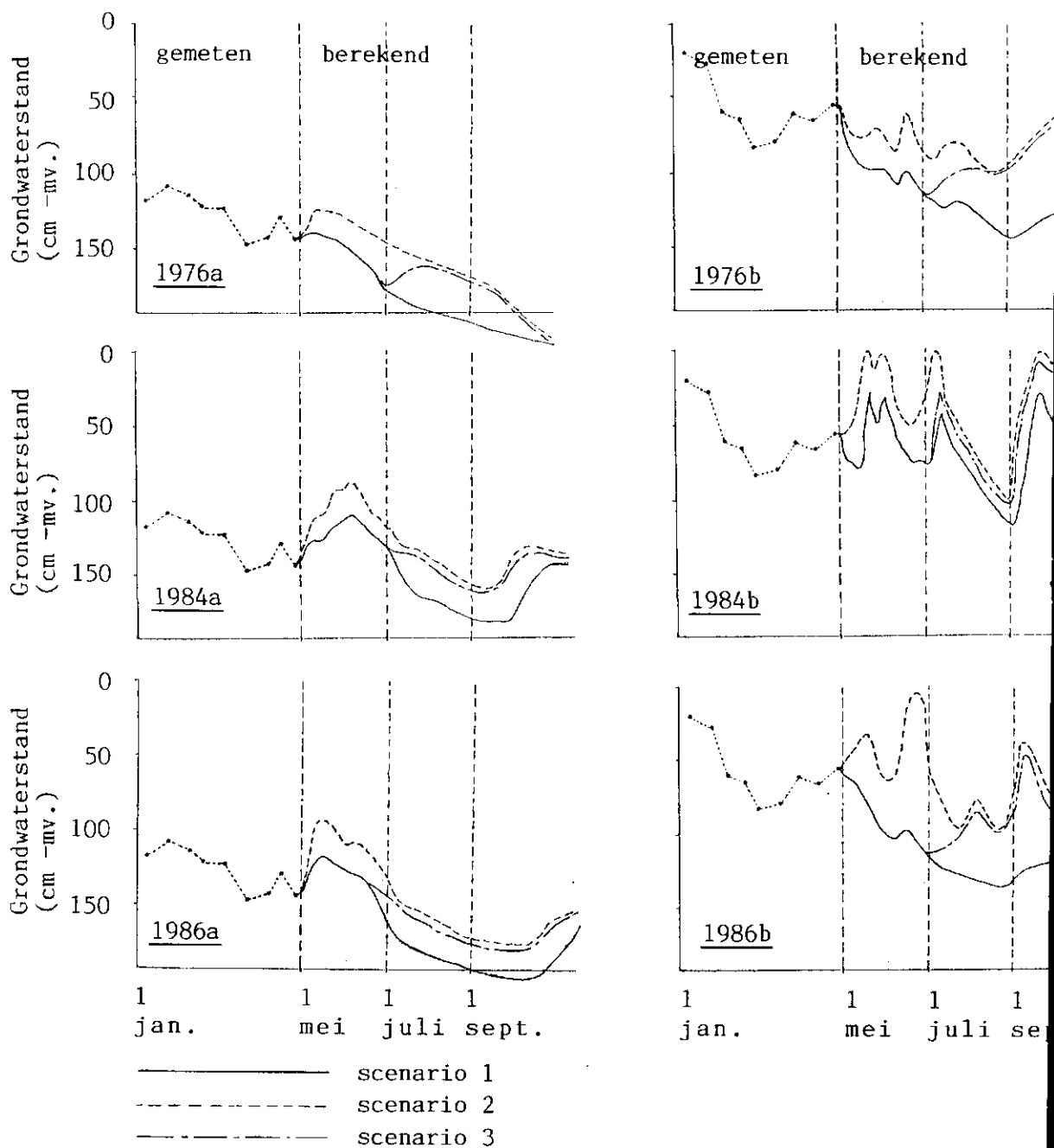


Fig. 24 Opgetreden (tot 1 mei) en voorspeld grondwater - standsverloop voor drie scenario's gedurende 1976, 1984 en 1986 voor het droge (a) en het natte deel (b).

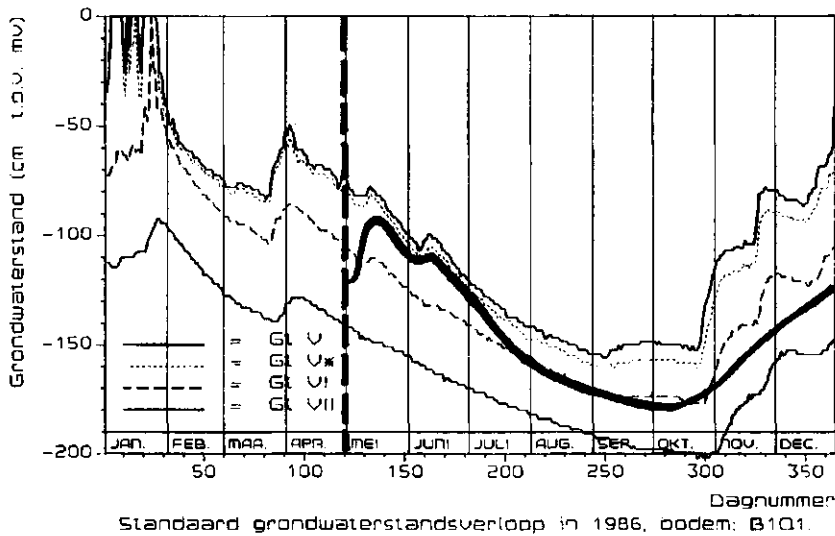
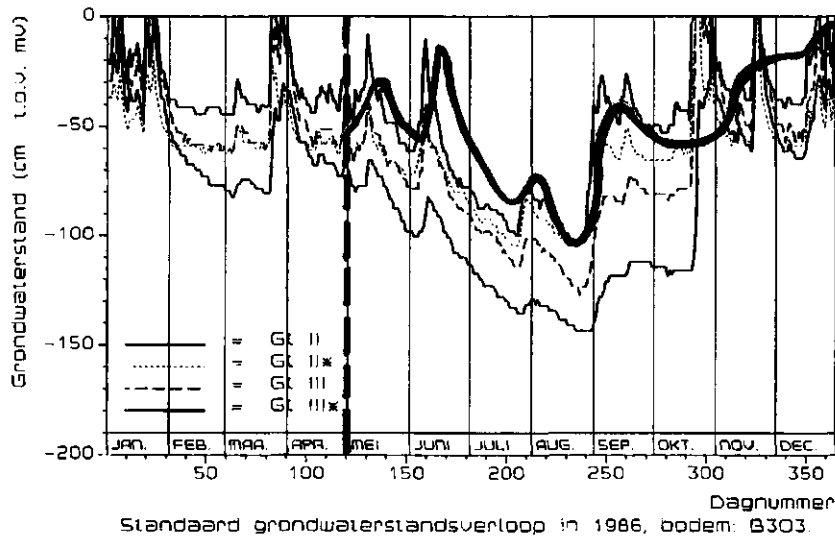


Fig. 25 Vergelijking van het voorspelde grondwaterstandsverloop met de standaardcurves voor het droge en natte deel in 1986 voor scenario 2.

Stap 3: kwantificeren van de opbrengsten van scenario's

In stap 2 is vastgesteld hoe door de verschillende ingrepen het gemiddelde grondwaterstandsverloop zal veranderen (uitgedrukt in verandering van Gt). Voor dit geval gelden de bedragen in tabel 13.

Tabel 13 Schadeberekeningen bij verschillende data van peilverhoging in een gefingeerd gebied met Gt III en Gt VII (scenario 1: geen peilverhoging; scenario 2: peilverhoging 1 mei; scenario 3: peilverhoging vanaf 1 juli).

Schade [f/ha]	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Gt VII-gebied			
gemiddelde periode 1	23	18	23
gemiddelde periode 2	153	77	77
totaal	176	95	100
maximum periode 1	144	100	144
maximum periode 2	677	480	480
totaal	821	580	624
Gt III-gebied			
gemiddelde periode 1	141	253	141
gemiddelde periode 2	111	231	231
totaal	252	484	372
maximum periode 1	427	538	427
maximum periode 2	489	617	617
totaal	916	1155	1044
beide gebieden (75% VII, 25% III)			
gemiddelde totaal	195	193	168
maximum totaal	845	724	729

Stap 4: afweging

In tabel 13 wordt met de verschillende schadetabellen voor ieder scenario een schadebedrag berekend voor het droge en het natte gebied apart. Deze schades zijn samengesteld uit de schade van 1 mei tot 1 juli en die tussen 1 juli en 1 september. In de eerste periode is de schade voor scenario 1 en 3 gelijk, aangezien in beide gevallen geen waterconservering plaats vindt. Voor de tweede periode zijn de schades onder scenario 2 en 3 gelijk, omdat in beide gevallen de hele periode water geconserveerd wordt. In de tabel is te zien dat in het droge gebied de schades minder worden, naarmate eerder water geconserveerd wordt ($2 < 3 < 1$). Het omgekeerde is het geval voor het nattere gebied, hier wordt de (natheids)schade juist groter naarmate waterconservering eerder plaatsvindt.

Aangezien het totale gebied voor 75% bestaat uit het Gt VII-gebied en voor 25% uit het Gt III-gebied, kan de totale gemiddelde schade per ha in het hele gebied voor de drie scenario's verkregen worden door het gewogen gemiddelde van beide getallen te berekenen. Uit deze middeling volgt dat scenario 1 en 2 nagenoeg dezelfde schades opleveren. Deze schades zijn echter op twee verschillende manieren samengesteld.

In scenario 1 is relatief veel droogteschade in het Gt VII-gebied (f 176/ha) en een duidelijke natheidsschade (f 252/ha) in het Gt III-gebied. In scenario 2 wordt in een vroeg stadium waterconservering toegepast, waardoor de droogteschade in het droge gebied kleiner wordt (f 95/ha). Door het vroeg opstuwen van het water treedt echter een aanzienlijke verhoging op van de natheidsschade in het Gt III-gebied namelijk f 484. Uiteindelijk wordt in beide gevallen een totale (gewogen) schade berekend van resp. f 195 en f 193/ha. De opgeheven droogteschade door scenario 2 wordt blijkbaar teniet gedaan door een verhoogde natheidsschade in de natere gebieden.

In scenario 3 wordt pas in een latere fase waterconservering toegepast dan in scenario 2. De totale opgeheven hoeveelheid droogteschade is hierbij slechts iets minder dan in scenario 2, namelijk f 100 tegen f 95 schade. De op te heffen schade in het begin van het groeiseizoen blijkt slechts marginaal te zijn. De veroorzaakte natheidsschade in het natte gebied is echter juist veel groter bij het vroeg opzetten van het water in scenario 2: f 253 tegen f 141.

Uiteindelijk levert scenario 3 door het slechts in een latere fase conserveren van water ongeveer f 25/ha meer op dan niets ondernemen (scenario 1) of het vroeg conserveren van water (scenario 2).

Een zelfde beschouwing is mogelijk voor de maximale en minimale schade onder de verschillende scenario's om het risico af te wegen dat de alternatieven onaanvaardbare schade opleveren onder extreme omstandigheden. Deze afweging dient echter slechts als randvoorwaarde bij de gemiddelde te verwachten schade. De maximum te verwachten schade blijkt relatief slechts weinig onderlinge verschillen te vertonen bij toepassing van de verschillende scenario's.

In de praktijk zullen de omstandigheden en de afwegingen minder eenvoudig zijn dan hierboven geschetst. Er zullen veel bodemeenheden voorkomen, verwachte grondwaterstandsverlopen zullen niet exact volgens de standaardcurven verlopen enz. Het voorbeeld laat slechts het principe van het gebruik zien en toont tevens aan dat de gepresenteerde schadefuncties slechts een aanzet vormen om het peilbeheer te optimaliseren.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Conclusies

Het voornaamste resultaat van de studie is een raamwerk waarbinnen hydrologie, grasgroei, graslandgebruik en bedrijfseconomische factoren geïntegreerd zijn tot een systeem waarmee in principe de schade op bedrijfsniveau bepaald kan worden in relatie tot waterhuishoudkundige omstandigheden.

De belangrijkste conclusies die uit het geïntegreerde model getrokken kunnen worden zijn:

1. Schadepercentsages berekend op basis van een gesimuleerd bedrijfsvoering en op basis van alleen groei-berekeningen wijken zowel onder droge als onder natte omstandigheden sterk van elkaar af. Een bedrijfsmodel voegt daadwerkelijk iets wezenlijks toe bij de bepaling van schades op grasland.
2. De schadepercentsages die met het geïntegreerde model berekend worden, komen redelijk overeen met uitkomsten uit eerder onderzoek. Zowel verificatie met de HELP-tabel voor de natheidsschade als met de Beregeningsstudie Gelderland voor droogteschade, gaven goede resultaten.
3. Zowel de fysische als de bedrijfseconomische schade is sterk afhankelijk van de aangenomen bedrijfsopzet bij de simulatie.
4. De vertaling van fysische schade (droge-stofhoeveelheden, bijvoeding) naar bedrijfseconomische schade (geld) is niet lineair, vooral het effect van het voerprijsniveau is verschillend onder verschillende omstandigheden.

Tijdens het onderzoek is met het geïntegreerde model een methode ontwikkeld om schadefuncties te bepalen op bedrijfsniveau, bij het operationele waterbeheer. De ingang voor de schadefuncties is de overeenkomst tussen het verwachte verloop van de grondwaterstand onder uiteenlopende meteorologische condities met standaard grondwaterstandscurves. Deze standaardcurves worden getypeerd door een Gt-klasse.

Uit het onderzoek is gebleken dat het bepalen van bedrijfsschades op basis van een specifiek geval (1 weerjaar, 1 ontwateringssituatie) niet goed mogelijk is met het ontwikkelde model. De bedrijfsuitkomst is voor een deel afhankelijk van het toeval in het beweidingssysteem. Door schades te bepalen op grond van de gemiddelde uitkomst van een representatieve reeks weerjaren voor dezelfde ontwateringssituatie, is het wel mogelijk schades te bepalen. Toevalsfactoren worden bij een voldoende lange reeks van jaren geëlimineerd. Dientengevolge worden schades berekend als gemiddelde schades over een reeks jaren met daarbij een bij benadering hoogste en laagste schade bij extreme meteorologische omstandigheden. De gemiddelde schade dient als uitgangspunt bij optimalisatie, de extreme schades dienen als randvoorwaarde.

Alhoewel de ontwikkelde modellen en methodieken nog niet als afgerond beschouwd mogen worden, zijn de resultaten van het onderzoek een goed uitgangspunt voor toetsing in de praktijk van het waterbeheer in de provincie Gelderland. Ervaringen uit de praktijk moeten hierna teruggekoppeld worden, zodat eventueel bijstellingen en uitbreidingen uitgevoerd kunnen worden.

8.2 Aanbevelingen

8.2.1 Modellen

Alhoewel de geconstrueerde koppeling van modellen acceptabele resultaten oplevert, zijn er punten waarop verbetering gewenst is:

Algemeen:

1. De modelopzet is dusdanig uitgebreid dat de rekentijd onder de huidige omstandigheden problematisch is. Daarnaast wordt het overzicht op de resultaten en het gebruiksgemak (en daarmee de algemene toepasbaarheid) beïnvloed. Verantwoorde vereenvoudiging van het complexe onderzoeksmodel naar een praktisch gebruiksmodel is gewenst.
2. Het totale model is slechts globaal geverifieerd. Toetsing aan meer (bedrijfs-)praktijkgegevens onder verschillende omstandigheden is noodzakelijk om het model uiteindelijk op zijn waarde te kunnen schatten.

Groeisimulatie:

1. De inbreng van meer gewasfysiologische kennis in het groeimodel CROPR-GRASS is dringend noodzakelijk. Bij calibratie van het groeimodel op gegevens van R.O.C.-Heino zijn fysiologische effecten min of meer speculatief vastgesteld.
2. De relatie stikstoftransport-stikstofopname-groeireductie is niet in het model verwerkt. Vooral bij simulaties op humusrijke gronden wordt hierdoor een belangrijke schadepost onder natte omstandigheden verwaarloosd.
3. De calibratie van het groeimodel heeft plaatsgevonden onder droge omstandigheden (Gt VII*). Voor uitgebreide toepassing van het model onder natte omstandigheden is verificatie onder natte omstandigheden gewenst.

Graslandgebruik:

1. Het geconstrueerde graslandgebruiksmodel GRAMAN genereert het graslandgebruik op basis van ad-hoc beslissingen. Inbreng van beslissingsmechanismen gebaseerd op vooral korte en middellange termijnverwachtingen kan de variatie in uitkomsten aanmerkelijk verkleinen en de uitkomsten meer in overeenstemming brengen met de praktijk.
2. De onderbouwing van een aantal verliesposten is in een aantal gevallen nogal mager, zoals vertrapingsverliezen (gebaseerd op proeven op veengrond) en berijdingsverliezen (niet verwerkt).

De genoemde tekortkomingen kunnen voor een deel opgelost worden door de basis van het toekomstig onderzoek te verbreden. Vooral op het punt van de grasgroeisimulatie moet samenwerking gezocht worden met het CABO en de landbouwuniversiteit. Op het punt van het graslandgebruik en de verificatie van de modellen op praktijkschaal is verdere samenwerking met het Proefstation voor de Rundveehouderij gewenst.

8.2.2 Methodiek van de schadebepaling

Over de bruikbaarheid van de ontwikkelde schadefuncties kan nog niet veel gezegd worden. Wel is de verwachting dat voor een goed gebruik van de hier gepresenteerde materie gestreefd moet worden naar:

1. Uitbreiding van het aantal standaardgevallen, bijv. meer bodemeenheden, meer startdata, veebezettingen enz. Een flinke dosis rekentijd moet geïnvesteerd worden met het bestaande model.

En/of

2. verdere ontwikkeling van het geconstrueerde model, zodat tijdens het operationele gebruik direct een betrouwbare specifieke schade berekend kan worden. Vooral een extra dosis onderzoeks/programmeerwerk moet geïnvesteerd worden.

En/of

3. ontwikkelen van eenvoudiger schadefuncties met het ontwikkelde model met als ingang eenduidige parameters zoals aantal werk-bare dagen, verdampingreducties, veebezetting enz. Dit betekent vooral een extra dosis onderzoekswerk.

Welke van de drie alternatieven op lange termijn het geschikste is, is op dit moment moeilijk te bepalen.

De bruikbaarheid van het eerste alternatief hangt met name af van de ervaringen met de gepresenteerde methodiek. Als in de praktijk het aantal standaardcurves enorm uitgebreid moet worden, dan kan de hoeveelheid te investeren rekentijd en de overzichtelijkheid een belangrijk nadeel worden. De toepassingsmogelijkheden van het tweede alternatief zijn vooral afhankelijk van de ontwikkeling van de beschikbaarheid van computercapaciteit op termijn. Om betrouwbare uitspraken te doen, zijn en blijven relatief uitgebreide programma's noodzakelijk; door een sterke uitbreiding van computercapaciteit (zoals toepassing van parallel werkende computers) kan in principe ieder geval apart doorgerekend worden tijdens het waterbeheer, zonder gebruik van de standaardcurves. De bruikbaarheid van de methode van het laatste alternatief staat zonder meer vast; voor het bepalen van de schade zijn dan slechts fysische parameters nodig verkregen uit een algemeen hydrologisch model (L.U.-model). De parameters worden dan ingevoerd in een eenvoudige formule of programma. Het is echter de vraag of het formuleren van dit soort eenvoudige "black-box"-modellen mogelijk is. In ieder geval is hiervoor een grote onderzoeksinspanning nodig.

LITERATUUR

Beekman, W., 1988. Notitie q(h)-relaties, in het kader van het ICW-project "Berekening Noord Brabant".

Belmans, J.G., J.G. Wesseling en R.A. Feddes, 1983. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. In: Journal of hydrology 63(1983) pp. 271-286.

Berghuijs-van Dijk, J.T., P.E. Rijtema en C.W.J. Roest, 1985. ANIMO, Agricultural Nitrogen Model. ICW Wageningen, Nota nr. 1671.

Beuving, J. 1984. Vocht en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel-, klei- en veengronden. Wageningen, ICW Rapport nr. 10 (nieuwe serie).

Beuving J., K. Oostindie en Th. Vellinga, 1989. Vertrappingsverliezen door onvoldoende draagkracht van veengrasland. Wageningen, Staring Centrum, Rapport 6.

Boheemen, P.J.M. van, 1981. Toename van de produktie van grasland bij verbetering van de watervoorziening (bijgesteld aug. 1981). ICW Wageningen, Nota nr. 1298.

Boheemen, P.J.M. van, en Th. H.M. Reuling, 1980. Rentabiliteit van berekening op melkveebedrijven en waterbehoefte van Gelderse landbouwgronden. Basisrapport 3: Berekening op dagbasis met de modellen UNSAT en MUST van de vochttekorten van grasland op zandgrond te Barchem. ICW Wageningen, Nota nr. 1531.

Boheemen, P.J.M. van, en H. Humbert, 1983. Sprinkling of grassland, I. Layout and experimental field. ICW Wageningen, Nota nr. 1501.

Boheemen, P.J.M. van, en H. Humbert, 1984. Sprinkling of grassland, II. Fundamentals of soil water flow at the experimental field. ICW Wageningen, Nota nr. 1540.

Bruin, H.A.R., 1979. Neerslag, openwaterverdamping en potentieel neerslagtekort in Nederland. Frequentieverdelingen in het groeiseizoen. KNMI De Bilt, Wetenschappelijk Rapport 79-4.

CAD-RSP, 1988. Kwantitatieve informatie 1988/89. Consulentschap in Algemene Dienst voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij Lelystad.

Feddes, R.A., 1986. Modelling and simulation in hydrologic systems related to agricultural development: State of the art. In: Proc. Water Management Agric. Development, Greece also I.C.W. Technical bulletin nr. 46.

Feddes, R.A., P.J. Kowalik, H. Zaradny, 1978. Simulation of field water use and crop yield. PUDDOC Wageningen, Simulation monographs.

Graaf, M. de, en R.A. Feddes, 1983. Model SWATRE. Simulatie van de waterbalans van grasland in het Hupselse beekgebied over de periode 1976 t/m 1982. ICW Wageningen, Nota nr. 1563.

Hagin, J. en E. Welte, 1984. Nitrogen dynamics model, verification and practical application. Verlag Erich Goltze Goettingen.

Hijink, J.W.F. en A.B. Meijer, 1987. Het KOEMODEL. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij Lelystad, Publikatie nr. 50.

ICW, 1981. Jaarverslag 1981, ICW Wageningen, blz. 62.

Jong, R. de, en P. Kabat, 1988. Modelling the water balance and grass production. Submitted for "Soil Science America".

Jong, R. de, P. Kabat en J.M.P.M. Peerboom, 1988. Calibration and assessment of the model SWACROP for grass production. Proc. Intern. Symposium "Watermanagment for Food Production", 14-16 december 1988, Athene, Griekenland. ECOWARM, Athene:3.28-3.30.

Kroes, J.G., 1988. ANIMO Version I, userguide. ICW Wageningen, Nota nr. 1848.

Luten, W., L. Roozeboom en G.J. Remmelink, 1983. Invloed van berijding op produktie en persistentie van grassoorten. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij Lelystad, Rapport nr. 90.

Mandersloot, F., 1984. Rendabiliteit van berekening op melkveebedrijven en waterbehoefte van Gelderse landbouwgronden. Basisrapport 4: Rendabiliteit van berekening op gezinsbedrijven. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij Lelystad, Rapport nr. 96.

Mandersloot, F., 1988a. Concept-interimrapportage WAS, versie 18 november 1988. Bijlage 1: bedrijfseconomische effecten van berekening voor gras en snijmaïs.

Mandersloot, F., 1988b. Een model-koe niet genoeg: een melkveemodel. Uit: Praktijkonderzoek, 2e jaargang nr. 2.

Meerveld, B. van, J. Ovinge en H. Wieling, 1986. BBPR, set voor het analyseren van het bedrijfsbegrotingsprogramma. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij Lelystad.

Overvest, J., 1977. Hergroeivertraging tijdens de veldperiode. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij Lelystad, Rapport nr. 52.

Peerboom, J.M.P.M., 1987. Aanpassingen aan het programma SWATRE t.b.v. de simulatie van het gedrag van zwellende en krimpende kleigronden. ICW Wageningen, Nota nr. 1807.

Penning de Vries, F.W.T. en H.H. van Laar (eds.), 1983. Simulation of plant growth and crop production. PUDOC Wageningen, Simulation monographs.

Righolt, J.W., 1988. Bedrijfstechnische en bedrijfseconomische aspecten van ontwatering en beregening van grasland. ICW Wageningen, Nota nr. 1853.

Schothorst, C.J., 1980. De voorjaarsproductie en het effect van ontwatering in diverse weidegebieden. ICW Wageningen, Nota nr. 1233.

Schothorst, C.J., 1982. Drainage and behaviour of peat soils. ICW Wageningen, Report nr. 3.

Spitters, C.J.T., 1986. Separating the diffuse and direct component of global radiation and its implications for modeling canopy photosynthesis, part II: calculation of canopy photosynthesis. In: Agricultural and Forest Meteorology, 38(1986) pp. 231-242. Elseviers Science Publishers B.V., Amsterdam.

Spitters, C.J.T., H.A.J.M. Toussaint en J. Goudriaan, 1986. Separating the diffuse and direct component of global radiation and its implications for modeling canopy photosynthesis, part I: components of incoming radiation. In: Agricultural and Forest Meteorology, 38(1986) pp. 217-229, Elseviers Science Publishers B.V., Amsterdam.

Rompelberg L.E.M., H. Wieling en J. OVERVEST, 1984. Normen voor de voedervoorziening. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij Lelystad, Publikatie nr. 23.

Thunnissen, H.A.M., 1984. Eenvoudige methode voor de bepaling van regionale gewasverdamming. Deelrapport 6 "Remote sensing studieproject Oost Gelderland". ICW Wageningen, Nota nr. 1580.

Visser, W.C., 1969. Mathematical models in soil productivity studies, exemplified by the response to nitrogen. In: Plant and Soil XXX(1969) no. 2.

Werkgroep HELP-tabel, 1987. De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige produktie. Rapport van de werkgroep HELP-tabel. Landinrichtingsdienst Utrecht, Mededeling 176.

Wijk, A.L.M. van, en R.A. Feddes, 1986 Simulating effect of soil type and drainage on arable crop yield. In: A.L.M. van Wijk and J. Wesseling "Agricultural Watermanagement, proceedings of a symposium on Agricultural Watermanagement" pp. 97-113. A.A. Balkema Rotterdam/Boston.

Wijk, A.L.M. van, R.A. Feddes, J.G. Wesseling en J. Buitendijk, 1988. Effecten van grondsoort en ontwatering op de opbrengst van akkerbouwgewassen. ICW Wageningen, Rapport nr. 31 (nieuwe serie).

Wösten, J.H.M., M.H. Banning en J. Beuving, 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staring-reeks. ICW Wageningen, Rapport nr. 18 (nieuwe serie, herziene versie rapport van april 1986).

AANHANGSEL 1

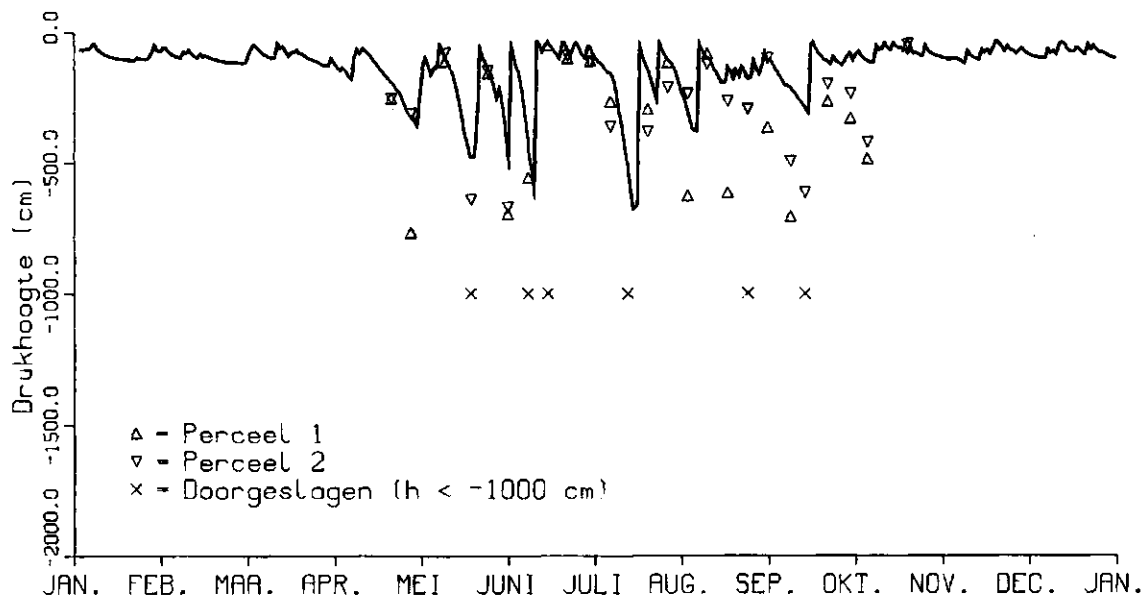
SAMENSTELLING BEGELEIDINGSCOMMISSIE
 "ONDERZOEK OPTIMALISEREN PEILBEHEER"

ir. R. Awater (projectleider)	- Provincie Gelderland, Dienst Milieu & Water
dr.ir. P.J.T. van Bakel	- Staring Centrum, Afd. Regionale Waterhuishouding
H.J. Brinkhof	- Provincie Gelderland, Dienst Milieu & Water
ing. B. Ensing	- Gelderse Waterschapsbond
ir. H.J. van Ieperen	- Landbouwniversiteit Wageningen Vakgroep Hydraulica & Afvoerhydrologie
ing. H.F.J. Kempen (secretaris)	- Provincie Gelderland, Dienst Milieu & Water
ir. P van der Kloet	- Technische Universiteit Delft Fac. Elektrotechniek
ing. J. Koerselman	- Directoraat Landelijke Gebieden, Provincie Gelderland
ir. J.D. Leenen	- HASKONING
ing. F. Mandersloot	- Proefstation voor de Rundveehouderij, Afd. Bedrijfseconomie
ing. G.P. Meijers	- Provincie Gelderland, Dienst Milieu & Water
dr.ir. Th. J. van de Nes (voorzitter)	- Provincie Gelderland, Dienst Milieu & Water
ing. P. Nicolai	- Consulentenschap v.d. Rundveehouderij
drs. W. Ottevanger	- HASKONING
ir. J.M.S. Overmars	- Provincie Gelderland, Dienst Landbouw & Landinrichting
ir. J.M.P.M. Peerboom	- Staring Centrum, Afd. Regionale Waterhuishouding
ing. G.M. Pronk	- Landinrichtingsdienst Afd. L.E.O.
ir. J.N.M. Stricker	- Landbouwniversiteit Wageningen Vakgroep Hydraulica & Afvoerhydrologie
ir. Th. Vellinga	- Proefstation voor de Rundveehouderij, Afd. Graslandgebruik.

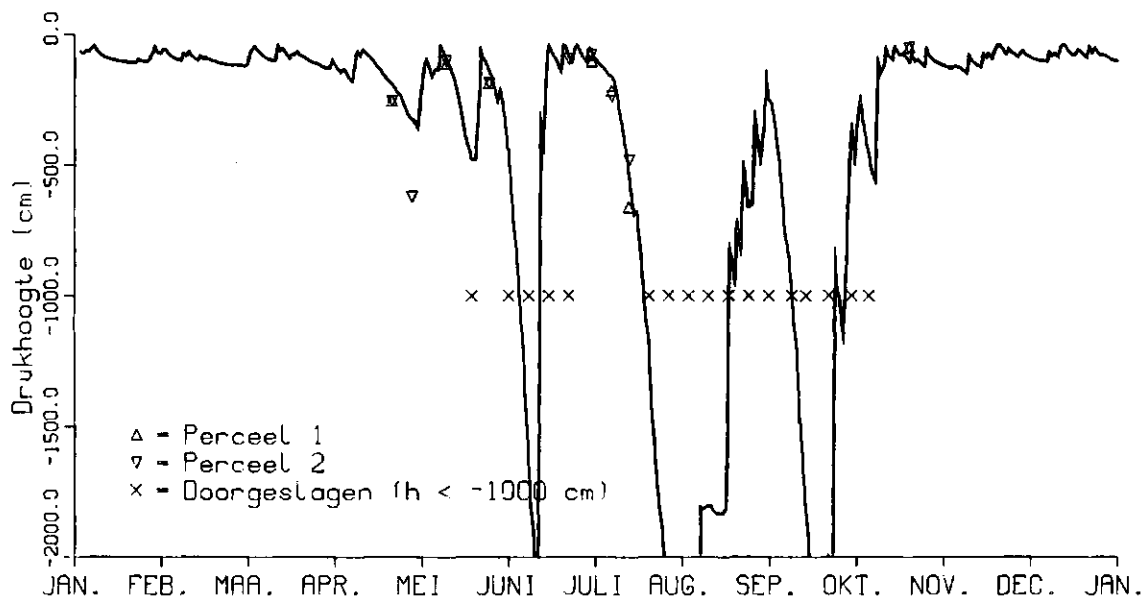
AANHANGSEL 2

CALIBRATIE SWATRE

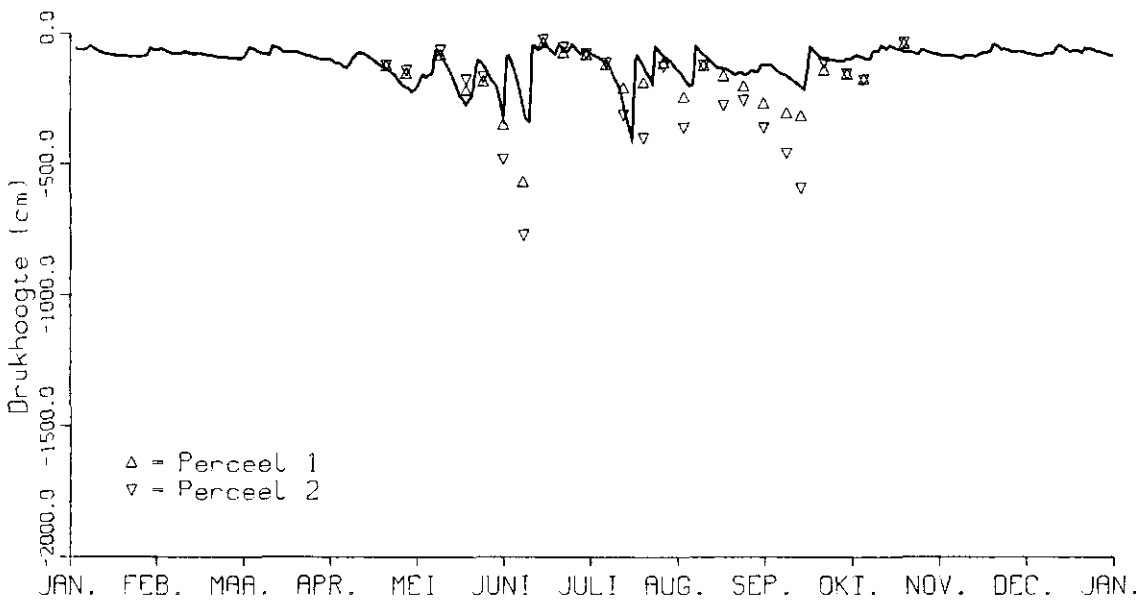
Drukhoogte op 5 cm in 1982, beregend bij $pF = 2.7$



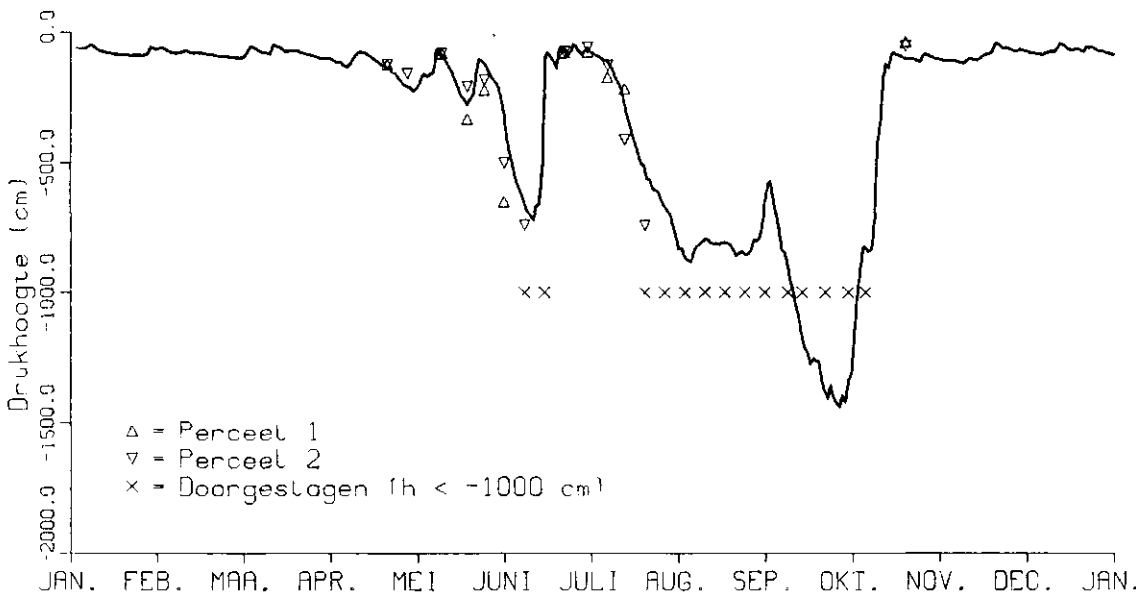
Drukhoogte op 5 cm in 1982, onberegend



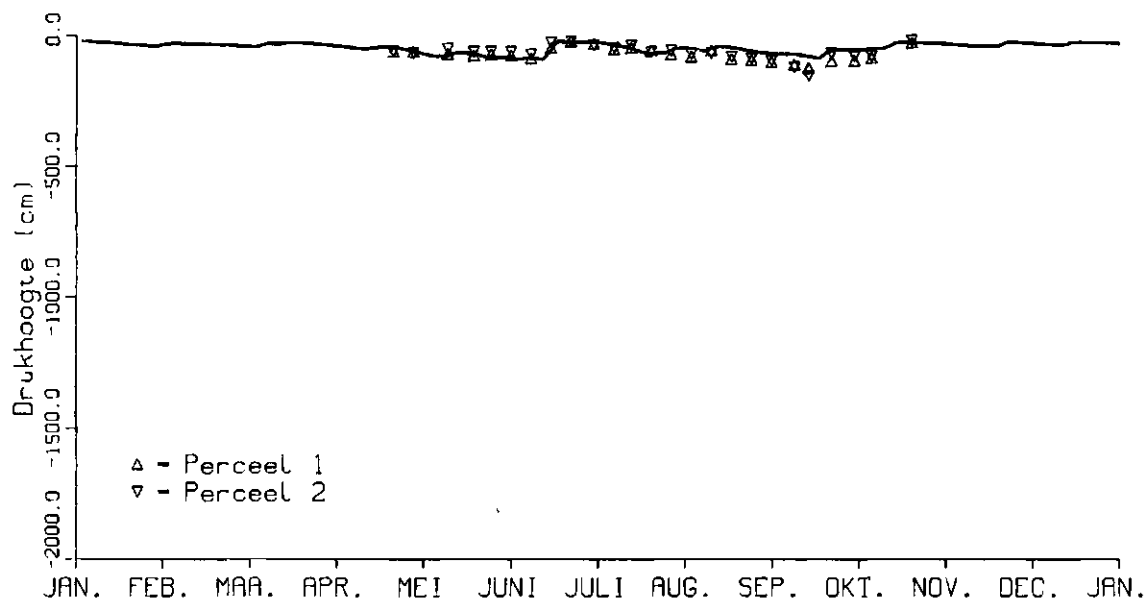
Drukhoogte op 25 cm in 1982, berekend bij $pF = 2.7$



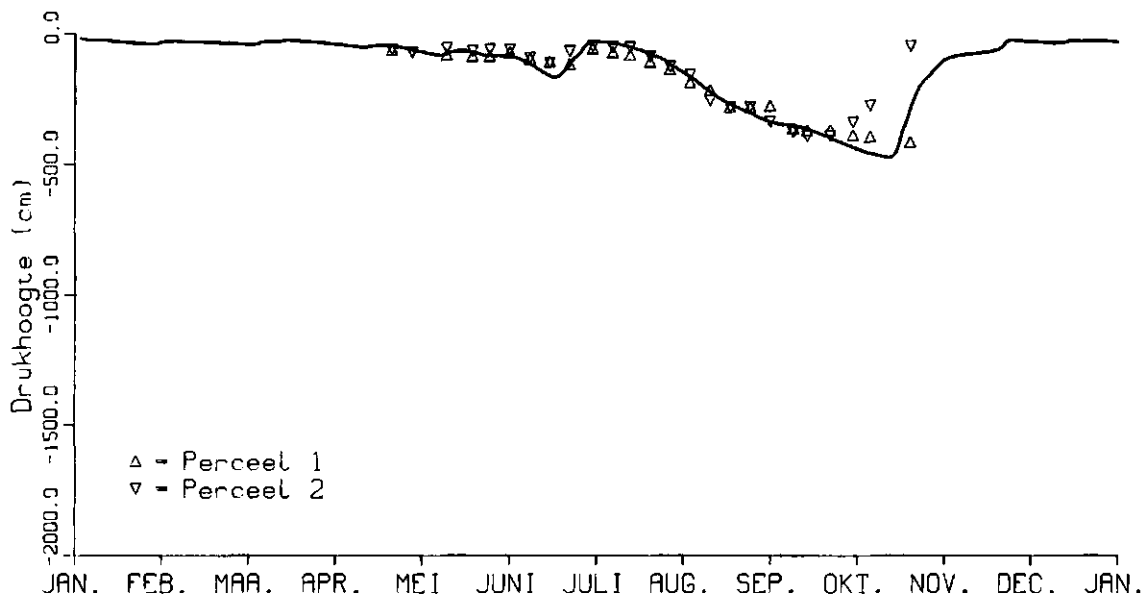
Drukhoogte op 25 cm in 1982, onberekend



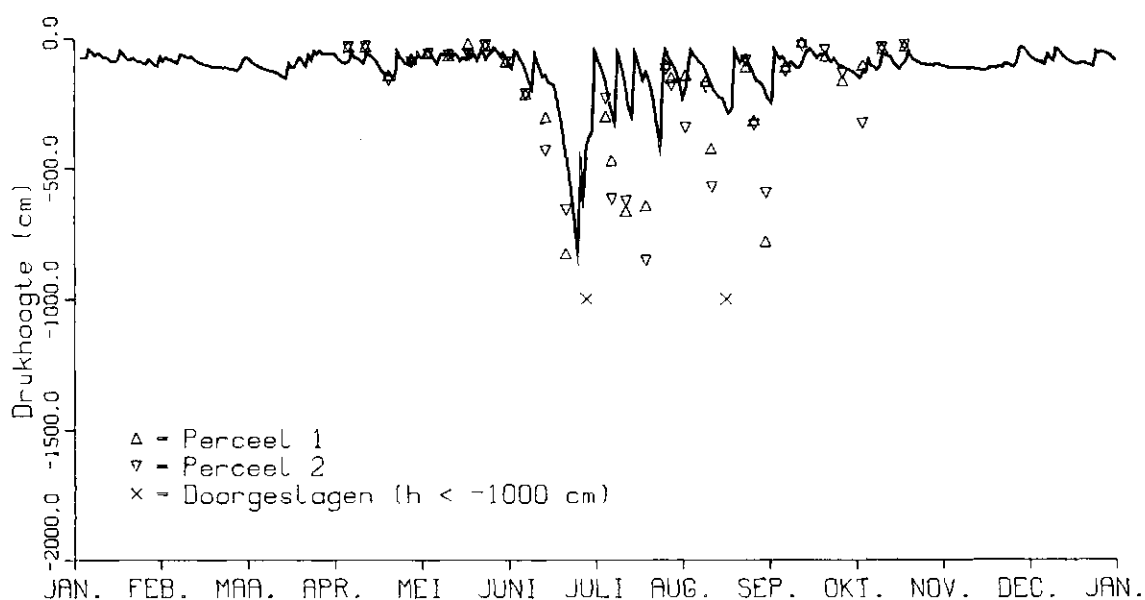
Drukhoogte op 90 cm in 1982, beregend bij $pF = 2.7$



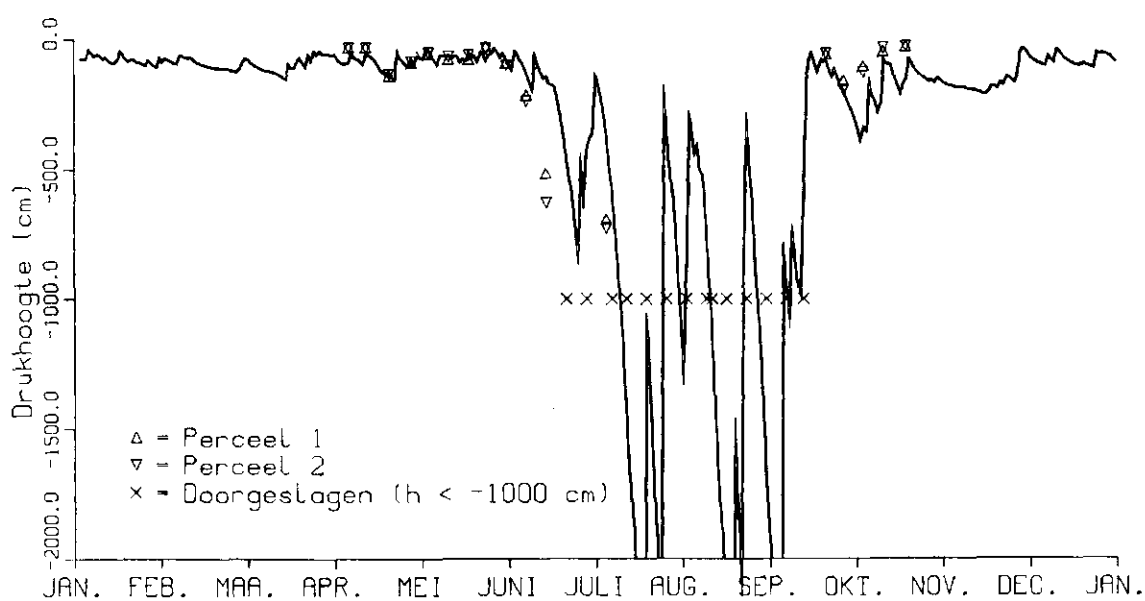
Drukhoogte op 90 cm in 1982, onberegend



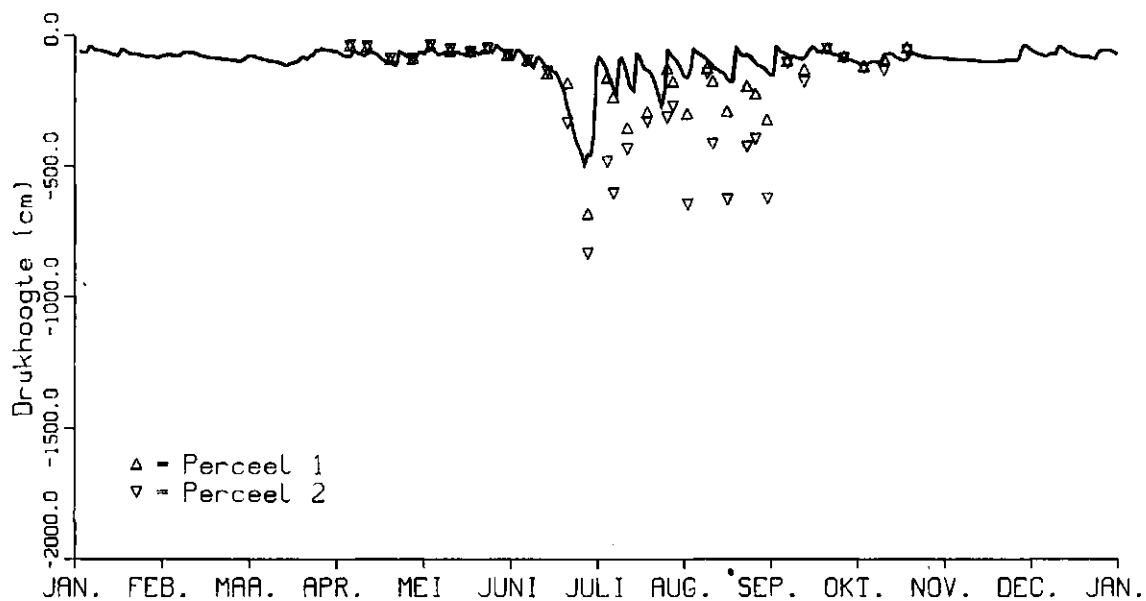
Drukhoogte op 5 cm in 1983, beregend bij $pF = 2.7$



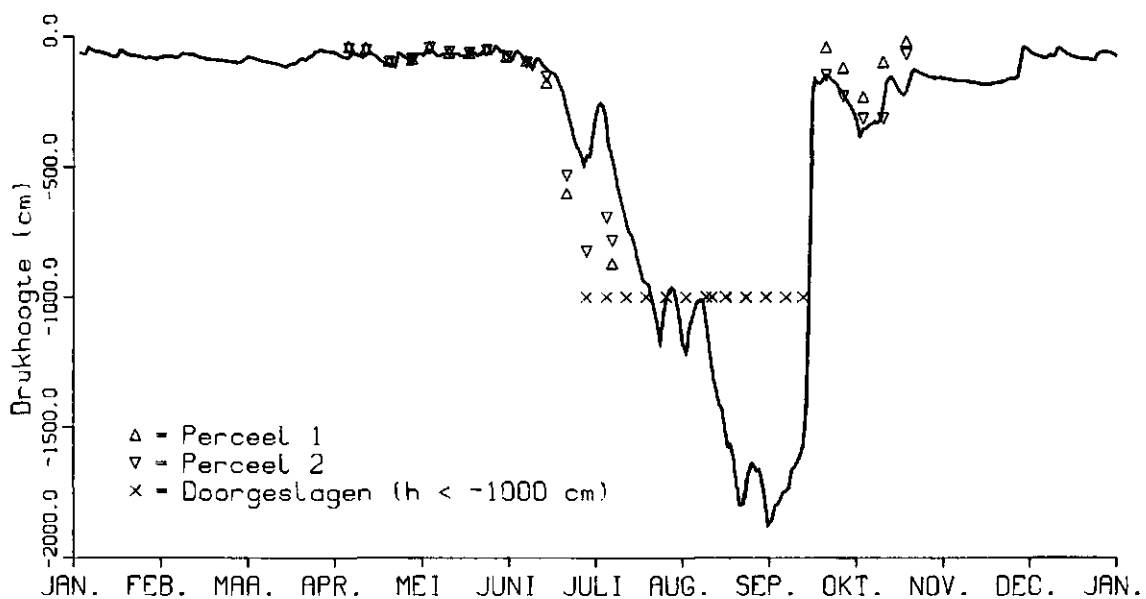
Drukhoogte op 5 cm in 1983, onberegend



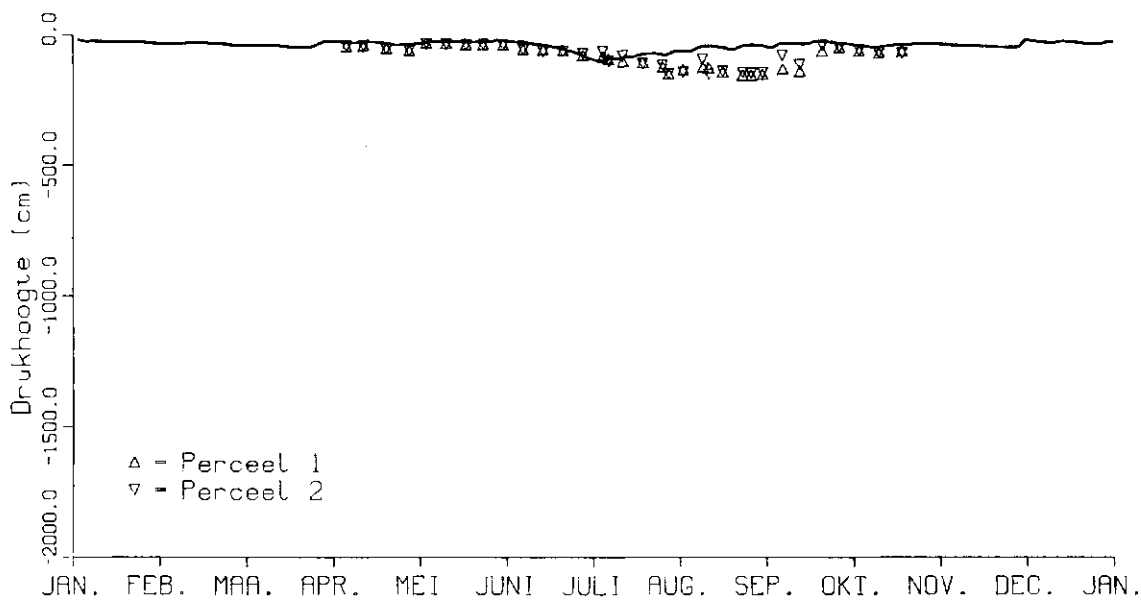
Drukhoogte op 25 cm in 1983, berekend bij $pF = 2.7$



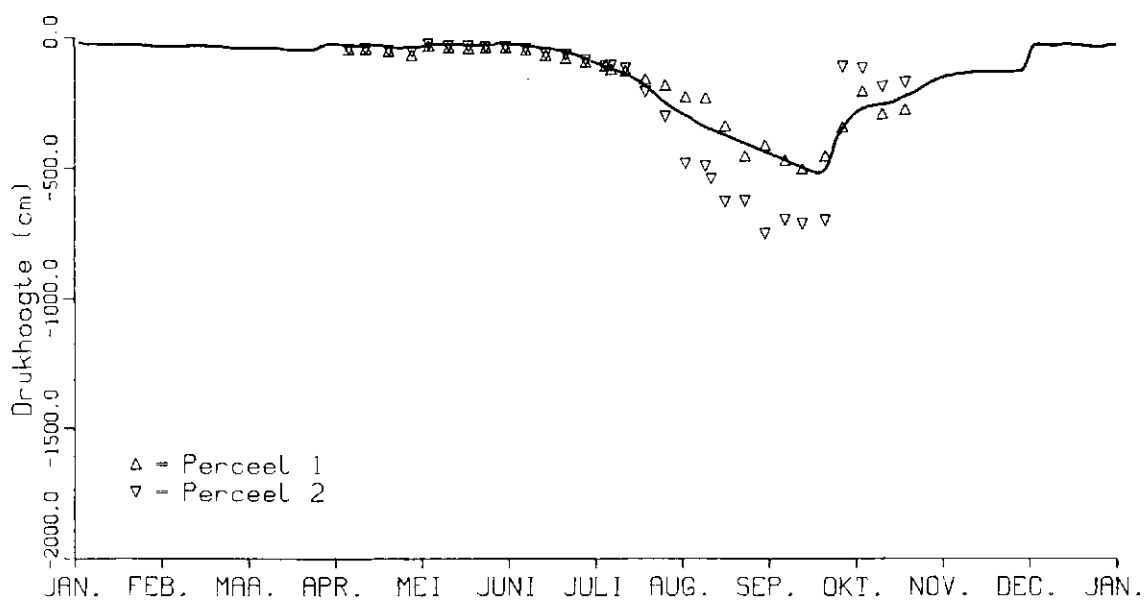
Drukhoogte op 25 cm in 1983, onberekend



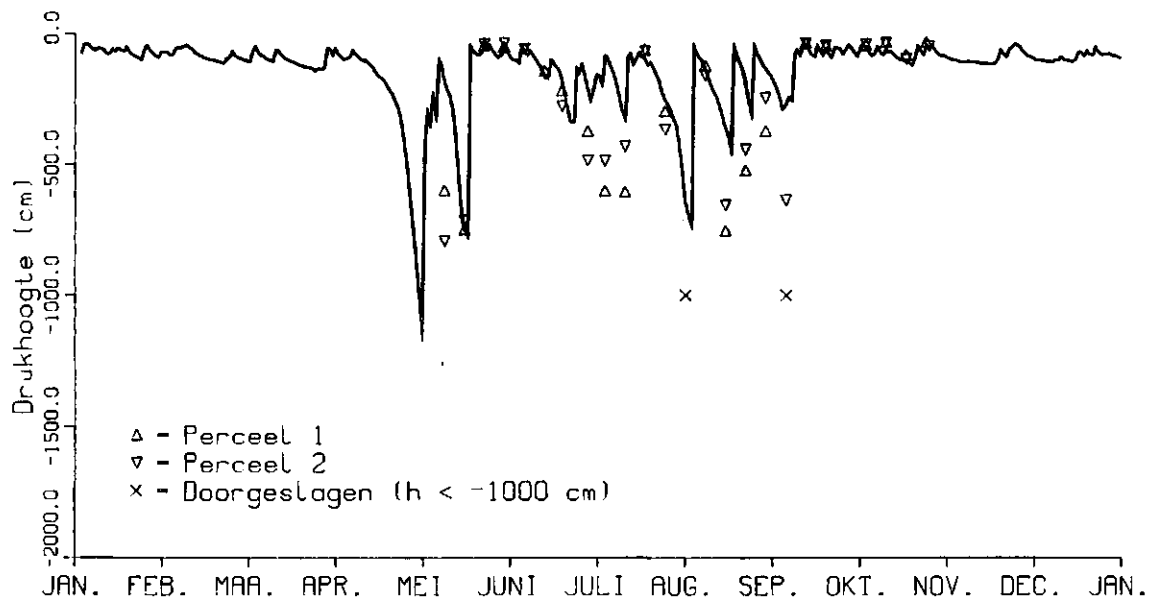
Drukhoogte op 90 cm in 1983, berekend bij $pF = 2.7$



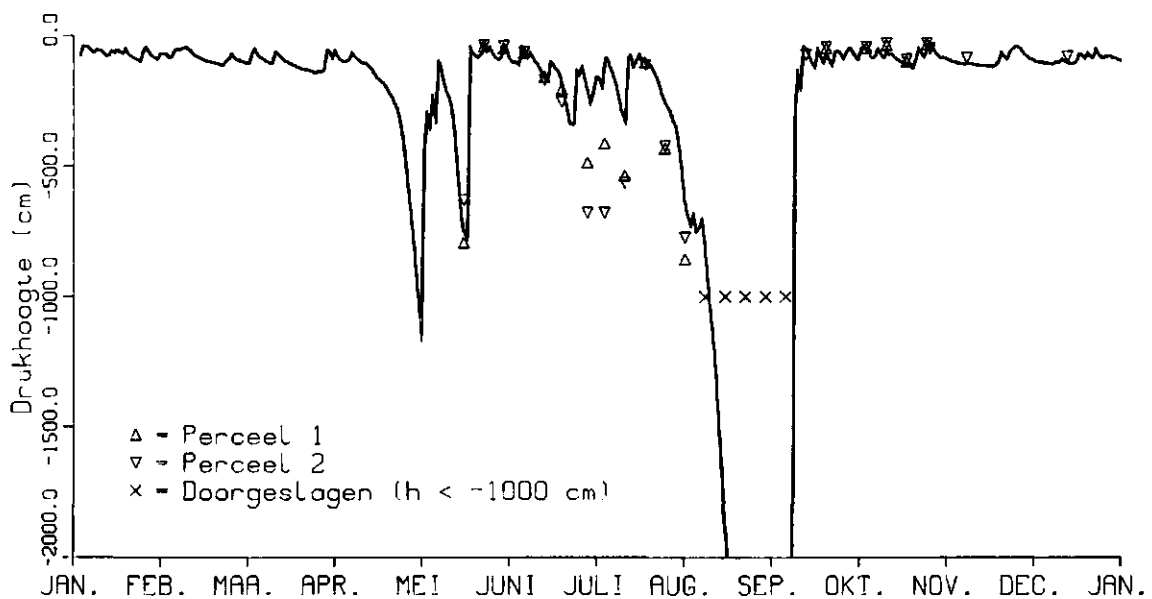
Drukhoogte op 90 cm in 1983, onberekend



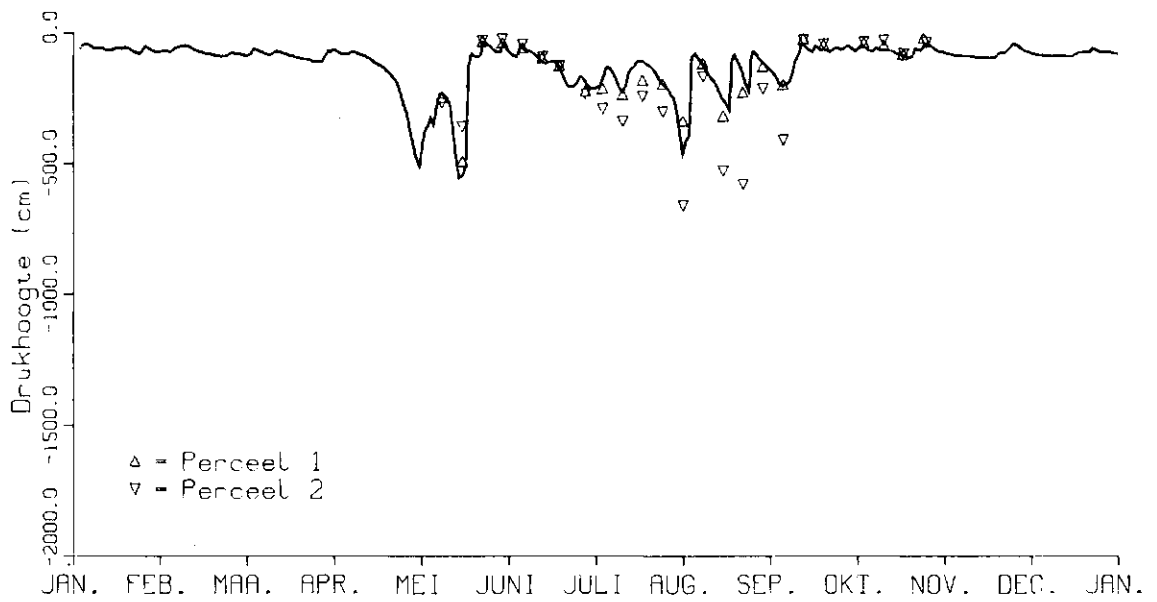
Drukhoogte op 5 cm in 1984, beregend bij $pF = 2.7$



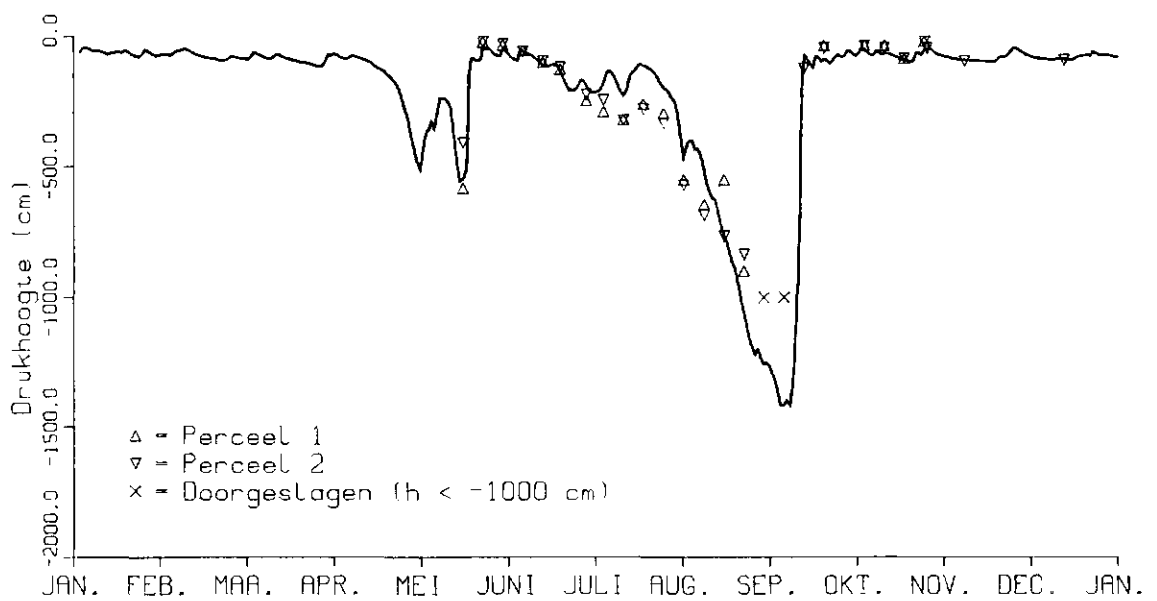
Drukhoogte op 5 cm in 1984, onberegend



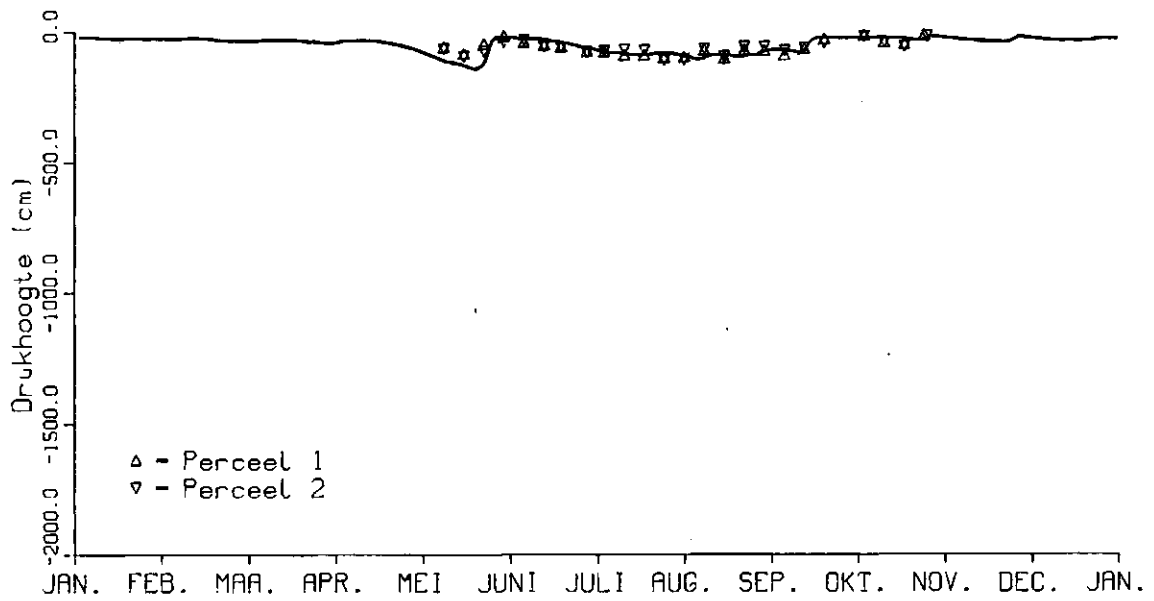
Drukhoogte op 25 cm in 1984, berekend bij $pF = 2.7$



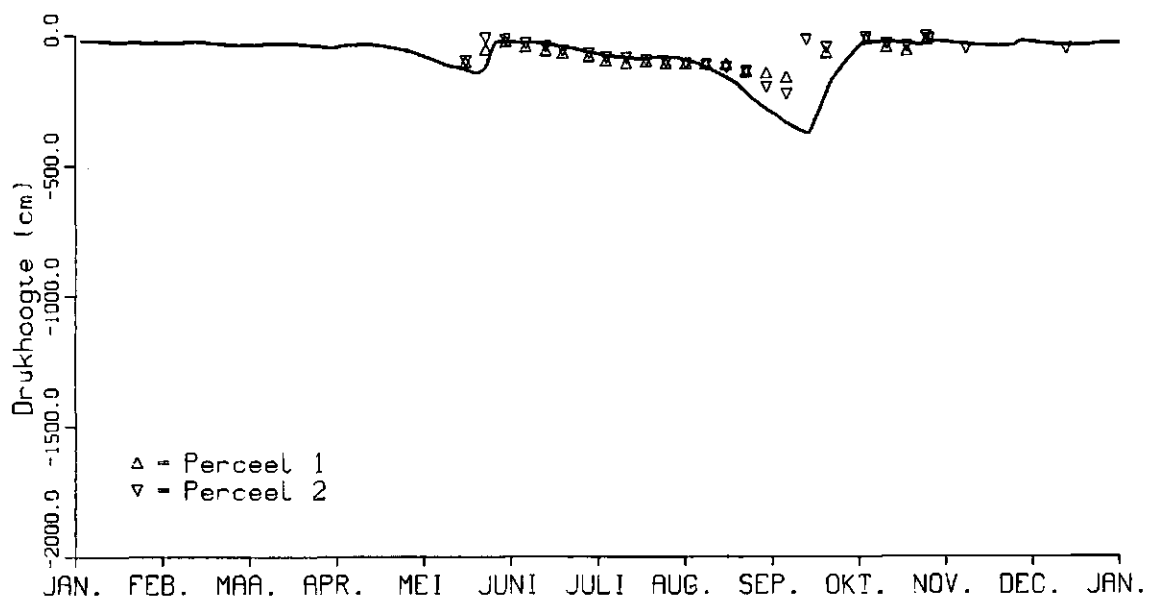
Drukhoogte op 25 cm in 1984, onberekend



Drukhoogte op 90 cm in 1984, berekend bij $pF = 2.7$



Drukhoogte op 90 cm in 1984, onberekend



AANHANGSEL 3
CALIBRATIE/VERIFICATIE CROPR

Aanhangsel 3.1 Gewasrelaties

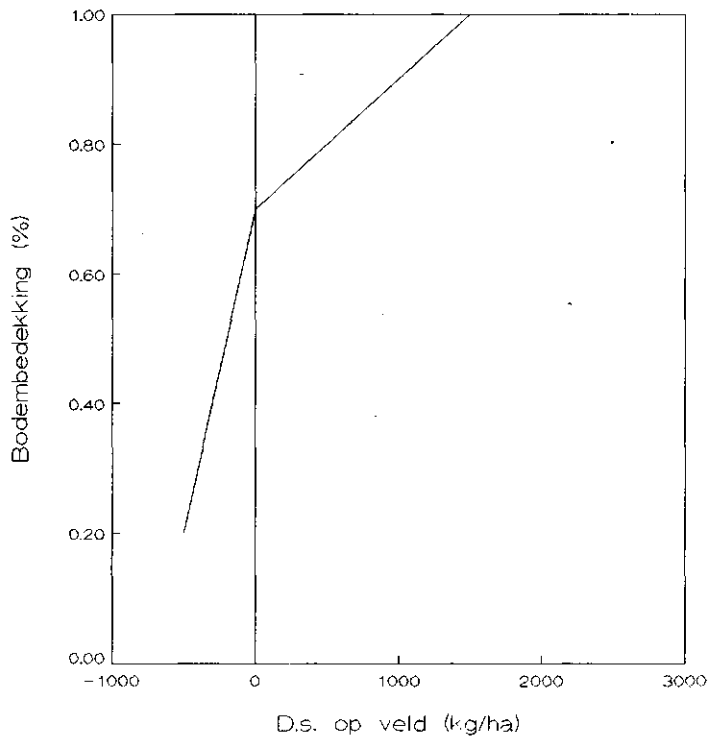


Fig. 3A Ontwikkeling van de bodembedekking als functie van de droge-stofhoeveelheid.

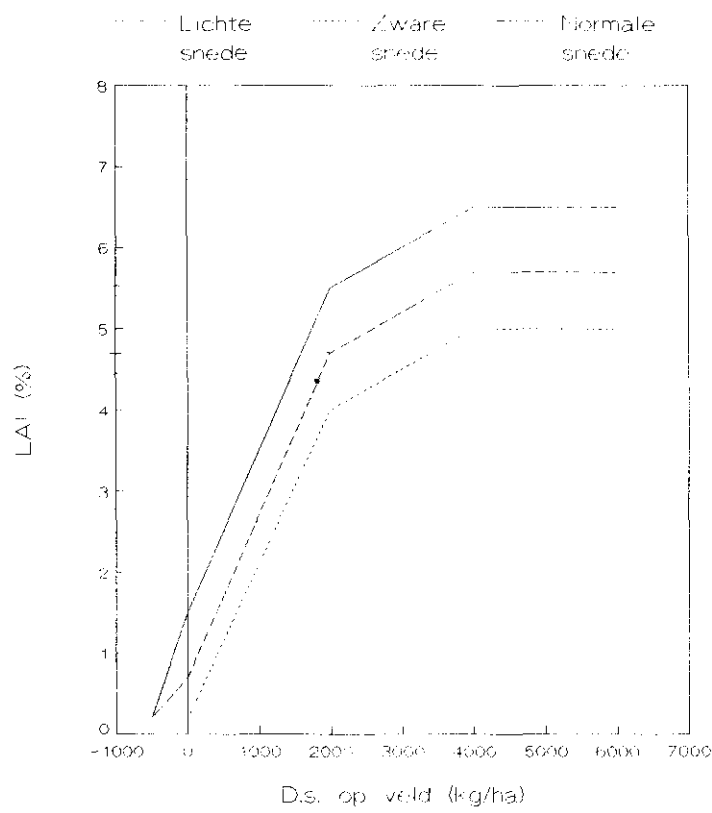


Fig. 3B Ontwikkeling van de bebladeringsindex LAI als functie van de droge-stofhoeveelheid.

Aanhangsel 3.2 Calibratie

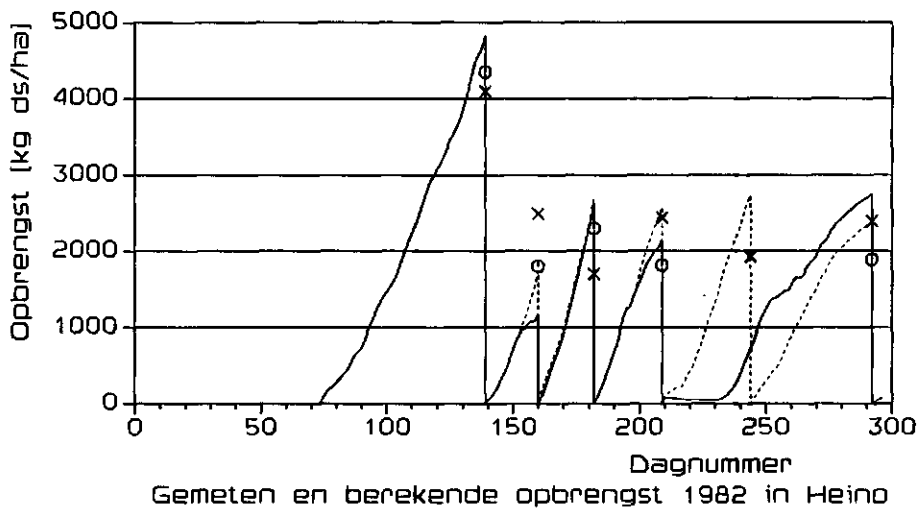


Fig. 3C Gemeten en berekende opbrengst R.O.C.-Heino in 1982.

- o = gemeten opbrengst zonder berekening
- x = gemeten opbrengst berekend bij $pF=2,7$
- = berekende opbrengst zonder berekening
- = berekende opbrengst berekend bij $pF=2,7$

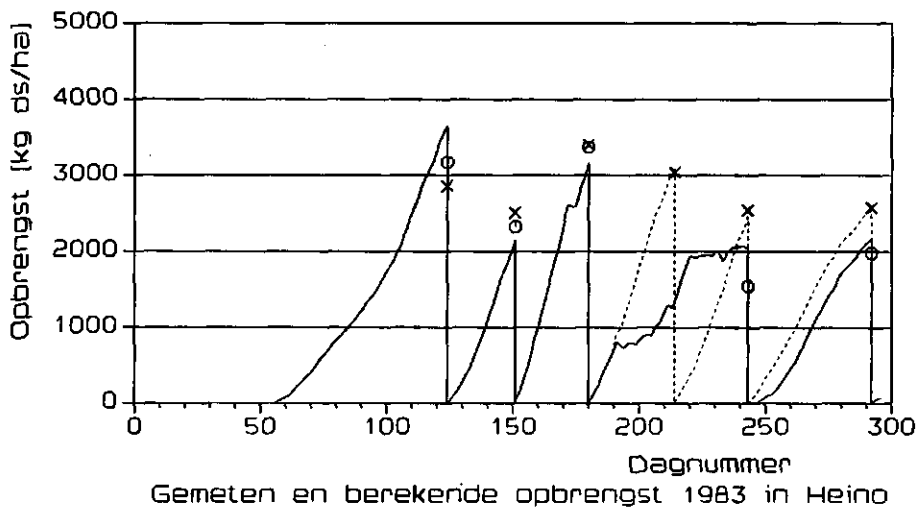


Fig. 3D Gemeten en berekende opbrengst R.O.C.-Heino in 1983.

- o = gemeten opbrengst zonder berekening
- x = gemeten opbrengst berekend bij $pF=2,7$
- = berekende opbrengst zonder berekening
- = berekende opbrengst berekend bij $pF=2,7$

Aanhangsel 3.3 Verificatie

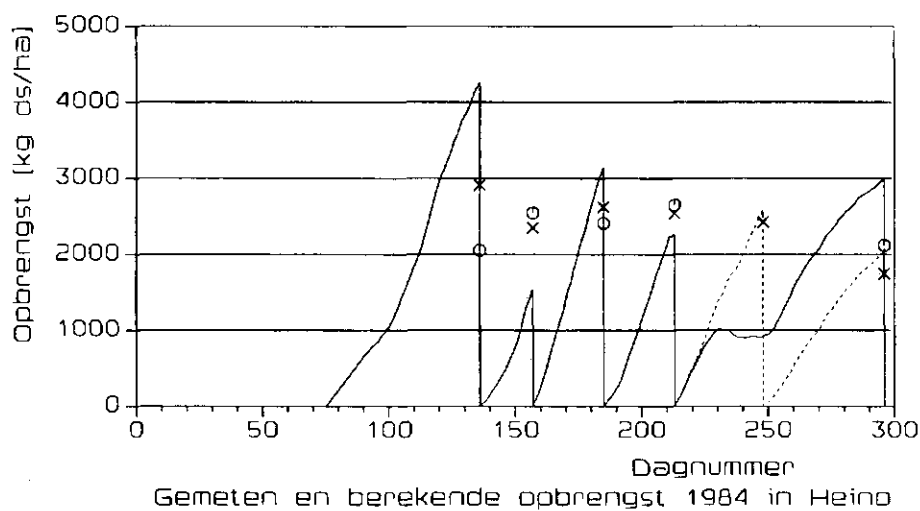


Fig. 3E Gemeten en berekende opbrengst R.O.C.-Heino in 1984.

- o = gemeten opbrengst zonder berekening
- x = gemeten opbrengst berekend bij $pF=2,7$
- = berekende opbrengst zonder berekening
- = berekende opbrengst berekend bij $pF=2,7$

AANHANGSEL 4 VOORBEELDEN BEWEIDINGSSCHEMA

Aanhangsel 4.1 Natte omstandigheden

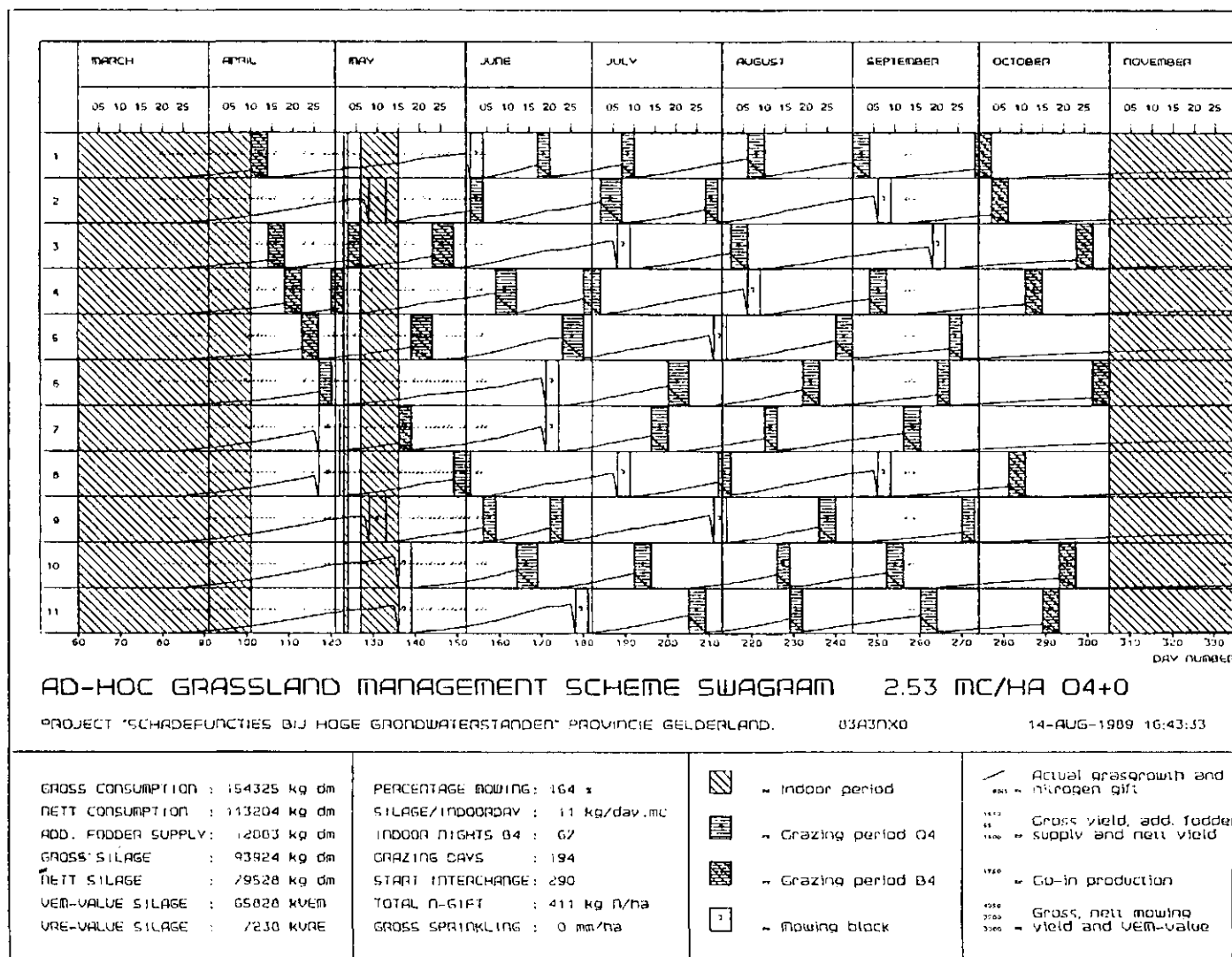


Fig. 4A Beweidingschema gedurende 1983 voor een elf percelenplan met vijftig melkkoeien bij Gt III op bodem B303, zoals gesimuleerd voor het programma GRAMAN.

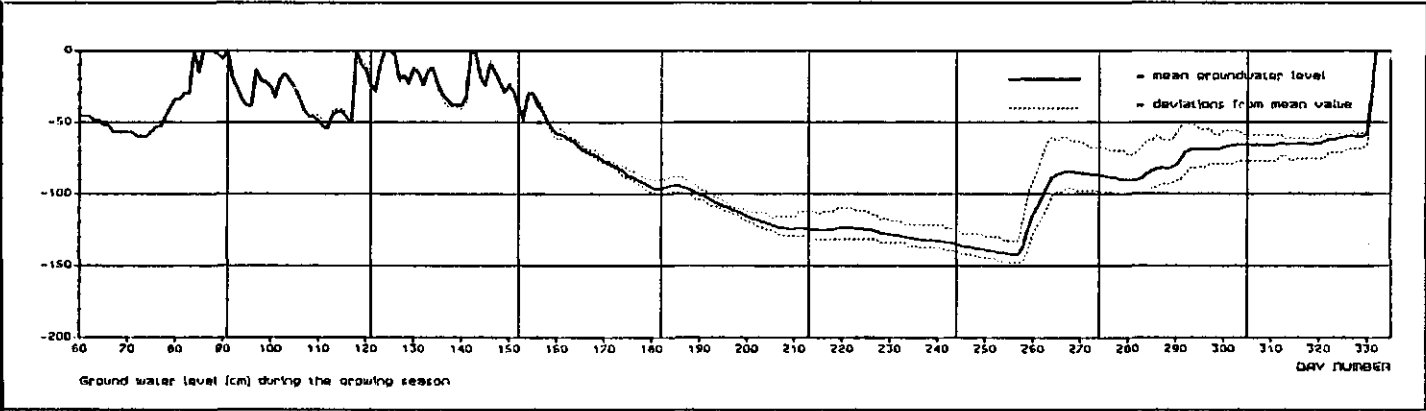
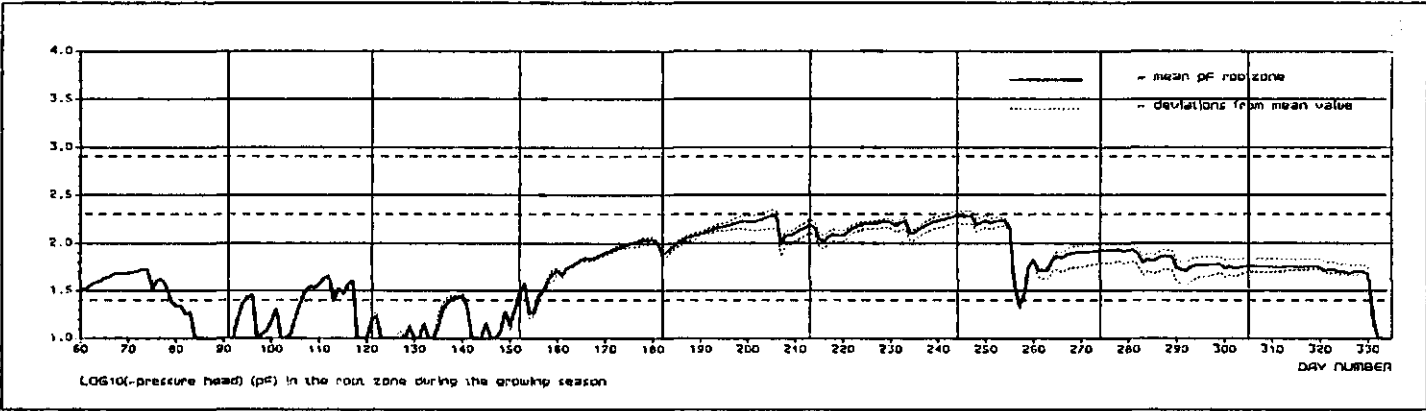
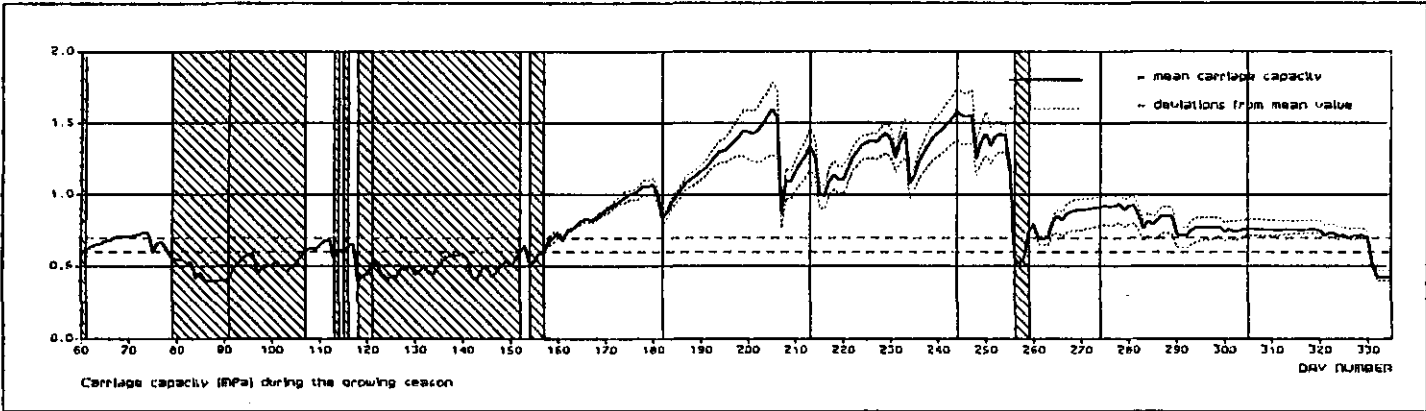


Fig. 4B Verloop voor de draagkracht, pF en grondwaterstand in 1983 voor het beweidingsschema uit fig. 4A.

Aanhangsel 4.2 Droge omstandigheden

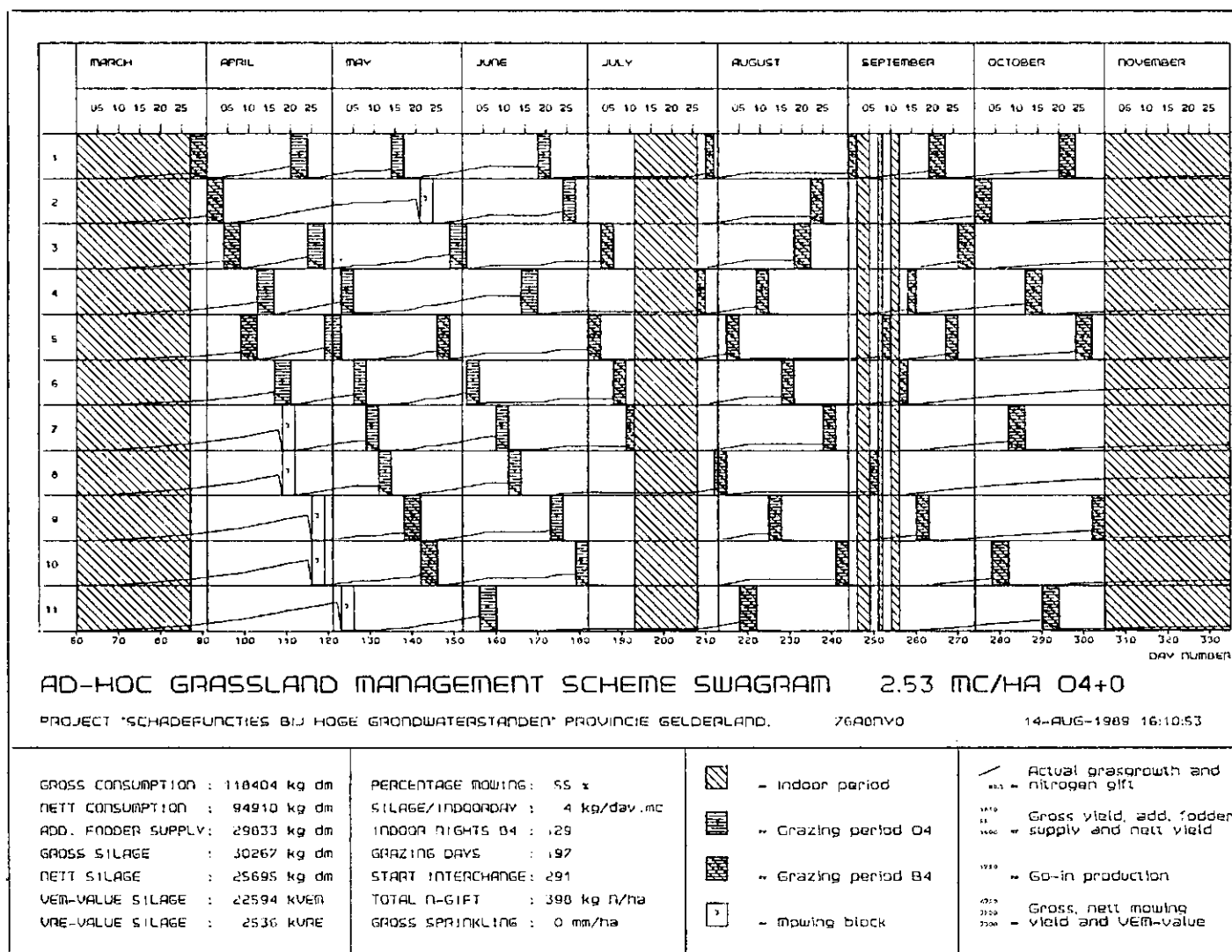


Fig. 40 Beweidingschema gedurende 1976 van een elf percelenplan met vijftig melkkoeien bij Gt VII* op bodem B101, zoals gesimuleerd door het programma GRAMAN.

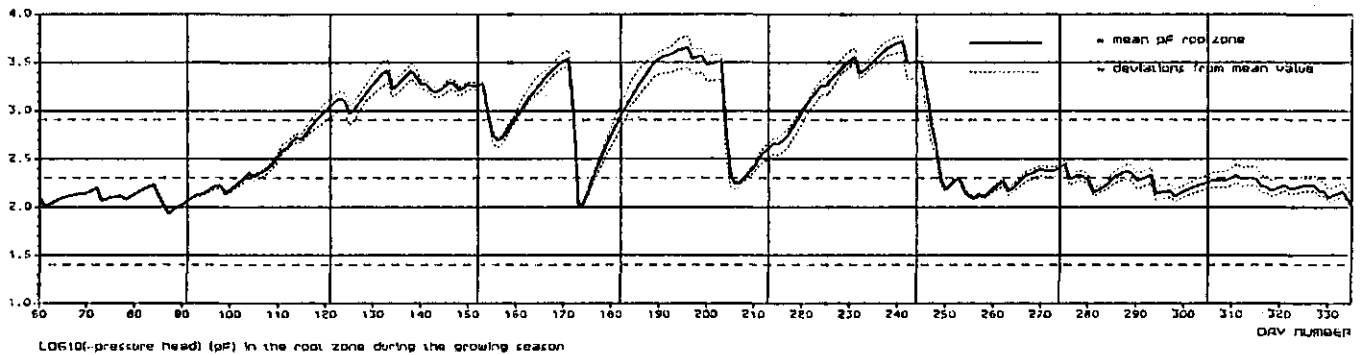
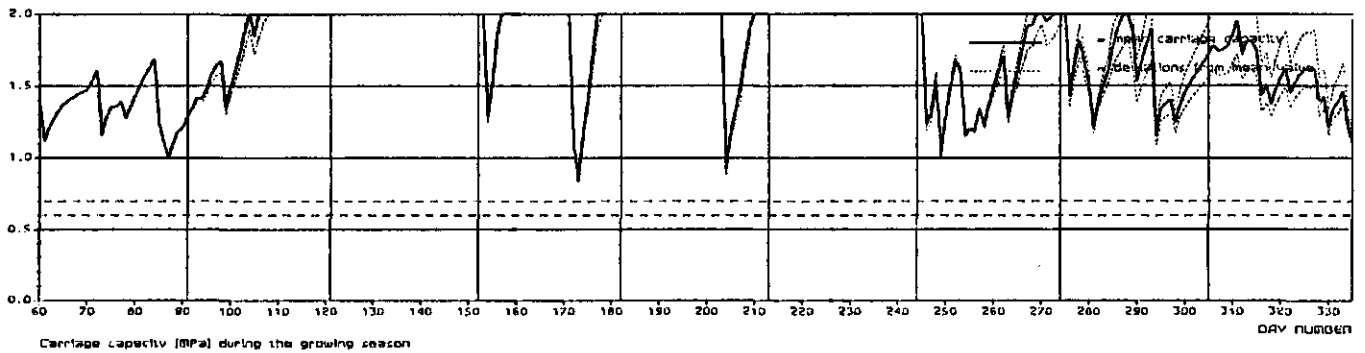


Fig. 4D Verloop draagkracht en pF in 1983 voor het beweidingsschema uit fig. 4C (grondwaterstand niet gesimuleerd; voor Gt VII* is vrije drainage aangenomen).

AANHANGSEL 5
OPBRENGSTVERHOOGING DOOR BEREKENING

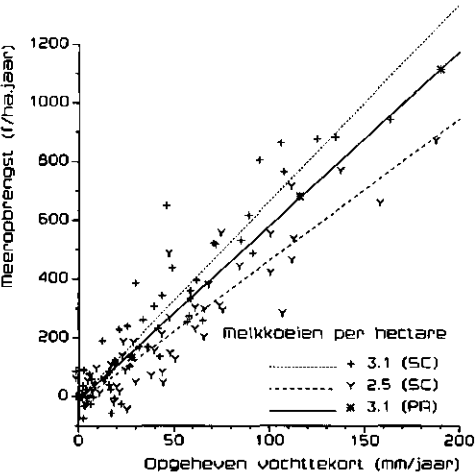


Fig. 5A Opgeheven transpiratietekort vs. berekende opbrengstverhoging.

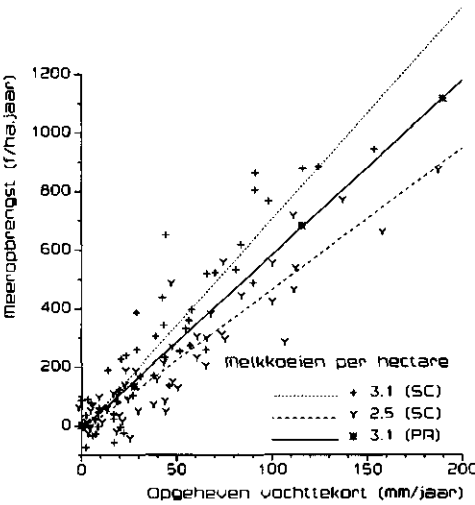


Fig. 5B Opgeheven evapotranspiratietekort vs. berekende opbrengstverhoging.

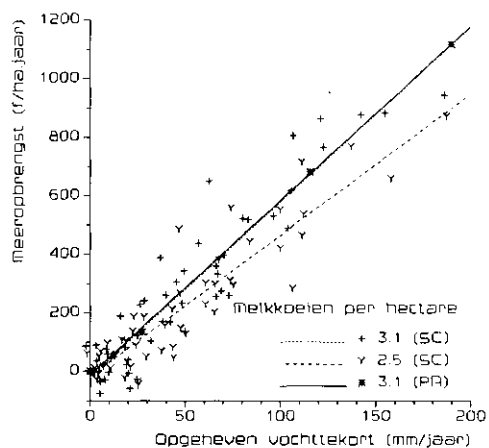


Fig. 5C Opgeheven transpiratie en interceptietekort vs. berekende opbrengstverhoging.

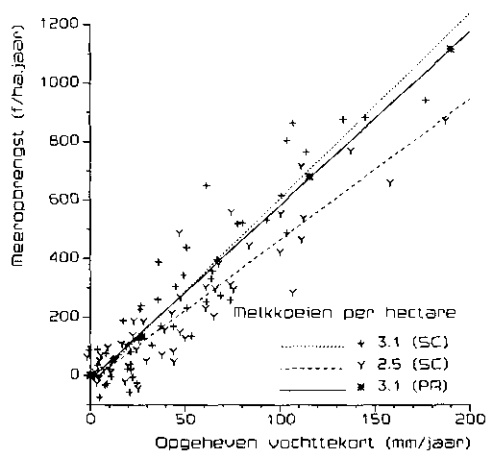


Fig. 5D Opgeheven evapotranspiratie- en interceptietekort vs. berekende opbrengstverhoging.

AANHANGSEL 6
VOORNAAMSTE STANDAARDINVOER

Aanhangsel 6.1 BBPR

2	1.6.0	0	Hectares snijmais zelf telen
2	1.7.0	1.	Ha's erf, wegen en sloten
2	2.0.0	JA	Grond gepacht?
2	2.0.2	500.	Pachtprijs per ha
2	2.1.0	NEE	Grond in eigendom?
2	2.2.0	JA	Is de veebezetting per ha grasland bekend?
3	2.0.0	HF	Veeslag
3	2.1.0	25.	Vervangingspercentage melkkoeien
3	2.2.0	3.	Uitvalpercentage van de veestapel
3	7.0.0	0.	Percentage kweek?
3	8.1.0	250.	Wettelijke norm fosfaat grasland
3	8.1.1	350.	Wettelijke norm fosfaat snijmais
3	10.0.0	NEE	Wordt de organische mest overgedoseerd?
3	11.0.0	10.	Percentage graslandvernieuwing
3	11.0.1	HERINZ	Graslandvernieuwing: herinzaai of doorzaaien?
3	12.1.0	0.895	kVEM-waarde van het aan te kopen ruwvoer
3	12.2.0	0.05	VRE-gehalte van het aan te kopen ruwvoer
3	13.0.0	JA	Wordt in de weideperiode ruwvoer bijgevoerd?
3	13.2.0	0.895	kVEM-waarde bij te voeren ruwvoer
3	15.3.0	600.	Gewicht melkkoeien
3	16.0.0	38.	Melkprodukten voor de kalveren (kg poeder per kalf)
4	1.0	LW	Mechanisatiesysteem voederwinning voordroogkuil
4	1.1	1.	Hoe vaak komt de loonwerker? (ZIE TOELICHTING)
4	1.2	NEE	Komt de loonwerker voor grasmaaien?
4	2.0	EM	Mechanisatiesysteem uitrijden org. mest
5	1.0.0	74.	Melkprijs per 100 kg melk inclusief nabetaling
5	2.0.0	1660.	Verkoopprijs uitstoot ouder vee
5	2.0.1.0	420.	Verkoopprijs stierkalveren excl. dode dieren
5	2.0.1.1	420.	Verkoopprijs vaarskalveren excl. dode dieren
5	2.0.4	2100.	Aankoopprijs vaarzen
5	2.1.0	2200.	Vervangingswaarde melkkoe
5	3.0.0	-5.	Verkoop mest per m ³
5	3.0.1	0.28	Verkoop ruwvoer (gld per kVEM)
5	3.0.3	0.	Overige opbrengsten per melkkoe
5A	4.1.1	55.	Kosten veearts per melkkoe
5A	4.2.1	45.	Kosten dekgeld per melkkoe
5A	4.3.0	35.	Kosten melkcontrole per melkkoe
5A	4.4.0	25.	Kosten strooisel per melkkoe
5A	4.5.0	17.50	Kosten scheren/klauwbekappen per melkkoe
5A	4.6.1	0.	Diverse veekosten per melkkoe

5B	5.0.0	39.	Prijs per 100 kg standaard krachtvoer
5B	5.1.0	40.	Prijs per 100 kg extra eiwit
5B	5.2.0	0.38	Aankoopprijs ruwvoer in f per kVEM
5B	5.4.0	2.50	Prijs per kg kunstmelkpoeder
5B	5.5.0	10.	Diverse voerkosten per melkkoe
5C	6.0.0	1.2	Prijs per kg zuivere stikstof
5C	6.0.1	1.0	Prijs per kg zuivere fosfaat
5C	6.0.2	0.65	Prijs per kg zuivere kali
5C	6.0.5	125.	Overige bemestingskosten / ha grasland op zand
5C	7.0.0	60.	Afrasteringskosten per ha grasland
5C	8.0.0	0.6	Prijs per m ² plastic voor kuilafdekking
5C	9.0.0	1270.	Loonwerktarief per ha herinzaai
5C	9.0.1.0	NEE	Zijn er extra kosten bij herinzaai/doorzaai?
5D	10.0.0	260.	Loonwerktarief per ha inkuilen voordroogkuil
5D	10.0.1	85.0	Loonwerktarief aanrijden per ha in te kuilen
5D	10.2.2	15.	Loonwerktarief per ha slootonderhoud op zand
5D	10.3.2	0.	Loonwerktarief per ha greppelfrezen op zand
5D	10.4.0	0.	Kosten niet toegerekend loonwerk in f per ha
5F	12.0.0	100.	Brandstofkosten per ha grasland
5F	13.0.0	NEE	Electrisch koelen en electrisch verwarmen?
5F	13.0.1	JA	Electrisch koelen en met aardgas verwarmen?
5F	13.1.0	0.25	Stroomprijs per kWh
5F	13.1.1	0.6	Gasprijs per kubieke meter
5F	14.0.0	JA	Voorkoeler aanwezig ?
5F	14.1.0	JA	Warmtepomp aanwezig ?
5F	14.2.0	1.	Aantal boilers
5F	14.2.1	JA	Boiler(s) in eigendom?
6	1.0	300000	Vervangingswaarde stallen: constant deel
6	1.1	0.	Vervangingswaarde stallen: variabel deel per mk
6	2.0	20000	Vervangingswaarde erfverharding: constant deel
6	2.1	0	Vervangingswaarde erfverharding: variabel deel per mk
6	2.2.0	5000	Vervangingswaarde kavelpadverharding
6	2.2.1	BETON	Kavelpadverharding: beton of klinkers?
6	2.3.0	NEE	Is er extra mestopslag?
6	2.4	35.0	Vervangingswaarde kuilplaat voor ruwvoeropslag per m ²
6	3.0	20000	Vervangingswaarde werktuigenberging: constant deel
6	3.1	0	Vervangingswaarde werktuigenberging: variabel deel/mk

6	3.2	16000	Extra vervangingswaarde voor een werkplaats
6	4.2.0	1300	Vervangingswaarde boiler per stuk
6	4.3	3000	Vervangingswaarde voorkoeler
6	4.4	5000	Vervangingswaarde warmtepomp
6	4.5.0	NEE	Is er kaasapparatuur op het bedrijf?
6	5.0	160000	Vervangingswaarde machines en werktuigen incl. melktank
6	6.0	4500	Algemene kosten: constant deel
6	6.1	120.	Algemene kosten: variabel deel per melkkoe
7	1.0	5.	Stallen: percentage afschrijving
7	1.1	2.	Stallen: percentage onderhoud
7	2.0	3.	Erfverharding: percentage afschrijving
7	2.1	1.5	Erfverharding: percentage onderhoud
7	2.2.0	3.	Kavelpadverharding: percentage afschrijving
7	2.2.1	0.5	Kavelpadverharding: percentage onderhoud
7	2.4	3.	Kuilplaat: percentage afschrijving
7	2.5	1.5	Kuilplaat: percentage onderhoud
7	3.0	5.	Werktuigenberging: percentage afschrijving
7	3.1	1.	Werktuigenberging: percentage onderhoud
7	4.2	10.	Boiler(s): percentage afschrijving
7	4.3	5.	Boiler(s): percentage onderhoud
7	4.4	10.	Voorkoeler: percentage afschrijving
7	4.5	5.	Voorkoeler: percentage onderhoud
7	4.6	10.	Warmtepomp: percentage afschrijving
7	4.7	5.	Warmtepomp: percentage onderhoud
7	5.0	10.	Machines, werktuigen, melktank: percentage afschrijving
7	5.1	7.	Machines, werktuigen, melktank: percentage onderhoud
8	1.0	7.	Rentepercentage
9	1.0	0.	Aantal vreemde arbeidskrachten
9	3.0	1.	Aantal ondernemers

Aanhangsel 6.2 GRAMAN

500.0 ! START STOPPEL BEGIN GROEISEIZOEN
0 ! BEREKENING (NIET)
1.0 0.1 2.5 50.0 ! GEBRUIKSBSLISSINGSFACTOREN
2400 ! MAX. HOEVEELHEID DROGE STOF WEIDEN
2500 ! MIN. HOEVEELHEID DROGE STOF MAAIEN 1ST SNEDE
3000 ! MIN. HOEVEELHEID DROGE STOF MAAIEN LATER SNEDEN
290 ! UITERSTE DATUM BEGIN OVERGANGSPERIODE
75 ! EERSTE DATUM DAT INSCHAREN MOGELIJK IS
15 ! MINIMUM LENGTE OVERGANGSPERIODE
250 ! EERST MOGELIJKE DATUM INGANG OVERGANG
270 ! DATUM VANAF WAAR MAAIEN BIJ 2500 KG
7 ! AANTAL DAGEN WAARBINNEN GEEN TWEE MAAISESSIES MOGEN VALLen
2 ! MAX. AANTAL PERCELEN DIE TEGELIJK GEMAAID MOGEN WORDEN
7 ! VOORUITKIJKPERIODE VOOR MAAIBEURTEN
4 ! AANTAL DAGEN DRAAGKRACHT < 0,6 MPA VOOR UITSCHAREN
2 ! AANTAL DAGEN DRAAGKRACHT > 0,6 MPA VOOR INSCHAREN
6500 ! POTENTIËLE MELKPRODUKTIE

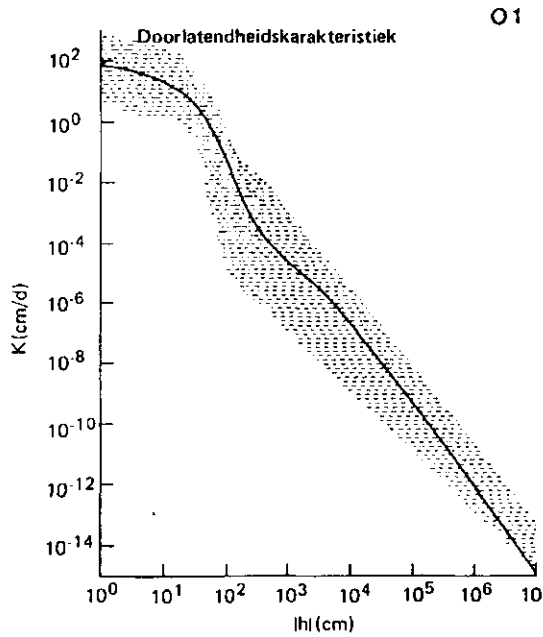
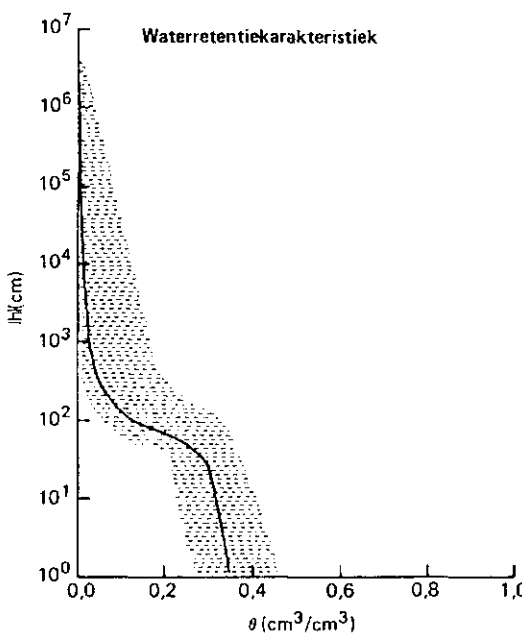
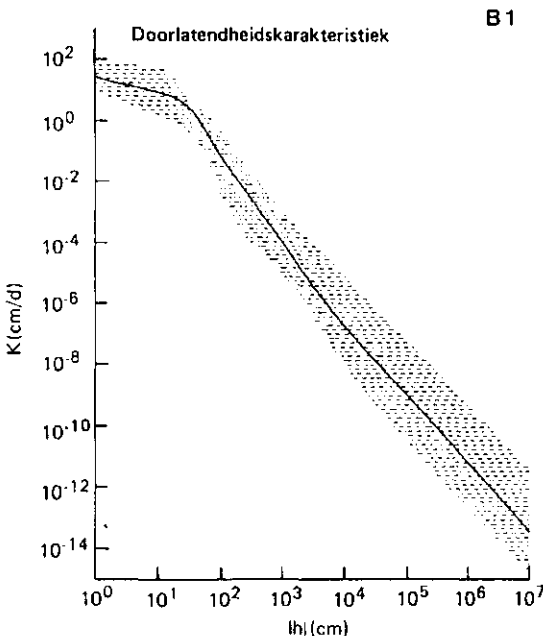
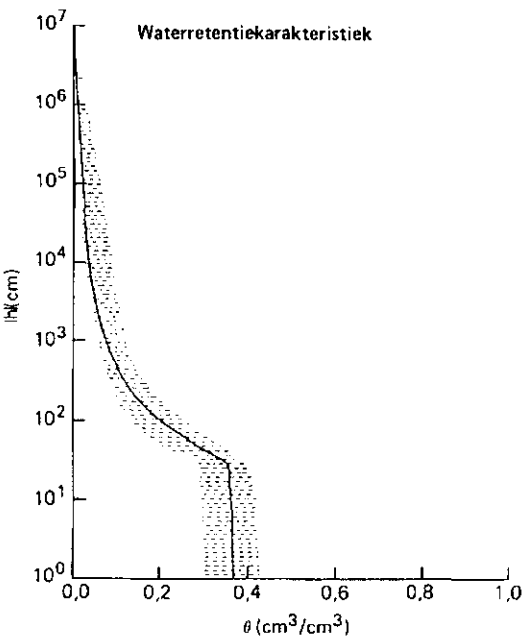
Aanhangsel 6.3

MLKVEE

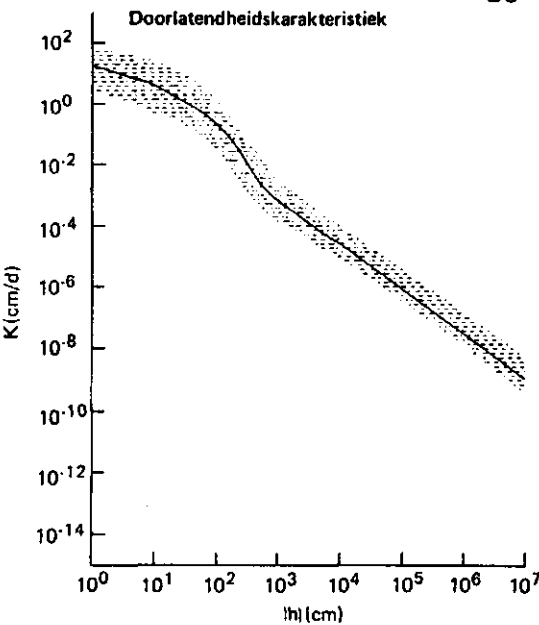
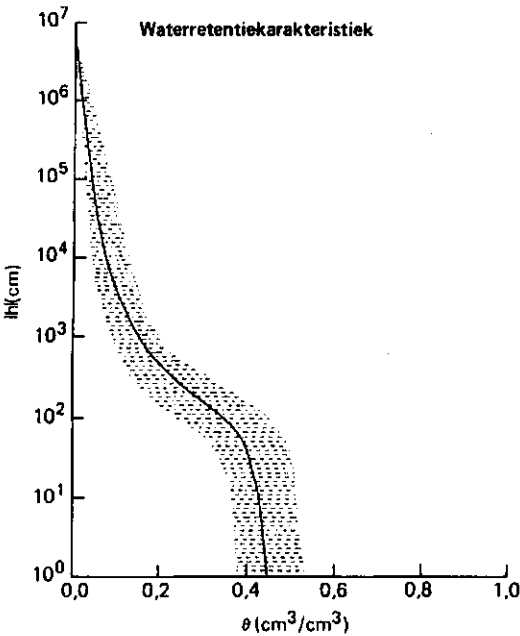
ALG	2	MLKVEE	Welk programma ?
ALGKOE	1	VOORJ	Welk afkalfpatroon ?
ALGKOE	2	1	Lengte perioden melkveemodel ?
ALGKOE	4	0	Hoeveel perioden met aanpassing produktie (BST) ?
STAND	4	25.	Hoeveel dieren (%) van 2,0 jaar bij afkalven ?
STAND	4.1	525.	Gewicht (kg) bij afkalven (1e keer) ?
STAND	4.2	7.	Hoeveel % van dit gewicht dient als reserve ?
STAND	5	19.25	Hoeveel dieren (%) van 3,0 jaar bij afkalven ?
STAND	5.1	575.	Gewicht (kg) bij afkalven (2e keer) ?
STAND	5.2	7.	Hoeveel % van dit gewicht dient als reserve ?
STAND	6	14.82	Hoeveel dieren (%) van 4,0 jaar bij afkalven ?
STAND	6.1	615.	Gewicht (kg) bij afkalven (3e keer) ?
STAND	6.2	7.	Hoeveel % van dit gewicht dient als reserve ?
STAND	7	11.41	Hoeveel dieren (%) van 5,0 jaar bij afkalven ?
STAND	7.1	625.	Gewicht (kg) bij afkalven (4e keer) ?
STAND	7.2	7.	Hoeveel % van dit gewicht dient als reserve ?
STAND	8	8.79	Hoeveel dieren (%) van 6,0 jaar bij afkalven ?
STAND	8.1	625.	Gewicht (kg) bij afkalven (5e keer) ?
STAND	8.2	7.	Hoeveel % van dit gewicht dient als reserve ?
STAND	9	20.73	Hoeveel dieren (%) van 8,0 jaar bij afkalven ?
STAND	9.1	625.	Gewicht (kg) bij afkalven (6e keer) ?
STAND	9.2	7.	Hoeveel % van dit gewicht dient als reserve ?
STAND	10	NORMS	Voeding tijdens droogstand in zomer ?
GRAS	1	0	Welk graslandgebruikssysteem ?
BIJV	1	ZEL	Systeem ruwvoer bijvoeren in zomer ?
BIJV	2	MAIS	Welk ruwvoer wordt bijgevoerd ?
BIJV	2.2	895.	Voederwaarde (VEM/kg ds) bij te voeren snijmaïs ?
WINVOE	2	895.	Voederwaarde (VEM/kg ds) snijmaïs ?
WINVOE	3.1.4	500	Beschikbare hoeveelheid ruwvoer periode 1 ?
WINVOE	5	1.0	Factor ruwvoeropname in de winter ?
KRV	1	NORLOK	Systeem voeren krachtvoer ?
KRV	1.1	1	Lengte periode waarvoor krachtvoergift geldt ?
KRV	3	NEE	Grenzen aan de krachtvoergift ?

AANHANGSEL 7
BODEMFYSISCHE KARAKTERISTIEKEN STARINGREEKS

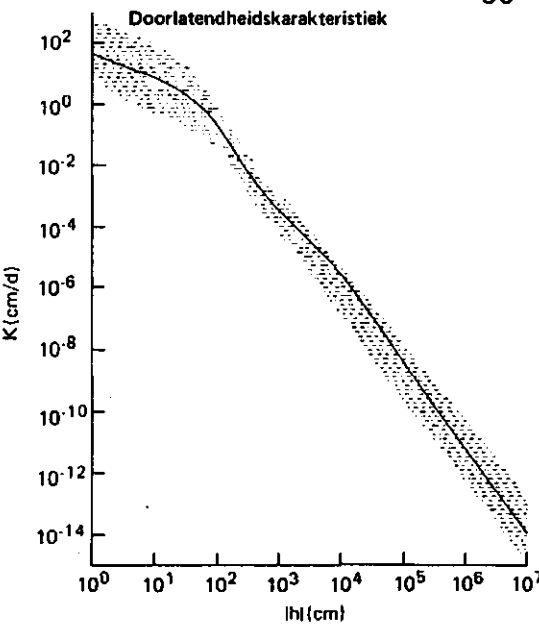
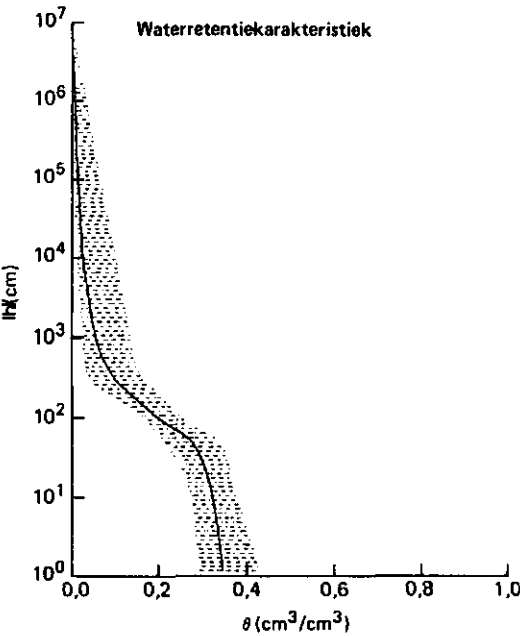
Aanhangsel 7.1 pF- en K-h-relaties Staringreeks B101 en B303



B3



O3



AANHANGSEL 8

HYDROLOGISCHE KARAKTERISTIEKEN BEREKENDE GRONDWATERTRAPPEN

Aanhangsel 8.1 Berekenende waterbalansposten

BODEM B303

Gt	GLG	GHG	LGmin	LGmax	HGmin	HGmax	P	ET	pET	T	pT	E	pE	I
	(cm - mv.)		(cm - mv.)		(cm - mv.)		(kg/ha)	(cm/j)		(cm/j)		(cm/j)		(cm/j)
II	80,2	7,4	51,0	112,0	0,0	17,0	16344,1	49,6	58,6	30,9	38,7	4,9	6,1	13,8
II*	85,5	32,4	65,0	110,0	14,0	46,0	18161,3	55,7	58,8	37,6	38,8	4,2	6,2	13,9
III	102,8	16,8	71,0	136,0	0,0	36,0	17633,8	53,7	58,7	35,6	38,7	4,2	6,2	13,9
III*	124,3	31,0	98,0	155,0	6,0	49,0	18240,4	55,1	58,8	37,8	38,7	3,5	6,2	13,9
V	151,1	30,6	122,0	197,0	5,0	57,0	18154,5	54,8	58,9	37,8	38,8	3,1	6,2	13,9
V*	164,4	43,3	132,0	215,0	9,0	67,0	18297,1	55,0	58,8	38,2	38,8	2,9	6,1	13,9
VI	172,3	55,6	143,0	227,0	8,0	86,0	18355,0	55,0	58,9	38,3	38,8	2,8	6,2	13,9
VII	195,9	102,0	173,0	232,0	45,0	127,0	18324,1	54,5	59,3	38,1	39,3	2,4	6,0	14,0

BODEM B101

Gt	GLG	GHG	LGmin	LGmax	HGmin	HGmax	P	ET	pET	T	pT	E	pE	I
	(cm - mv.)		(cm - mv.)		(cm - mv.)		(kg/ha)	(cm/j)		(cm/j)		(cm/j)		(cm/j)
II	78,0	6,2	53,0	99,0	0,0	18,0	17419,4	52,2	58,7	33,6	38,6	4,7	6,3	13,8
II*	82,4	26,5	64,0	101,0	0,0	42,0	18188,9	55,6	58,8	37,6	38,7	4,1	6,2	13,9
III	105,7	14,3	73,0	143,0	0,0	32,0	17949,8	54,2	58,8	36,6	38,6	3,8	6,4	13,9
III*	120,8	30,1	99,0	147,0	1,0	49,0	18115,1	54,7	58,8	37,7	38,8	3,2	6,2	13,8
V	141,8	28,6	118,0	174,0	1,0	56,0	17813,1	53,8	59,0	36,9	38,9	3,0	6,2	13,9
V*	148,8	35,5	125,0	182,0	1,0	57,0	17790,3	53,7	59,0	36,9	38,9	2,9	6,1	13,9
VI	167,9	63,8	147,0	202,0	22,0	84,0	17473,1	52,6	59,1	36,1	39,0	2,5	6,2	13,9
VII	195,1	110,7	177,0	220,0	81,0	127,0	16730,9	50,4	59,2	34,2	39,2	2,2	5,9	14,1

Gt-karakteristieken en balansposten gemiddeld over de reeks 1971-1986, op basis van berekeningen op een perceel met maaisnedes van steeds 3000 kg/ds.ha

GLG = gemiddelde laagste grondwaterstand
 GHG = gemiddelde hoogste grondwaterstand
 LGmin = minimale laagste grondwaterstand gedurende periode
 LGmax = maximale laagste grondwaterstand gedurende periode
 HGmin = minimale hoogste grondwaterstand gedurende periode
 HGmax = maximale hoogste grondwaterstand gedurende periode

P = gem. jaarlijkse maaiproduktie
 ET = gem. jaarlijkse actuele evapotranspiratie
 pET = gem. jaarlijkse potentiële evapotranspiratie
 T = gem. jaarlijkse actuele transpiratie
 pT = gem. jaarlijkse potentiële transpiratie
 E = gem. jaarlijkse actuele bodemverdamping
 pE = gem. jaarlijkse potentiële bodemverdamping
 I = gem. jaarlijkse interceptieverdamping

Aanhangsel 8.2 Parameters drainageformules

BODEM B101

Gt	W1	W2	Gr	slp	K1	K2	K3
	(1/d)	(1/d)	(cm)	(cm)	(cm/d)	(cm/d)	(cm/d)
II	-	80	-	-50	0,11	0,11	0,06
II*	-	70	-	-65	0,12	0,12	0,07
III	-	150	-	-65	0,06	0,03	0,005
III*	250	500	-60	-120	0,07	0,04	0,015
V	1000	600	-60	-130	0,03	-0,02	-0,02
V*	600	550	-60	-130	0,03	-0,04	-0,03
VI	520	500	-60	-145	-0,015	-0,04	-0,05
VII	-	450	-	-180	-0,02	-0,05	-0,05

BODEM B303

Gt	W1	W2	Gr	slp	K1	K2	K3
	(1/d)	(1/d)	(cm)	(cm)	(cm/d)	(cm/d)	(cm/d)
II	-	80	-	-50	0,14	0,14	0,08
II*	-	50	-	-65	0,16	0,16	0,08
III	-	110	-	-65	0,10	0,10	0,040
III*	140	460	-60	-120	0,09	0,09	0,045
V	400	520	-60	-130	0,04	0,03	0,0
V*	250	500	-60	-130	0,01	0,0	-0,01
VI	370	600	-60	-145	-0,015	0,03	-0,04
VII	-	400	-	-180	0,01	0,01	-0,01

W1 = drainageweerstand greppelsysteem

W2 = drainageweerstand slotensysteem

gr = greppeldiepte

slp = hoogte slootpeil

K1 = kwel/wegzijging voorjaar

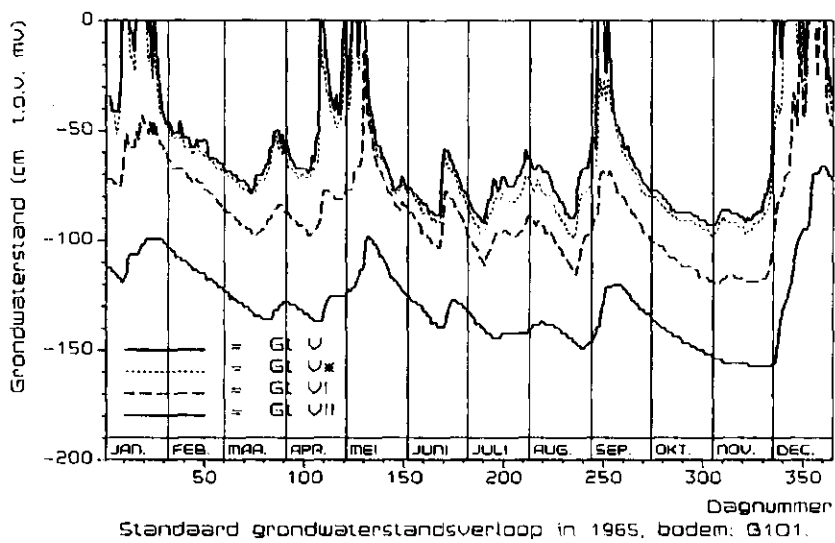
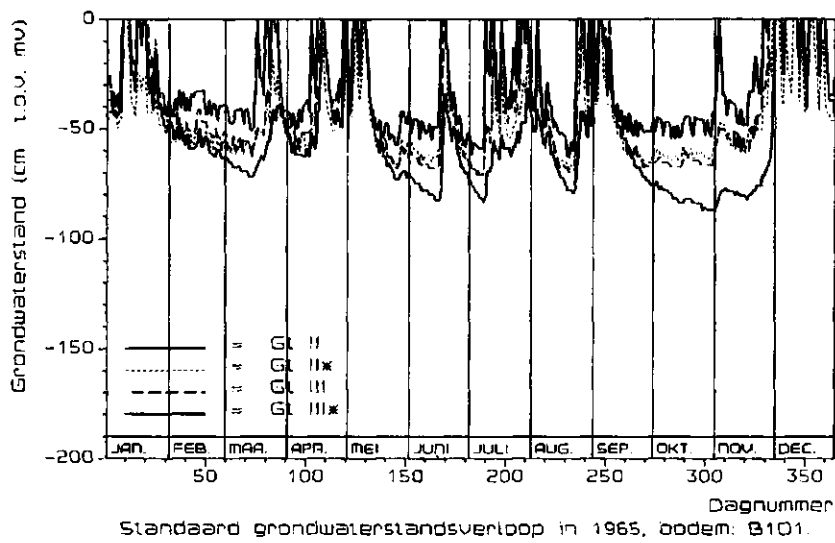
K2 = kwel/wegzijging zomer

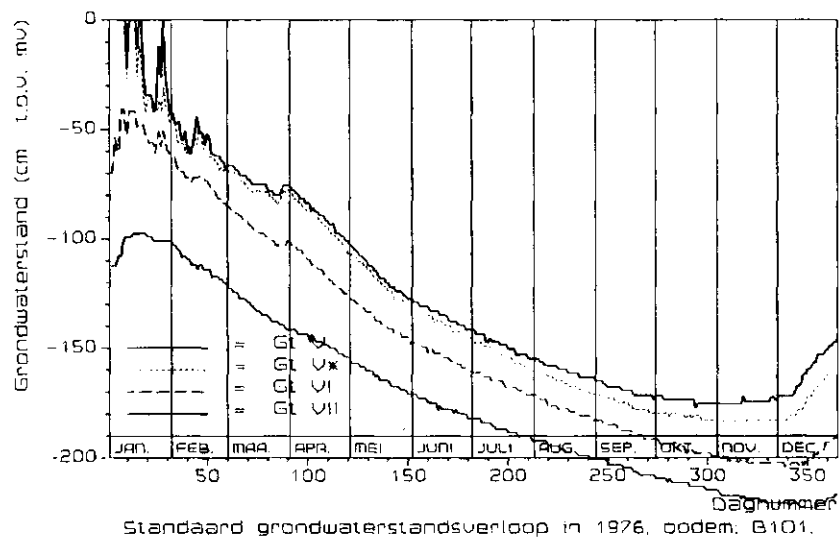
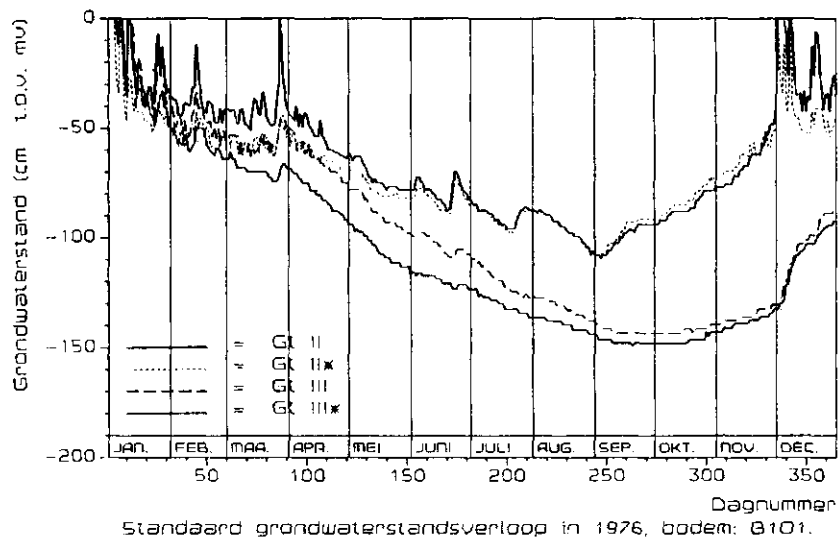
K3 = kwel/wegzijging najaar

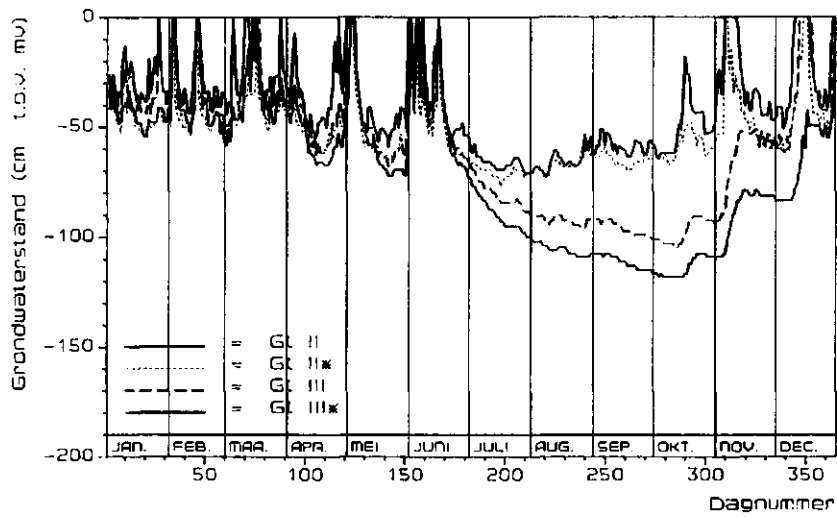
maaiveldberging in alle gevallen 1 mm

AANHANGSEL 10 **STANDAARD GRONDWATERSTANDSVERLOPEN**

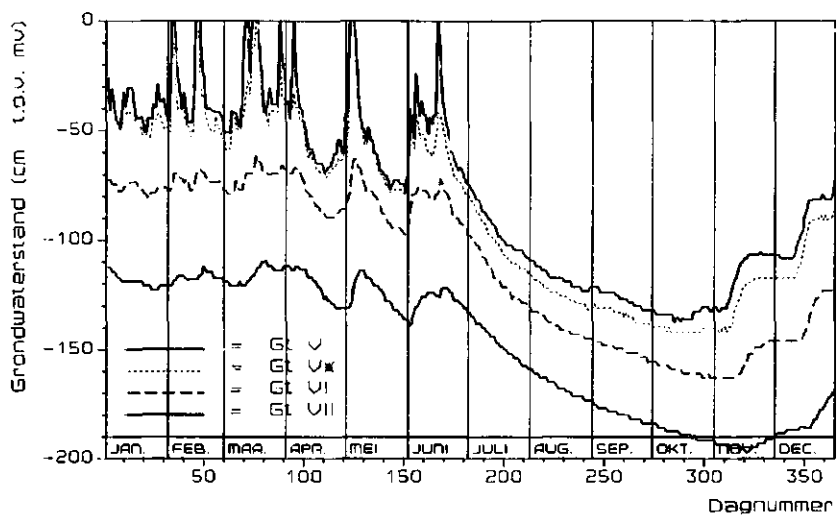
Aanhangsel 10.1 B101



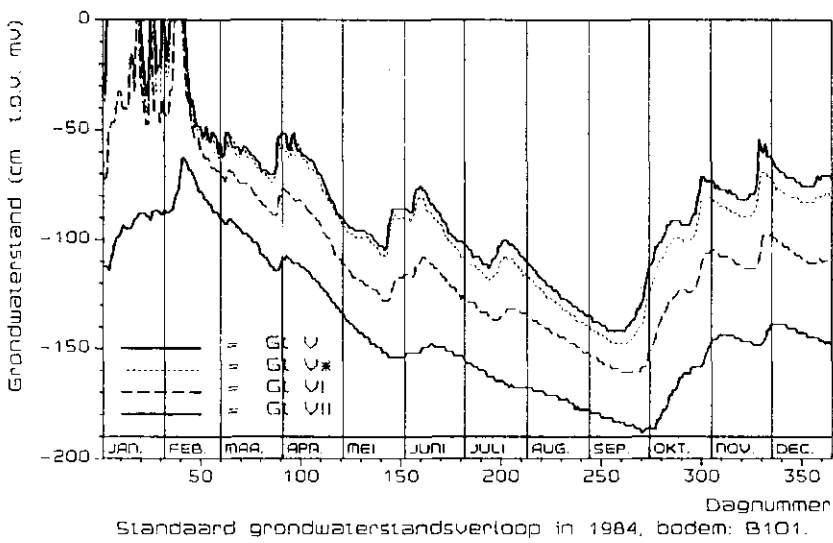
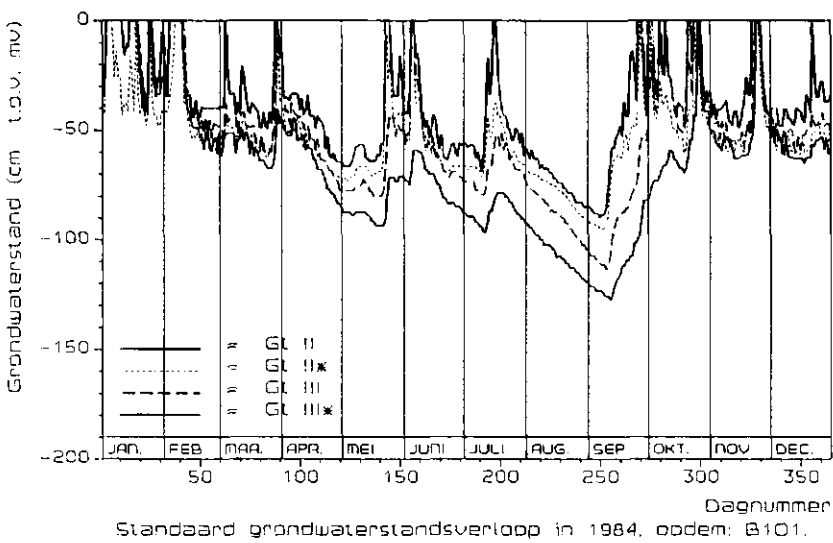


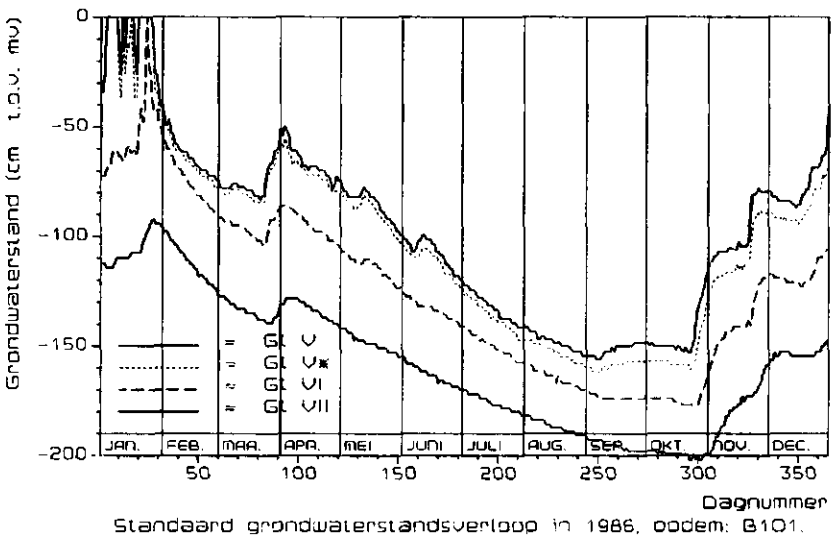
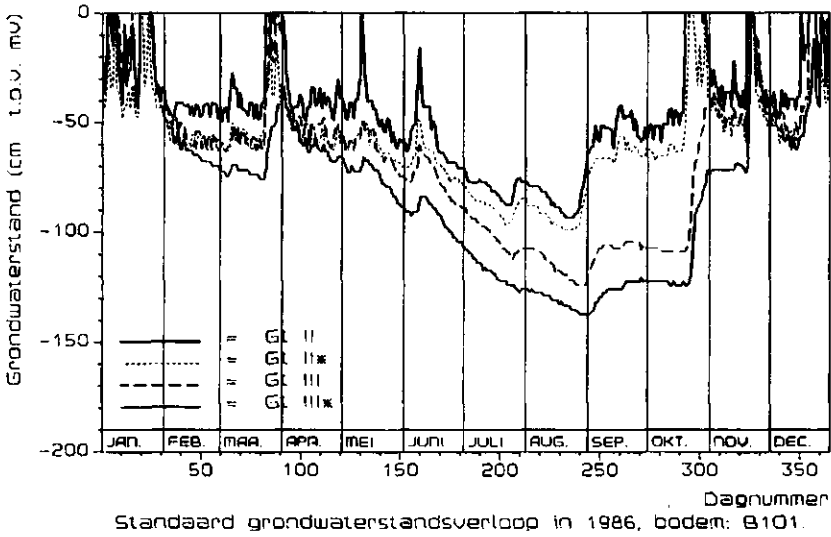


Standaard grondwaterstandsverloop in 1979, bodem: B101.

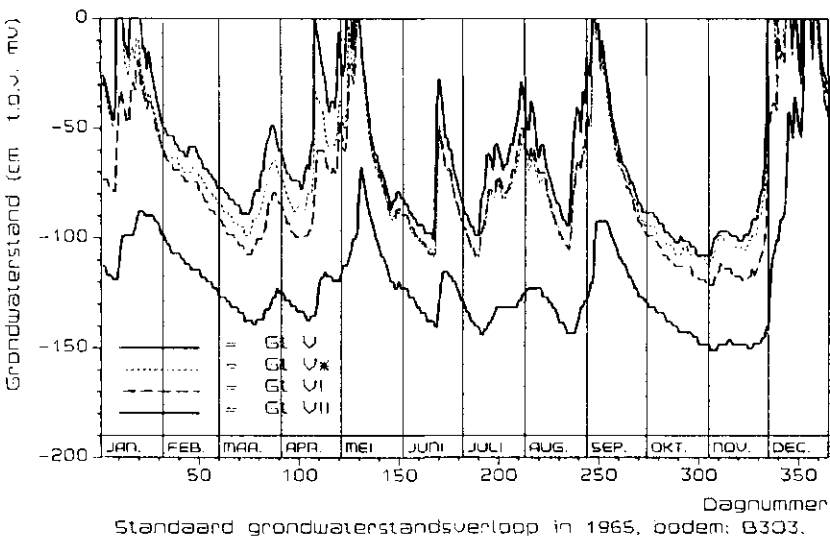
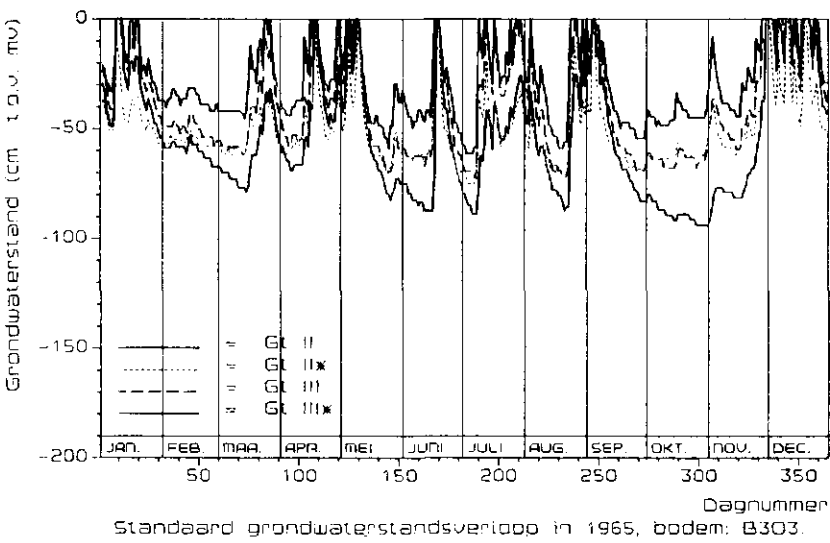


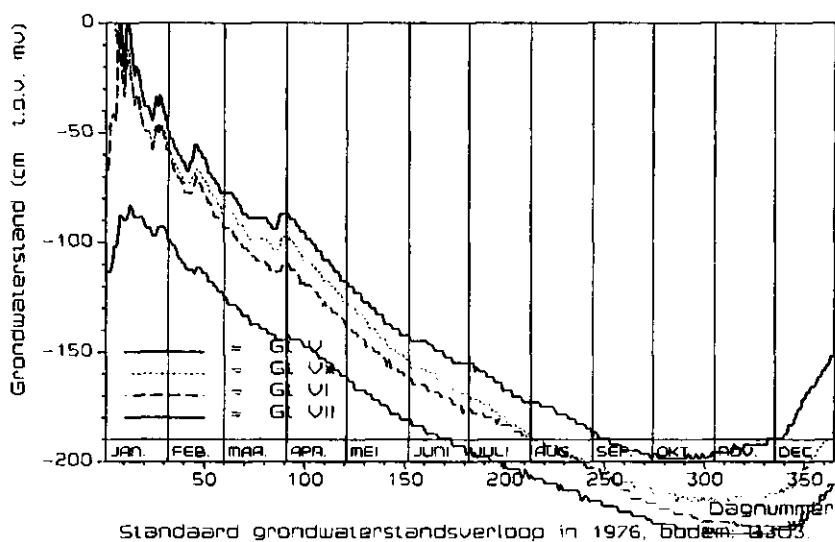
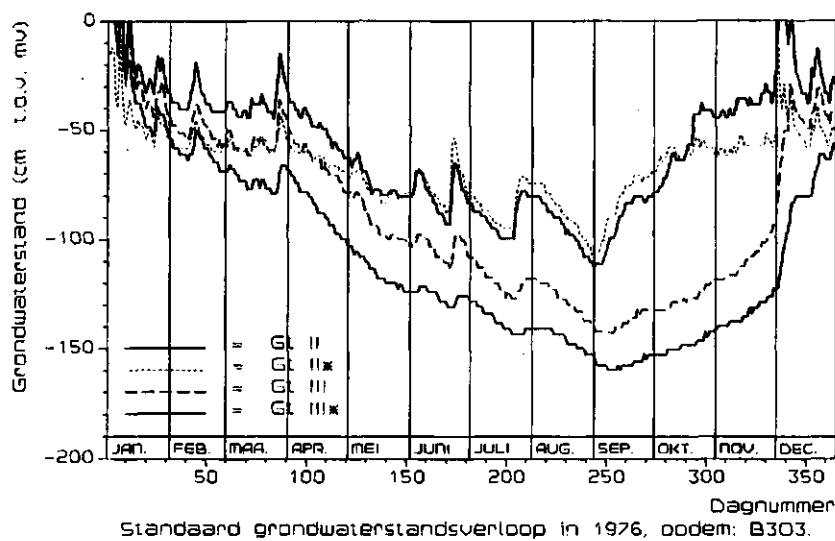
Standaard grondwaterstandsverloop in 1979, bodem: B101.

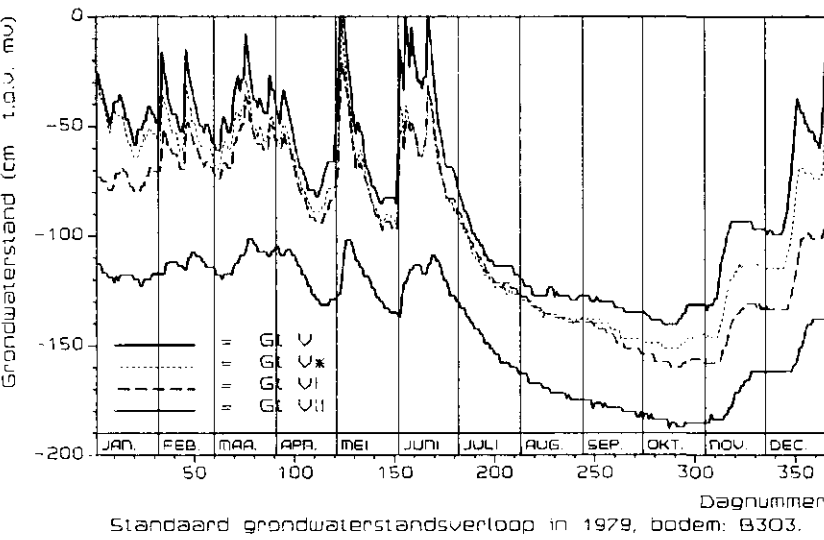
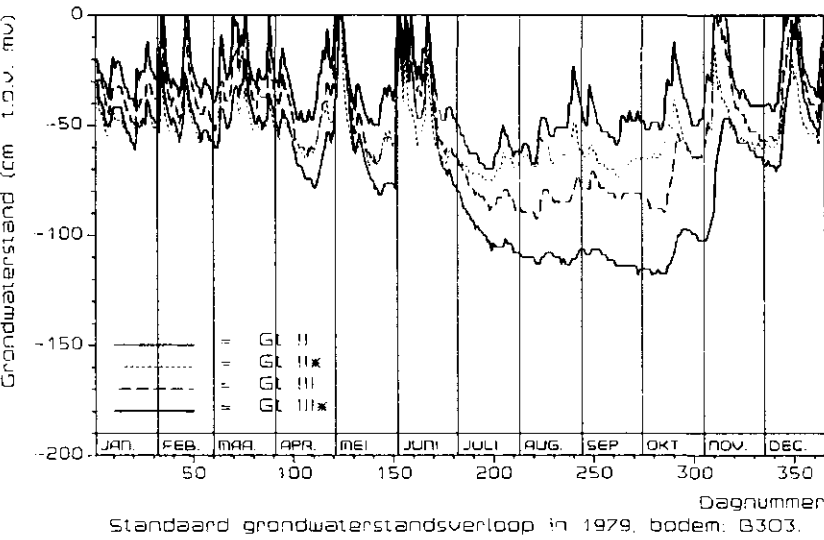


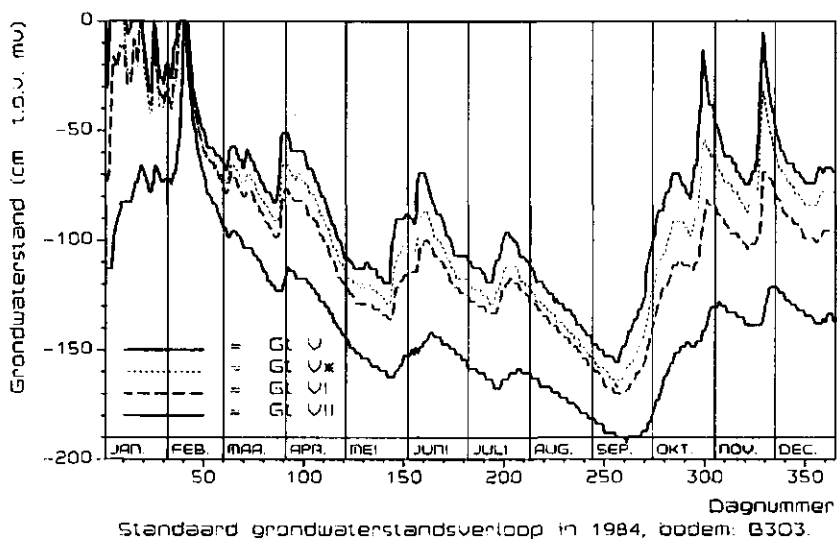
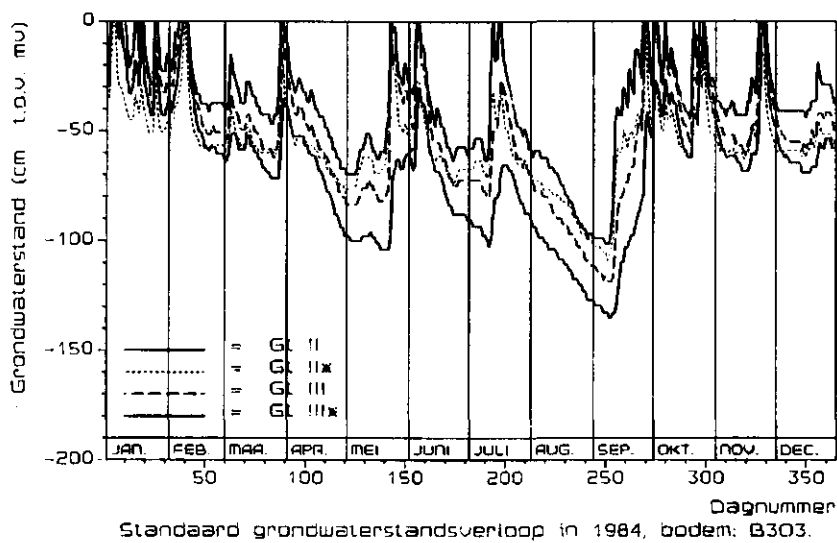


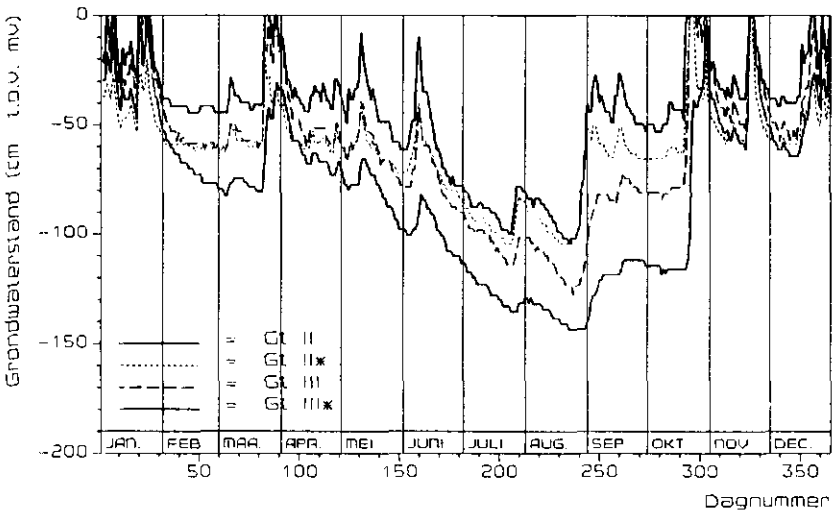
Aanhangsel 10.2 B303



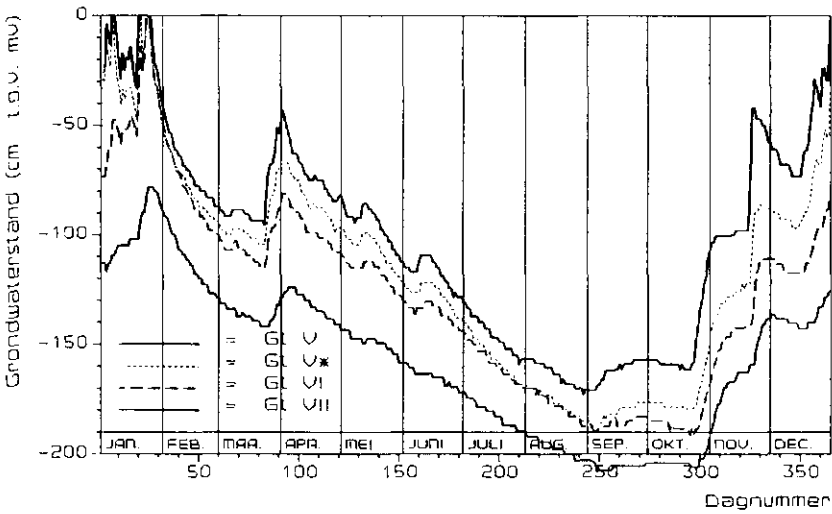








Standaard grondwaterstandsverloop in 1986, bodem: B303.



Standaard grondwaterstandsverloop in 1986, bodem: B303.

AANHANGSEL 11

FYSISCHE SCHADEFUNCTIES

Aanhangsel 11.1 Bodem B101

Tabel 11.1 Jaarlijkse bruto koeconsumptie [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	7927,3	8240,6	8186,6	8333,4	8425,9
II*	8153,0	8343,9	8402,6	8435,2	8425,9
III	8055,3	8265,4	8325,7	8406,6	8425,9
III*	8100,1	8327,7	8367,6	8418,5	8425,9
V	8016,4	8175,0	8289,2	8400,0	8425,9
V*	8006,7	8216,9	8330,2	8400,9	8425,9
VI	8037,1	8141,9	8159,7	8408,4	8425,9
VII	7959,1	7918,2	9006,2	8365,1	8425,9

Tabel 11.2 Jaarlijkse netto koeconsumptie [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	5910,3	6151,6	6141,2	6250,4	6324,0
II*	6110,1	6253,2	6308,4	6330,1	6324,0
III	6030,7	6195,5	6248,8	6307,7	6324,0
III*	6086,2	6250,0	6288,2	6321,3	6324,0
V	6025,1	6155,1	6242,6	6309,3	6324,0
V*	6027,0	6191,6	6273,2	6312,8	6324,0
VI	6070,6	6156,9	6169,8	6319,9	6324,0
VII	6044,3	6015,7	6072,2	6292,2	6324,0

Tabel 11.3 Jaarlijkse bijvoeding (overgang + overige B4+x-dagen) [kg/ha ruwvoer] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	458,2	440,1	453,8	403,3	380,8
II*	408,2	447,8	386,2	370,2	380,8
III	400,0	452,3	417,5	374,9	380,8
III*	438,2	445,8	412,2	380,4	380,8
V	436,2	514,9	444,4	394,9	380,8
V*	492,7	494,2	425,4	391,9	380,8
VI	546,1	529,4	518,7	379,7	380,8
VII	627,1	642,0	603,6	415,5	380,8

Tabel 11.4 Jaarlijkse bruto wintervooraad [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	4642,3	4595,3	4900,0	5258,8	5336,7
II*	5169,0	5188,2	5117,1	5259,0	5336,7
III	4985,7	5076,9	5072,0	5257,7	5336,7
III*	5135,8	5160,7	5116,5	5258,9	5336,7
V	5015,3	5143,5	5025,3	5257,3	5336,7
V*	5012,8	5057,7	4963,4	5258,5	5336,7
VI	4879,6	4843,6	4858,1	5231,4	5336,7
VII	4546,3	4483,0	4627,3	5218,0	5336,7

Tabel 11.5 Jaarlijkse netto wintervooraad [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	3763,9	3724,3	3972,7	4265,1	4328,4
II*	4191,5	4207,1	4148,8	4265,4	4328,4
III	4043,0	4116,4	4113,0	4264,4	4328,4
III*	4165,4	4186,0	4149,6	4265,5	4328,4
V	4068,1	4172,5	4075,7	4263,8	4328,4
V*	4064,9	4102,1	4024,1	4265,0	4328,4
VI	3956,9	3926,4	3939,1	4242,6	4328,4
VII	3682,1	3632,1	3751,1	4232,0	4328,4

Tabel 11.6 Jaarlijkse netto wintervoorraad [kVEM/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	3127,6	3091,9	3297,2	3527,9	3579,3
II*	3469,6	3479,1	3436,4	3528,3	3579,3
III	3353,0	3409,5	3407,0	3527,5	3579,3
III*	3449,9	3463,0	3437,0	3528,4	3579,3
V	3374,6	3451,5	3377,2	3527,0	3579,3
V*	3370,1	3396,5	3338,0	3527,8	3579,3
VI	3284,6	3259,7	3269,1	3509,9	3579,3
VII	3064,4	3026,2	3121,4	3501,5	3579,3

Tabel 11.7 Jaarlijks maaipercentage op het modelbedrijf met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	159,1	156,6	165,7	176,3	179,3
II*	175,3	174,7	172,2	176,3	179,3
III	169,2	172,2	170,7	176,3	179,3
III*	174,2	173,2	172,2	176,3	179,3
V	168,7	173,2	168,7	176,3	179,3
V*	169,7	170,2	167,2	176,3	179,3
VI	164,6	163,6	163,1	175,3	179,3
VII	155,1	152,5	155,6	174,7	179,3

Tabel 11.8 Jaarlijks maaipercentage 1e snede op het modelbedrijf met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	50,5	48,5	48,5	48,5	48,5
II*	50,0	48,5	48,5	48,5	48,5
III	51,5	49,0	48,5	48,5	48,5
III*	49,0	49,0	48,5	48,5	48,5
V	51,5	49,0	48,5	48,5	48,5
V*	50,5	49,0	48,5	48,5	48,5
VI	48,5	49,0	48,5	48,5	48,5
VII	48,5	49,0	48,5	48,5	48,5

Tabel 11.9 Zelfvoorzieningsgraad op het modelbedrijf in kg ruwvoer per stal dag.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	8,9	9,3	9,9	10,6	10,9
II*	10,2	10,6	10,4	10,7	10,9
III	9,7	10,4	10,3	10,7	10,9
III*	10,1	10,5	10,5	10,7	10,9
V	9,8	10,5	10,3	10,7	10,9
V*	9,8	10,3	10,1	10,7	10,9
VI	9,8	9,9	9,9	10,7	10,9
VII	9,3	9,1	9,4	10,7	10,9

Tabel 11.10 Jaarlijkse beweidingsverlies [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden (exclusief vertrapping).

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	1959,8	2031,2	2010,0	2074,6	2105,1
II*	2027,5	2069,9	2083,8	2101,9	2105,1
III	2000,3	2046,3	2062,0	2094,3	2105,1
III*	2005,6	2069,3	2076,9	2097,5	2105,1
V	1985,1	2015,0	2045,7	2091,2	2105,1
V*	1972,8	2024,1	2057,1	2091,1	2105,1
VI	1967,6	1989,6	1992,8	2092,1	2105,1
VII	1917,4	1907,4	1936,8	2076,5	2105,1

Tabel 11.11 Jaarlijkse vertrappingsverlies [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	161,9	157,6	81,6	12,4	0,0
II*	46,0	59,3	27,6	7,0	0,0
III	75,9	76,5	37,7	8,7	0,0
III*	31,6	26,6	10,2	4,2	0,0
V	26,3	25,5	6,4	4,4	0,0
V*	33,3	17,8	6,9	0,7	0,0
VI	3,6	3,1	0,0	0,0	0,0
VII	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 11.12 Jaarlijkse conserveringsverlies [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	197,3	195,2	208,3	223,6	227,0
II*	219,8	220,6	217,6	223,7	227,0
III	212,0	215,9	215,6	223,6	227,0
III*	218,4	219,5	217,6	223,7	227,0
V	213,3	218,8	213,7	223,6	227,0
V*	213,2	215,1	211,0	223,6	227,0
VI	207,5	205,9	206,5	222,5	227,0
VII	193,1	190,5	196,7	221,9	227,0

Tabel 11.13 Jaarlijkse hoeveelheid niet geconsumeerd of ingekuuld gras na het weideseizoen [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	444,0	470,3	455,9	408,6	371,0
II*	343,4	374,1	391,7	376,0	371,0
III	436,8	403,8	417,2	387,2	371,0
III*	403,2	414,0	401,3	393,5	371,0
V	409,0	398,3	422,4	398,0	371,0
V*	414,7	410,9	394,9	396,3	371,0
VI	411,8	410,1	428,3	383,9	371,0
VII	398,2	404,9	399,9	379,0	371,0

Tabel 11.14 Jaarlijkse aantal staldagen op het modelbedrijf met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	169,7	161,4	161,3	160,1	158,1
II*	164,5	157,9	158,0	158,0	158,1
III	167,4	159,3	159,0	158,6	158,1
III*	164,6	158,1	158,1	158,0	158,1
V	166,4	158,7	158,3	158,1	158,1
V*	164,4	158,1	158,0	157,9	158,1
VI	160,3	157,9	157,9	158,0	158,1
VII	158,1	158,9	158,8	157,9	158,1

Tabel 11.15 Jaarlijkse totale netto opbrengst (kuil + consumptie) [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	9674,2	9875,9	10113,9	10515,6	10652,5
II*	10301,6	10460,3	10457,2	10595,6	10652,5
III	10073,7	10311,9	10361,7	10572,1	10652,5
III*	10251,6	10435,9	10437,8	10586,8	10652,5
V	10093,2	10327,6	10318,2	10573,1	10652,5
V*	10091,9	10293,6	10297,3	10577,8	10652,5
VI	10027,5	10083,4	10109,0	10562,5	10652,5
VII	9726,4	9647,8	9823,4	10524,2	10652,5

Aanhangsel 11.2 Bodem B303

Tabel 11.16 Jaarlijkse bruto koeconsumptie [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	5722,5	6404,0	7194,7	7890,6	8425,9
II*	7873,9	8072,2	8219,2	8335,0	8425,9
III	7254,2	7522,2	7864,2	8265,3	8425,9
III*	7900,6	8038,8	8189,5	8328,0	8425,9
V	7773,6	8015,9	8244,9	8375,7	8425,9
V*	8012,4	8257,6	8342,4	8396,4	8425,9
VI	8085,0	8242,7	8270,7	8402,1	8425,9
VII	8345,7	8280,9	8297,7	8420,1	8425,9

Tabel 11.17 Jaarlijkse netto koeconsumptie [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	4183,4	4691,8	5330,9	5860,0	6324,0
II*	5808,2	5959,7	6132,9	6227,0	6324,0
III	5355,8	5571,3	5870,5	6178,5	6324,0
III*	5875,7	5981,8	6125,7	6238,6	6324,0
V	5816,0	6001,3	6179,2	6280,7	6324,0
V*	5995,5	6178,7	6258,7	6299,0	6324,0
VI	6049,1	6172,2	6213,6	6305,0	6324,0
VII	6270,6	6232,4	6243,4	6321,0	6324,0

Tabel 11.18 Jaarlijkse bijvoeding (overgang + overige 84 + x-dagen) [kg/ha ruwvoer] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	529,3	568,9	419,7	334,3	380,8
II*	522,7	525,4	403,7	378,4	380,8
III	451,6	556,6	426,9	363,2	380,8
III*	404,7	477,4	411,2	365,8	380,8
V	426,5	480,5	426,5	365,7	380,8
V*	466,8	417,8	393,9	373,3	380,8
VI	446,0	416,3	432,7	376,1	380,8
VII	448,0	452,8	456,2	380,4	380,8

Tabel 11.19 Jaarlijkse bruto wintervoorraad [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	5306,5	5197,0	5218,5	5282,6	5336,7
II*	5251,3	5272,8	5217,3	5272,0	5336,7
III	5260,4	5306,4	5243,6	5282,3	5336,7
III*	5340,7	5335,6	5236,1	5295,2	5336,7
V	5326,4	5368,5	5226,9	5283,2	5336,7
V*	5323,6	5283,9	5162,4	5271,3	5336,7
VI	5271,2	5238,5	5208,5	5272,3	5336,7
VII	5165,2	5148,8	5127,7	5259,5	5336,7

Tabel 11.20 Jaarlijkse netto wintervoorraad [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	4295,9	4208,7	4226,1	4284,1	4328,4
II*	4254,5	4274,8	4230,0	4275,9	4328,4
III	4260,7	4298,1	4250,1	4284,2	4328,4
III*	4328,7	4325,5	4246,2	4294,6	4328,4
V	4319,5	4353,0	4239,6	4285,1	4328,4
V*	4315,6	4283,9	4186,3	4275,5	4328,4
VI	4272,9	4245,6	4224,7	4276,4	4328,4
VII	4188,1	4173,5	4158,9	4265,7	4328,4

Tabel 11.21 Jaarlijkse netto wintervoorraad [kVEM/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	3539,1	3468,8	3484,6	3543,1	3579,3
II*	3520,3	3533,4	3498,1	3536,8	3579,3
III	3519,9	3543,9	3511,7	3543,5	3579,3
III*	3578,2	3573,1	3513,0	3551,8	3579,3
V	3567,9	3592,3	3506,2	3544,1	3579,3
V*	3568,9	3540,3	3464,7	3536,3	3579,3
VI	3534,5	3506,9	3494,2	3537,0	3579,3
VII	3471,5	3454,0	3443,9	3528,4	3579,3

Tabel 11.22 Jaarlijks maaipercentage op het modelbedrijf met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	170,7	172,7	175,8	177,3	179,3
II*	178,3	178,8	175,8	176,8	179,3
III	175,3	178,3	176,8	177,3	179,3
III*	179,3	179,8	176,3	177,8	179,3
V	176,3	178,8	175,8	177,3	179,3
V*	179,8	177,8	173,7	176,8	179,3
VI	176,8	175,3	175,3	176,8	179,3
VII	175,3	173,2	172,2	176,3	179,3

Tabel 11.23 Jaarlijks maaipercentage 1e snede op het modelbedrijf met verschillende voorafgaande perioden met optimale productieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	68,7	51,0	48,5	48,5	48,5
II*	52,5	49,0	48,5	48,5	48,5
III	57,1	48,5	48,5	48,5	48,5
III*	51,5	48,5	48,5	48,5	48,5
V	54,0	48,5	48,5	48,5	48,5
V*	51,0	49,0	48,5	48,5	48,5
VI	50,5	48,5	48,5	48,5	48,5
VII	49,0	49,0	48,5	48,5	48,5

Tabel 11.24 Zelfvoorzieningsgraad op het modelbedrijf in kg ruwvoer per staldag.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	8,8	9,8	9,8	9,9	10,9
II*	10,1	10,6	10,4	10,6	10,9
III	9,8	10,7	10,5	10,6	10,9
III*	10,3	10,8	10,5	10,7	10,9
V	10,3	10,9	10,6	10,7	10,9
V*	10,5	10,7	10,5	10,7	10,9
VI	10,5	10,7	10,6	10,7	10,9
VII	10,6	10,5	10,5	10,7	10,9

Tabel 11.25 Jaarlijkse beweidingsverlies [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden (exclusief vertrapping).

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	1419,6	1587,6	1794,8	1988,8	2105,1
II*	1967,6	2010,6	2039,2	2081,3	2105,1
III	1805,1	1862,1	1951,0	2066,2	2105,1
III*	1976,9	2006,6	2040,6	2079,2	2105,1
V	1932,5	1988,4	2050,0	2089,6	2105,1
V*	1990,7	2058,9	2073,3	2093,1	2105,1
VI	2014,1	2055,8	2049,0	2093,9	2105,1
VII	2071,2	2044,6	2050,5	2098,7	2105,1

Tabel 11.26 Jaarlijkse vertrappingsverlies [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	294,8	293,1	132,8	53,3	0,0
II*	259,7	253,1	103,2	35,2	0,0
III	249,5	227,6	94,6	28,6	0,0
III*	137,8	132,9	54,1	17,2	0,0
V	76,8	72,7	36,8	11,3	0,0
V*	87,8	61,1	29,5	9,4	0,0
VI	67,9	50,5	28,1	8,6	0,0
VII	17,3	19,2	13,1	5,7	0,0

Tabel 11.27 Jaarlijkse conserveringsverlies [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	225,3	220,7	221,6	224,6	227,0
II*	223,1	224,2	221,8	224,2	227,0
III	223,5	225,4	222,9	224,7	227,0
III*	226,9	226,8	222,7	225,2	227,0
V	226,5	228,4	222,3	224,7	227,0
V*	226,2	224,6	219,5	224,2	227,0
VI	224,1	222,6	221,5	224,2	227,0
VII	219,6	218,9	218,1	223,7	227,0

Tabel 11.28 Jaarlijkse hoeveelheid niet geconsumeerd of ingekuild gras na het weideseizoen [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	834,6	732,0	723,6	750,6	371,0
II*	488,2	500,0	453,1	457,0	371,0
III	523,0	487,5	496,2	491,2	371,0
III*	437,3	505,1	480,3	444,3	371,0
V	410,6	406,6	433,5	413,7	371,0
V*	438,5	417,9	409,5	409,4	371,0
VI	415,6	435,5	413,2	405,0	371,0
VII	419,1	410,0	411,5	408,1	371,0

Tabel 11.29 Jaarlijkse aantal staldagen op het modelbedrijf met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	221,7	202,0	187,9	175,9	158,1
II*	171,0	164,6	163,6	161,7	158,1
III	186,7	174,9	170,1	163,6	158,1
III*	172,1	165,2	163,2	161,3	158,1
V	173,2	164,6	161,1	159,8	158,1
V*	166,2	161,1	159,4	158,9	158,1
VI	164,4	161,2	159,5	158,6	158,1
VII	157,2	157,9	157,9	158,0	158,1

Tabel 11.30 Jaarlijkse totale netto opbrengst (kuil + consumptie) [kg/ha d.s.] met verschillende voorafgaande perioden met optimale produktieomstandigheden.

Gt	Optimale omstandigheden tot:				
	nooit	1 mei	1 juli	1 sept.	31 dec.
II	8479,3	8900,5	9557,0	10144,1	10652,5
II*	10062,7	10234,5	10362,9	10502,9	10652,5
III	9616,5	9869,5	10120,5	10462,7	10652,5
III*	10204,4	10307,3	10371,9	10533,3	10652,5
V	10135,5	10354,3	10418,8	10565,8	10652,5
V*	10311,1	10462,6	10445,1	10574,5	10652,5
VI	10322,0	10417,8	10438,3	10581,4	10652,5
VII	10458,7	10405,9	10402,4	10586,8	10652,5

ERRATUM BIJ HOOFDSTUK 5 EN 7

Bij controle van de berekeningen uitgevoerd in het kader van de gevoeligheidsanalyse (hoofdstuk 5) en het bepalen van de schadefuncties (hoofdstuk 7), is gebleken dat bij de invoer voor de verdampingsberekeningen volgens de methode van Montheith-Rijtema ten onrechte de windsnelheid op 10 meter hoogte gebruikt is. De windsnelheid op 2 meter hoogte die eigenlijk gebruikt moet worden, bedraagt ca. 73% van de waarde op 10 meter hoogte. Dientengevolge is bij de berekeningen de totale evapotranspiratie overschat.

Bij herberekeningen met het model SWACROP (zonder bedrijfsmodel), waarbij de juiste windsnelheid op 2 meter hoogte werd ingevoerd, werd bepaald dat de overschatting van de potentiële evapotranspiratie gemiddeld ca. 18 mm per jaar bedraagt, de overschatting van de actuele evapotranspiratie bedroeg ca. 16 mm. Hierbij treden de grootste verschillen op tussen de verschillende jaren en niet tussen de berekende ontwateringssituaties per jaar. Globaal werd een range van ca. 10 mm rond het gemiddelde gevonden voor de doorgerekende jaren. Een aanzienlijk deel van de overschatte evapotranspiratie kwam ten goede aan extra drainage, gemiddeld 12 mm.

Door de overschatte waarden voor met name de transpiratie werd de grasproductie ook overschat. Gemiddeld bedroeg deze overschatting ca. 120 kg/ha.jaar droge stof onder optimale omstandigheden. Onder bedrijfsomstandigheden (inclusief verliezen, niet-optimale N-gift enz.) zal dit globaal slechts de helft bedragen. Ook bij de overschatting in produktie traden de grootste verschillen op tussen de jaren onderling en niet tussen de verschillende ontwateringssituaties. Wel was de spreiding veel groter dan bij de verdamping. De spreiding bedroeg ca. 400 kg/ha.jaar droge stof rond het gemiddelde. Deze grote spreiding is het gevolg van de vele terugkoppelingen binnen SWACROP speciaal voor grasproductie. Het tijdstip van maaien in relatie met de meteorologische omstandigheden bepaalt voor een belangrijk deel de produktie in de volgende snede.

Aangezien bij de schadefuncties en de gevoeligheidsanalyse alleen gekeken wordt naar verschillen tussen ontwateringssituaties en omdat het effect op de verschillende ontwateringssituaties per jaar ongeveer gelijk is, zullen de schadefuncties weinig tot niet veranderen. De grondwaterstanden per situatie zullen eveneens weinig veranderen vanwege de verhoging van de afvoer.