Doelrealisatie Landbouw in De Leijen

Een aanzet tot invulling en operationalisering van de methode Waternood

P.J.T. van Bakel

J. Huygen

Technisch document

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Wageningen, 2001

Gefinancierd door DLG en DWK

Inhoud

0.1 Samenvatting 5
0.2 Conclusies 6
0.3 Aanbevelingen 7

1 Inleiding 9

1.1 Aanleiding 9
1.2 Doelstellingen 9
1.3 Leeswijzer 9

2 Achtergronden 11

2.1 Algemeen 11
2.2 Methoden voor relaties tussen waterhuishouding en opbrengst 11
2.3 Conclusies 15

3 Invulling en operationalisering van de kennis van droogte- en natschade 17

3.1 Inleiding 17
3.2 Droogteschade 17
3.3 Natschade 18
3.3.1 Werkwijze 18
3.3.2 Literatuuronderzoek en expertise 20
3.3.3 Opschaling naar de regimecurvemethode 26
3.3.4 Evaluatie 28

4 Resultaten voor De Leijen 29

4.1 Inleiding 29
4.2 Natschade 29
4.3 Berekening VGR 29

Literatuur 33

Bijlage 1. Verslag workshop Wateroverlast ten behoeve van Waternood De Leijen, gehouden dd. 9 mei 2000 35
Bijlage 2. De natschade-expert (versie tijdstijghoogtelijnen) 43
Bijlage 3. De natschade-expert (versie regimecurve + spreiding) 47

0 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

0.1 Samenvatting

In 1998 is een nieuwe aanpak gepresenteerd voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen: de Waternood-systematiek. De belangrijkste kenmerken van deze methode zijn dat grondwater als leidraad wordt genomen (in plaats van de oude normen voor de oppervlaktewaterstanden) en dat per vorm van landgebruik de doelrealisatie kan worden gekoppeld aan een of andere karakterisering van het grondwaterstandsverloop. Voor implementatie van deze aanpak is het nodig dat deze relatie is geformaliseerd, in de vorm van specificatie van grondwaterstandsgrenzen waarboven of beneden schade optreedt, en waarden voor de hoogte van de schade. Bedoelde formalisering is voor de landbouw en natuur echter niet beschikbaar. Om hier een begin mee te maken is een onderzoek uitgevoerd in het proefgebied De Leijen, gefinancierd door DLG en het programma Waterbeheer van DWK. De specifieke doelstellingen voor het onderdeel Landbouw zijn het ontwikkelen van een methode om de doelrealisatie voor de landbouw te kwantificeren en te operationaliseren, en aanbevelingen te doen voor vervolgstudies.

De achtergronden worden geschetst in hoofdstuk 2. De verschillende methoden om de relatie tussen waterhuishouding en opbrengst die hierin worden beschreven zijn:

- opbrengst-ontwateringsdieptecurves;
- de HELP-methode;
- de SOW-methode;
- de regimecurvemethode;
- de tijdstijghoogtelijnmethode;
- de deterministische aanpak.

Van de genoemde methoden is het gebruik van de HELP-tabel algemeen geaccepteerd maar de daaraan ten grondslag liggende kennis en uitgangspunten worden als verouderd beschouwdverouderd. De regimecurvemethode biedt de mogelijkheid rekening te houden met de verschillende bewerkings- en groeistadia. Alleen met de 2 laatstgenoemde methodes is het mogelijk natschade mede afhankelijk te laten zijn van de duur van een aaneengesloten periode dat een kritieke grondwaterstand wordt overschreden. Ook volgens de geraadpleegde deskundigen (zie bijlage 1) is het gebruik van de regimecurves daarom een ongewenste tussenstap. Na ampele overwegingen is er echter voor gekozen de landbouwkundige opbrengst te bepalen met gebruik making van de regimecurves en de tijdstijghoogtelijnen van de grondwaterstanden zonder rekening te houden met de duur van de aaneengesloten periode van natschade. De reden hiervoor is dat hierover de kennis goeddeels ontbreekt en omdat voor het proefgebied alleen regimecurves in groot detail beschikbaar zijn.

De invulling en operationalisering is onderwerp van hoofdstuk 3. Bij de bepaling van de droogteschade bleek de relatie tussen actuele grondwaterstand en verdampingsreductie zodanig zwak dat is afgezien van dit verband. In plaats daarvan is de droogteschade bepaald met de HELP-methode. De natschade is wel gekoppeld aan de actuele grondwaterstand. Voor de gewassen gras en mais zijn verschillende perioden in het jaar onderscheiden. Per periode zijn op basis van literatuuronderzoek kritieke grondwaterstands-

grenzen vastgesteld waarboven natschade optreedt en is getracht de schade te kwantificeren in termen van reductie van de doelrealisatie. De aldus samengestelde tabellen zijn omgezet in een computerapplicatie: de natschade-expert, die in bijlager 2 wordt besproken Voorts zijn de tabellen opgeschaald naar de regimecurvemethode, omdat voor het proefgebied De Leijen wel de regimecurves beschikbaar waren maar niet de tijdstijghoogtelijnen.

In hoofdstuk 4 wordt de toepassing op het proefgebied De Leijen besproken. Voor het gehele proefgebied is voor elke picsel van 25 bij 25 m de regimecurve bekend, inclusief de spreiding. Daarmee is het 'plaatje' van de mate van doelrealisatie voor de actuele situatie te maken. Voor een beperkt aantal maatregelen en een beperkt deel van het gebied is bij wijze van proef de verandering in de regimecurves bepaald en daarmee is opnieuw de mate van doelrealisatie bepaald. Aldus is er een methode ontwikkeld waarmee de mate van doelrealisatie van de landbouw van een gebied voor de actuele grondwaterregimes (AGR) en voor de veranderde regimes (VGR) kan worden bepaald.

0.2 Conclusies

De volgende conclusies zijn te trekken:

- koppeling van de droogteschade aan de actuele grondwaterstand laat zoveel spreiding zien dat alleen een koppeling aan de GHG en GLG verantwoord lijkt;
- koppeling van de seizoensdroogteschade aan de gemiddelde van de laagste 3 grondwaterstanden van het betreffende seizoen geeft een goede correlatie te zien. Gebruik van de tijdstijghoogtelijnmethode biedt dus mogelijkheden de spreiding in droogteschade per seizoen te kwantificeren;
- koppeling van de natschade aan de actuele grondwaterstand is goed mogelijk;
- het gebruik van de tijdstijghoogtelijnmethode levert geeft per jaar en per periode in het jaar de spreiding in natschade;
- de aldus bepaalde natschade is, op basis van schadecoëfficiënten die zijn afgeleid uit literatuuronderzoek, duidelijk hoger dan de natschade volgens de HELP-methode;
- de onderbouwing van de aldus vastgestelde schade is voor een aantal aspecten mager;
- geen van de besproken methodes om de doelrealisatie te koppelen aan de grondwaterstand houdt rekening met de (on)mogelijkheden van aanpassing van de bedrijfsvoering of de gewaskeuze, of met de effecten op de mineralenboekhouding;
- het gebruik van de tijdstijghoogtelijnmethode biedt de mogelijkheid de natschade te koppelen aan de duur van de periode dat een bepaalde grondwaterstand wordt over- of onderschreden. De kennis om deze relaties in te vullen ontbreekt grotendeels. Daarom is deze kennis niet geëxpliciteerd maar opgenomen in de schadecoëfficiënten die de momentane grondwaterstand koppelen aan de natschade;
- de effecten van ingrepen in de waterhuishouding op het grondwaterstandsverloop is met diverse modellen voor een aantal representatieve punten zeer wel te berekenen. Voor deze punten is de verandering in nat- en droogteschade met de genoemde methoden te bepalen. Het vertalen van de berekende verandering in grondwaterstanden naar alle picsels is voor De Leijen in technische zin goed uitvoerbaar gebleken. Daarmee is voor de VGR de doelrealisatie voor de landbouw in operationele zin gebiedsdekkend en in grote mate van ruimtelijk detail vast te stellen.

0.3 Aanbevelingen

In operationele zin is het zeer wel mogelijk de nat- en droogteschade te koppelen aan diverse maatstaven voor het grondwaterstandsverloop. De gd-actualisatie biedt de mogelijkheid ruimtelijk gedifferentieerd de actuele regimecurves met spreiding te bepalen. Gebruik van de regimecurve inclusief de spreiding ligt daarom voor de hand. Het overwegende bezwaar dat daarmee geen rekening kan worden gehouden met de persistentie is voor een deel te weerleggen doordat de relevante kennis ontbreekt of althans slecht is ontsloten. De eerste aanbeveling is deze kennis (opnieuw) te ontsluiten.

De aanpak voor de berekening van de AGR is een of ander model nodig die ingrepen in de waterhuishouding kan vertalen in verandering in tijdstijghoogtes resp. regimes in nader te kiezen referentiepunten. In methodische zin kan daarbij zeer verschillend te werk worden gegaan:

- kennis- en vuistregels;
- transfer-ruismodellering;
- toepassing quasi 2-dimensionaal model (à la SWAP) voor de lokale grondwaterstroming (inclusief de onverzadigde zone en verdamping; à la SWAP) op de referentiepunten en de regionale grondwaterstroming als onveranderlijke onderrandvoorwaarde;
- toepassing quasi 2-dimensionaal model en een op afstand gekoppeld model voor de regionale grondwaterstroming;
- op elke tijdstap gekoppelde modellen voor de lokale en regionale grondwaterstroming (à la SIMGRO).

Welke methode kan of moet worden toegepast wordt sterk bepaald door de vraag en de beschikbare data maar ook door de kenmerken van het hydrologisch systeem. In gebieden met een hoge weerstand van het afdekkend pakket bijvoorbeeld is het 'overdone' de effecten van een peilverandering van 20 cm op de regionale grondwaterstroming expliciet te berekenen. Heldere beslisregels hoe in methodische zin te handelen ontbreken echter. Het verdient aanbeveling deze regels te ontwikkelen.

Het effect van ingrepen in de waterhuishouding op de grondwaterregimes is onmogelijk per picsel van 25 maal 25 m te bepalen. Alleen voor een relatief beperkt aantal punten is een effectberekening in operationele zin mogelijk. De vraag doet zich dan ook voor hoe een vlakdekkend beeld van de verandering in nat- en droogteschade kan worden verkregen. Daarvoor zijn in principe 2 methoden beschikbaar:

- voor de rekenpunten wordt de schade berekend en vervolgens wordt deze schade naar andere punten ge-interpoleerd, met gebruikmaking van hulpvariabelen. Deze methode heeft als grote voordeel dat voor het beperkt aantal punten de beste methode van schadebepaling kan worden gekozen; een groot nadeel is dat de dragers voor interpolatie niet goed zijn gedefinieerd danwel moeten worden afgeleid uit rekenexperimenten.
- de berekende verandering in de grondwaterstand in de rekenpunten wordt met ruimtelijke dragers zoals de maaiveldshoogte, naar de overige punten geinterpoleerd waarna voor alle punten de nat- en droogteschade kan worden vastgesteld. Het grote voordeel is dat dezelfde ruimtelijke dragers kunnen worden gebruikt die ook voor de

gd-actualisatie zijn gebruikt; een nadeel is dat de ruimtelijke interpolatie alleen voor de regimecurvemethode uitvoerbaar lijkt.

Voor De Leijen is eerstgenoemde methode niet toegepast, zodat geen antwoord kan worden gegeven op de vraag welke methode het meest geschikt. De aanbeveling is beide methoden in een nieuwe pilot met elkaar te vergelijken.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 1998 is een nieuwe aanpak gepresenteerd voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen: de Waternood-systematiek (Projectgroep Waternood, 1998). De belangrijkste kenmerken van deze methode zijn dat grondwater als leidraad wordt genomen (in plaats van de oude normen voor de oppervlaktewaterstanden) en dat per vorm van landgebruik de doelrealisatie kan worden gekoppeld aan het grondwaterstandsverloop of aan grondwaterregimecurves. Voor implementatie van deze aanpak is het nodig dat deze relatie is geformaliseerd, in de vorm van specificatie van grondwaterstandsgrenzen waarboven of beneden schade optreedt, en waarden voor de hoogte van de schade. Bedoelde formalisering is voor de landbouw en natuur echter niet beschikbaar. Er is daarom een onderzoek uitgevoerd in het proefgebied De Leijen, gefinancierd door DLG en het programma Waterbeheer van DWK. Dit rapport doet verslag van de achtergronden om de doelrealisatie voor de landbouw te kunnen vast stellen en de operationalisering daarvan in de vorm van een computerapplicatie voor berekening van de natschade met gebruikmaking van tijdstijghoogtelijnen.

1.2 Doelstellingen

Doelstellingen van het onderzoek naar de doelrealisatie Landbouw zijn de volgende:

- ontwikkelen van een methode om voor een gebied de doelrealisatie voor de landbouw te kwantificeren;
- het formaliseren en operationaliseren van deze methode;
- invullen van de methode met parameters;
- het kunnen doen van aanbevelingen voor vervolgstudies.

1.3 Leeswijzer

De kennis van de relatie tussen de waterhuishouding van de onverzadigde zone en de landbouwkundige mogelijkheden en beperkingen vormt de basis om de relatie te leggen tussen grondwaterstand en mate van doelrealisatie. Hoofdstuk 2 beschrijft de achtergronden. Deze kennis is geoperationaliseerd Voor zowel droogteschade als natschade is dat uitgewerkt in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden de resultaten voor het proefgebied De Leijen besproken.

2 Achtergronden

2.1 Algemeen

De waterhuishouding van de onverzadigde zone van het bodemprofiel is van grote invloed op de landbouwkundige mogelijkheden en beperkingen. De gewenste waterhuishoudkundige situatie heeft betrekking op de abiotische toestand van de onverzadigde zone als standplaats van het gewas. Het gaat daarbij om het voorkomen van de juiste hoeveelheid water van de gewenste kwaliteit in het bodemprofiel, in het bijzonder in de wortelzone. Het vochtgehalte bepaalt allereerst de mogelijkheden tot verdamping waarbij zowel een te natte als een te droge situatie belemmerend werkt. Het optimale traject is te koppelen aan de drukhoogte van het bodemwater en ligt globaal tussen -80 en -300 cm. Daarnaast is het vochtgehalte van invloed op de volgende aspecten met betrekking tot de bedrijfsvoering:

- de draagkracht van de grond, waarbij geldt dat hoe natter en hoe hoger het organisch-stofgehalte, hoe geringer de draagkracht (Beuving et al., 1989); bij onvoldoende draagkracht kan de grond niet worden bereden danwel niet door het vee worden belopen zonder schade aan te richten;
- de bewerkbaarheid, waarbij voor zavel- en kleigronden geldt dat onder te natte omstandigheden versmering optreedt en dat onder te droge omstandigheden de grond te hard wordt;
- de rooibaarheid, waarbij met name voor akkerbouwgewassen op kleigrond geldt dat onder te natte omstandigheden veel grond wordt 'meegerooid' (veel tarra) en structuurbederf optreedt, terwijl onder te droge omstandigheden kluiten een probleem vormen.

Voor de landbouw is redelijk goed bekend aan welke eisen de waterhuishouding van de standplaats moet voldoen (Van Soesbergen et al., 1986). Praktisch gezien is het echter niet doenlijk om de waterhuishoudkundige situatie in de wortelzone te karakteriseren in termen van variabelen die betrekking hebben op de standplaats zelf. Daarom is het gebruikelijk die situatie te karakteriseren op basis van een of andere maat voor het grondwaterstandsverloop. Daarbij is het belangrijk voor ogen te houden dat de grondwaterstandsdiepte lang niet altijd een goede maat is voor de waterhuishoudkundige situatie in de wortelzone. Dat is alléén het geval als er sprake is van een zogenoemd evenwichtsprofiel, inhoudende dat de vochtspanning gelijk is aan de hoogte boven de grondwaterspiegel. In de regel is alleen in de winter hiervan bij benadering sprake.

2.2 Methoden voor relaties tussen waterhuishouding en opbrengst

Om de waterhuishoudkundige situatie te relateren aan de grondwaterstandssituatie is het noodzakelijk verband te leggen tussen de landbouwkundige mogelijkheden en beperkingen in termen van opbrengsten en een maatstaf voor de grondwaterstand. Een korte schets van de mogelijkheden levert het volgende beeld op (zie ook Van Bakel en Hamaker, 1998).

Opbrengst-ontwateringsdieptecurves

In de jaren vijftig zijn in het kader van het onderzoek van de Commissie Onderzoek Waterhuishouding Nederland (COLN) voor zeven bodemtypen zogenoemde opbrengst-ontwateringsdieptecurves opgesteld. Die curves geven het verband tussen de *gemiddelde* ontwateringsdiepte (afstand grondwaterstand midden tussen de ontwateringsmiddelen en maaiveld) tijdens het groeiseizoen en de opbrengst (Visser, 1958). De curves als weergegeven in fig. 2.1 zijn afgeleid uit proefveldonderzoek.. Elke curve heeft een natte en een droge tak, met daartussen een optimum. Bij hoge grondwaterstanden (geringe ontwateringsdiepte) is de luchthuishouding van het bodemprofiel de beperkende factor, bij diepe grondwaterstanden de groeifactor water. Aspecten als draagkracht, bewerkbaarheid en rooibaarheid zijn indertijd *niet* meegenomen. Daarom zijn de curves volgens fig. 2.1 gedateerd. Het concept van een droge en een natte tak, met daartussen een optimum, is echter nog steeds relevant.

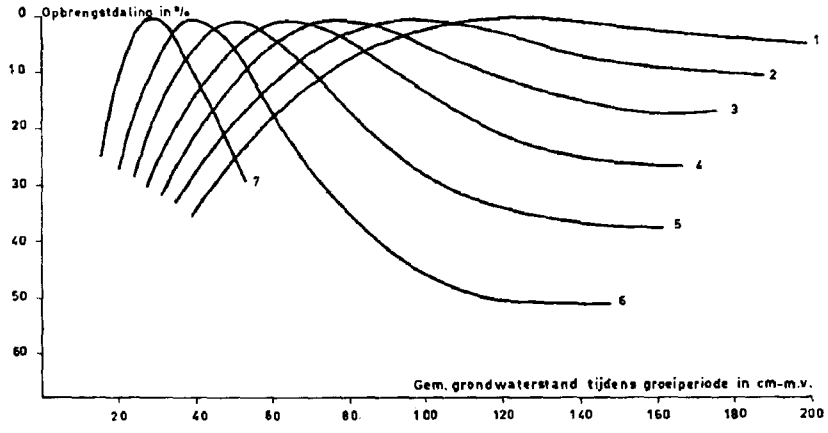


Fig. 2.1 Opbrengst-ontwateringsdieptecurves voor zeven profielgroepen, volgens Visser (1958)

HELP-methode

De landbouwkundige mogelijkheden en beperkingen van een gegeven legenda-eenheid op de bodemkaart worden mede bepaald door de Grondwatertrap. Per legenda-eenheid-Gt-combinatie worden die mogelijkheden en beperkingen *kwalitatief* omschreven in de bij elke bodemkaart horende toelichting. In het kader van de uitvoering van landinrichtingsprojecten is later de behoefte toegenomen om de relatie tussen de waterhuishouding en landbouwkundige productie nader te onderbouwen en ook te *kwantificeren*. Dat heeft uiteindelijk geleid tot de zogenoemde HELP-tabellen (Werkgroep Help, 1987). Om de HELP-tabellen te gebruiken worden de legenda-eenheden volgens de bodemkaart vertaald in zogenoemde HELP-bodemtypen. In totaal zijn 70 HELP-bodemtypen onderscheiden. In de HELP-tabellen zijn per bodemtype en Gt-situatie de opbrengstreducties in % ten gevolge van te natte resp. te droge omstandigheden opgenomen, verder aangeduid als nat- resp. droogteschade. Er zijn aparte tabellen voor grasland en voor bouwland De droogteschade berust op berekeningen met het agrohydrologische model MUST-Lamos (De Laat, 1980). De natschade is vooral gebaseerd op 'expert judgement'.

Evenals de opbrengst-ontwateringsdieptecurves geldt voor de HELP-tabellen dat de opbrengstreducties betrekking hebben op *gemiddelde* hydrologische omstandigheden over een langjarige periode en dus weinig zeggen over de periode van het jaar waarin de schade optreedt, noch over de situatie in specifiek droge of natte jaren.

SOW-methode
Bij deze methode wordt de schade gekoppeld aan de duur en de mate van over- of onderschrijding van een bepaald grondwaterstandsdiepte gedurende een bepaalde periode met als maat de Som van de Over(onder)schrijdingen van een Waarde (SOW). Daarvoor is het nodig de tijdstijghoogtelijn van de grondwaterstand te kennen.

Voor granen is deze methode toegepast in de IJselmeerpolders (Sieben, 1974).

Voor grasland is alle kennis over productieomstandigheden en bedrijfsvoering geïntegreerd door het koppelen van de volgende modellen:
- SWATRE (Belmans et al., 1983) voor het berekenen van de waterhuishouding;
- CROPR (Feddes et al., 1978) voor het berekenen van de gewasgroei;
- GRAMAN (Peerboom, 1990) voor de bedrijfsvoering.

Dit modelinstrumentarium, aangeduid als het model SWAGRA, is gebruikt om de natschade ten gevolge van onvoldoende draagkracht, beperking van de groei ten gevolge van lage temperaturen en stikstofverliezen door denitrificatie te berekenen en te relateren aan het verloop van de grondwaterstandsdiepte. Daartoe is een standaard graslandbedrijf van 50 ha met 11 identieke percelen en 50 koeien gedefinieerd. In het voorjaar start de grasgroei in afhankelijkheid van temperatuur en ontwateringssituatie. In de loop van april wordt het vee ingeschaard, mits de draagkracht voldoende is. De draagkracht is daarbij afhankelijk van de vochtspanning. Een aantal percelen wordt gemaaid. Indien de draagkracht op deze percelen onvoldoende is moet gewacht worden met maaien, waardoor de voederwaarde van het gras terugloopt. Bij het grazen worden vertrappingsverliezen in rekening gebracht die groter worden als de draagkracht afneemt. Bij onvoldoende draagkracht wordt het vee tijdelijk op stal gezet en moet met (duur) krachtvoer worden bijgevoerd. Als resultaat wordt onder meer het verloop van de grondwaterstand en van de *actuele* transpiratie verkregen. De laatste leidt, samen met de eveneens berekende *potentiële* transpiratie, tot berekening van de *reductie* in transpiratie, te vertalen in een reductie in droge-stofproductie. Uiteindelijk is via statistische bewerking van de gedetailleerde rekenresultaten op dagbasis een verband afgeleid tussen het verloop van de grondwaterstandsdiepte en de opbrengst, in de vorm van een lineaire relatie tussen de *onder*schrijdingssom van een (bodemtype afhankelijke) kritieke grondwaterstandsdiepte en de procentuele opbrengstreductie. De hellingshoek van deze lineaire relatie wordt aangeduid als de schadecoëfficient.

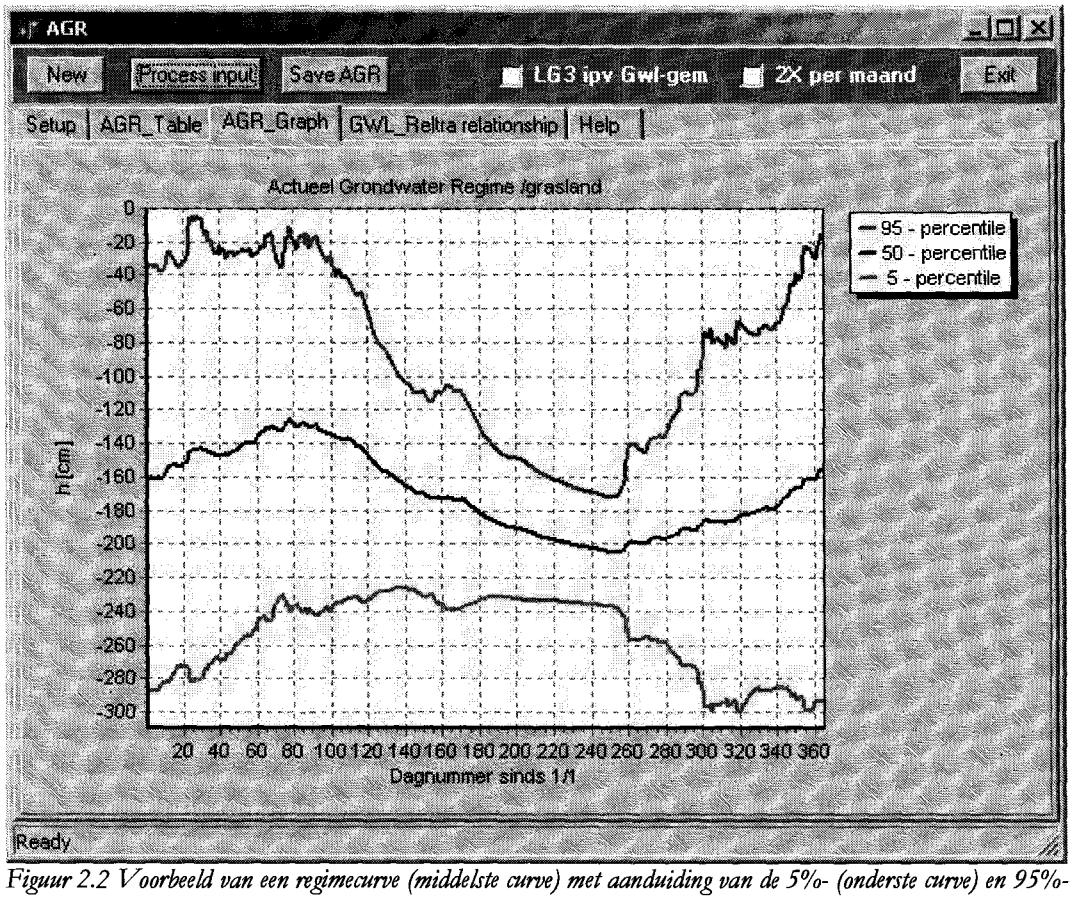
Als nu in een concrete situatie het verloop van de grondwaterstandsdiepte bekend is kan de natschade gekwantificeerd worden door de zogenoemde som-onderschrijdingswaarde (SOW) van de kritieke grondwaterstandsdiepte te berekenen. Zolang de grondwaterstandsdiepte groter is dan de kritieke diepte voor het desbetreffende bodemprofiel is er geen natschade (SOW=0). Bij een stijging tot boven de kritieke diepte is de schade afhankelijk van zowel de mate van als de duur van de onderschrijding (SOW>0, uitgedrukt in cm·d). Het uiteindelijke percentage natschade volgt dan door de SOW-waarde te vermenigvuldigen met de desbetreffende schadecoëfficient.

Een sterk punt van de SOW-methode ten opzichte van de HELP-methode is dat de natschade berekend kan worden voor afzonderlijke jaren en bovendien gekoppeld is aan de periode van het jaar. Een bijkomend voordeel van de SOW-methode is dat ook situaties

met een afwijkend verloop van de grondwaterstand doorgerekend kunnen worden. De HELP-methode is voor dat soort afwijkende situaties minder geschikt. Een beperking is vooralsnog dat kritieke grondwaterstandsdiepten en schadecoëfficienten slechts voor enkele bodemtypen zijn bepaald.

De regimecurvemethode

De regimecurve geeft het gemiddelde verloop van de grondwaterstand weer gedurende het jaar, door middeling van minimaal 8 waarden per datum. Tevens kan ook de spreiding rond deze curve worden aangegeven, bijv de bandbreedte tussen het 5%- en 95%-punt (zie figuur 2.2). Per periode in het jaar kunnen grondwaterstandsgrenzen worden aangegeven waarboven of beneden aanvaarbare of onaanvaardbare schade optreedt met daaraan gekoppeld percentages doelrealisatie[1]. Gebruik van de regimecurve kan door wel of niet rekening te houden met de spreiding. Ter onderscheid zal eerstgenoemde toepassing worden aangeduid als de regimecurve-met-spreidingmethode. Bij gebruik van de spreidingsgegevens kan de schade worden berekend als het produkt van **kans** op overschrijding en de bijbehorende schadecoëfficiënt. De methode heeft als grote voordeel dat voor maatregelen die geen invloed hebben op het gemiddelde verloop maar wel de spreiding beïnvloeden andere schades worden berekend, hetgeen ook in werkelijkheid het geval zal zijn.



Figuur 2.2 Voorbeeld van een regimecurve (middelste curve) met aanduiding van de 5%- (onderste curve) en 95%- (bovenste curve) grenzen

[1] Doelrealisatie is voor landbouw te vertalen als de mate waarin de maximaal haalbare opbrengst wordt gehaald. Deze kan dus afhangen van de bodemeenheid.

De tijdstijghoogtelijnmethode
Een belangrijk nadeel van de regimecurvemethode is dat de opeenvolging in de tijd van de grondwaterstanden niet bekend is. Daardoor is het **niet** mogelijk schades te bepalen die pas ontstaan als gedurende een bepaalde aaneengesloten periode van hoge of lage grondwaterstanden schade ontstaat, bijv. het (gedeeltelijk) afsterven van het gewas bij een te lange aaneengesloten periode van droogtestress. Bij gebruik van de tijdstijghoogtelijnen vervalt dit nadeel. Echter de kennis over de relevante relaties ontbreekt grotendeels.

De deterministische aanpak
De relaties tussen hydrologie van de onverzadigde zone en de opbrengst kunnen met behulp van fysisch-mathematische modellen worden beschreven en kunnen eventueel worden geoperationaliseerd mbv computercodes. Een voorbeeld daarvan is het model SWAP (Van Dam, 2000). Echter lang niet alle van belang zijnde relaties zijn hierin opgenomen zodat voor een deel moet worden terug gegrepen op empirische relaties, bijv. het afsterven van het gewas onder invloed van zuurstoftekort.
Met zo'n model kunnen door simulatie relaties worden afgeleid tussen grondwaterstand(sverloop) en opbrengst of tussen draindiepte en opbrengst (zie o.a. Van Wijk et al., 1988).

Met behulp van simulatiemodellen is het ook mogelijk met de invloed van de bedrijfsvoering en de nutriëntenhuishouding op de relatie tussen grondwaterstandsverloop en opbrengst rekening te houden. Dit wordt momenteel onderzocht in het project Waterpas. In 2002 komen de resultaten beschikbaar.

2.3 Conclusies

Er zijn diverse methoden beschikbaar om de relatie te kwantificeren tussen grondwaterstand(sverloop) en opbrengst(reductie). In een gehouden workshop dd. 9 mei 2000 was echter de unanieme conclusie dat alleen de deterministische aanpak goede resultaten kan opleveren (zie bijlage 1 voor verslag en conclusies). Binnen de pilot De Leijen waren echter voor deze aanpak onvoldoende middelen beschikbaar en is een aanpak gevolgd zoals in hoofdstuk 3 besproken.

Voor Waternood ligt een koppeling aan de regimecurve of de tijdstijghoogtelijn voor de hand. Binnen de pilot De Leijen zijn beide methoden toegepast. De gevolgde werkwijze en resultaten worden besproken in de volgende 2 hoofdstukken.

3 Invulling en operationalisering van de kennis van droogte- en natschade

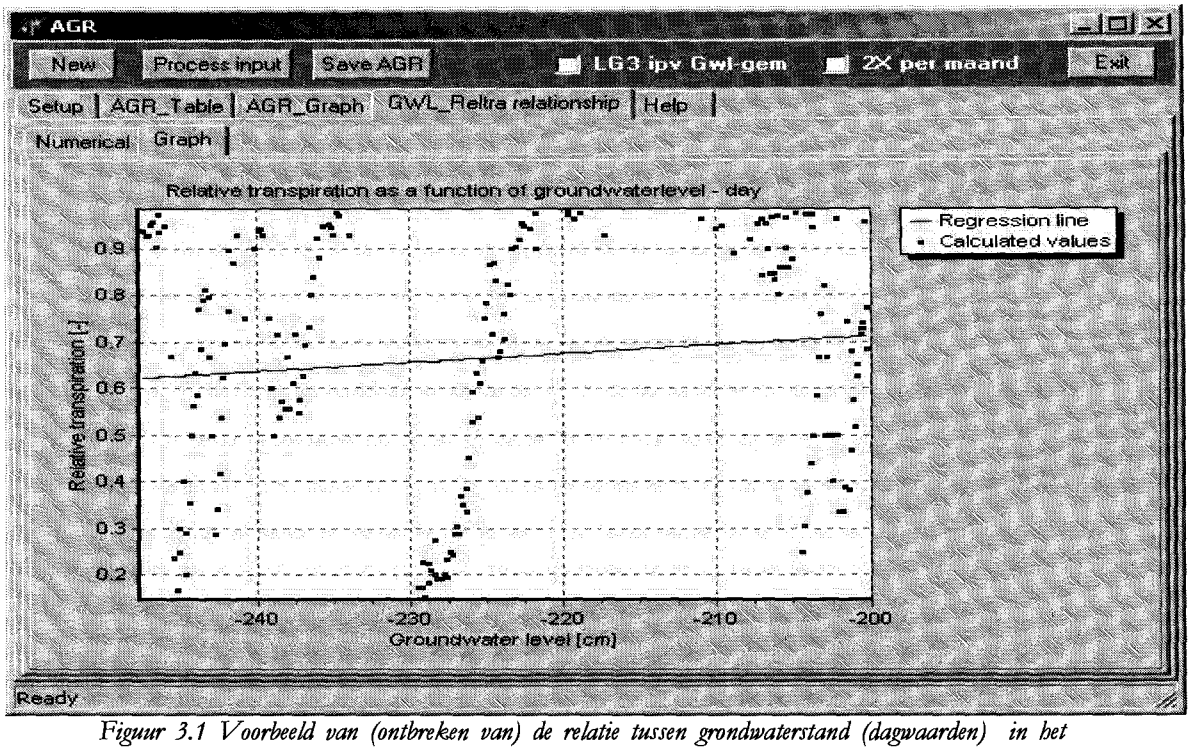
3.1 Inleiding

De mate van doelrealisatie in de landbouw wordt bepaald door de som van nat- en droogteschade. Beide vormen van opbrengstreductie zijn te koppelen aan de grondwaterstand. In paragraaf 3.2 wordt dat uitgewerkt voor de droogteschade; in paragraaf 3.3 voor de natschade.

3.2 Droogteschade

Zoals reeds in hoofdstuk 2 is betoogd is in perioden dat de wortelzone meer of minder is uitgedroogd de relatie tussen grondwaterstand en vochttoestand in de wortelzone in hoge mate niet-eenduidig. Maar enig verband is wel te verwachten en het zou erg handig zijn een dergelijke relatie te produceren omdat deze kan worden gebruikt om droogteschade te koppelen aan de regimecurve of tijdstijghoogtelijn.

Voor een beperkt aantal bodemeenheden is met behulp van SWAP op basis van tijdstijghoogtelijnen voor een aantal jaren, de relatie afgeleid tussen actuele grondwaterstand in de zomerperiode en relatieve verdamping (= 1 - verdampingsreductie). Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 3.1. De regressievergelijking luidt: *relatieve verdamping = 1.09 + 0.0019 * grondwaterstand* (correlatiecoefficient = 0.0137). Het lijkt er dus op dat er geen relatie bestaat tussen dagwaarde van grondwaterstand en dagwaarde van relatieve verdamping. De vraag is vervolgens gesteld of er geen relatie te leggen is tussen de seizoensverdamping en een maat voor de laagste grondwaterstanden, bijv. het gemiddelde van de laagste drie 14-daagse grondwaterstanden van het betreffende seizoen (1/4-1/10) Deze werkwijze levert een aanzienlijk beter resultaat (tabel 3.1).



Figuur 3.1 Voorbeeld van (ontbreken van) de relatie tussen grondwaterstand (dagwaarden) in het groeiseizoen en verdampingsreductie (dagwaarden)

Tabel 3.1 Relatie tussen gemiddelde grondwaterstand (cm-mv) over een periode en cumulatieve relatieve verdamping (fractie) over die periode.
LG3 = drie laagste dagwaarden gemiddeld
gwl = relevante gemiddelde grondwaterstand (LG3 of gemiddelde dagwaarden)
corr.coef = correlatiecoefficient behorende bij de regressievergelijking

periode	grondwaterstand	regressie vergelijking	corr.coef.
groeiseizoen	gemiddeld	cum.rel.verd. = 1.46+0.0029*gwl	0.65
hele jaar	gemiddeld	cum.rel.verd. = 1.10+0.0010*gwl	0.58
groeiseizoen	LG3	cum.rel.verd. = 1.66+0.0037*gwl	0.63
hele jaar	LG3	cum.rel.verd. = 1.33+0.0019*gwl	0.68

Gebruik van tijdstijghoogtelijnen kan, op deze wijze toegepast, een verbetering kunnen betekenen t.o.v. de Help-methode omdat de variabiliteit in droogteschade tussen de jaren meegenomen kan worden. Deze methode is echter niet verder uitgewerkt omdat het kunnen vaststellen van dergelijke relaties per combinatie van bodem en gewas moet worden uitgevoerd.

3.3 Natschade

3.3.1 Werkwijze

Zoals in hoofdstuk 2 is aangegeven, was het niet mogelijk binnen het project De Leijen de deterministische aanpak te gebruiken. Daarom is gekozen voor de volgende aanpak:

- de mogelijke aanpassing van de tactische bedrijfsvoering (gewaskeuze, aanpassing machines e.d.) worden niet in beschouwing genomen;
- alleen de gewassen gras en maïs worden beschouwd. Voor elk gewas wordt het jaar opgedeeld in perioden met verschillende relaties tussen grondwaterstand en natschade;
- de natschade wordt gekoppeld aan de actuele dagwaarden van de grondwaterstand (hetgeen inhoudt het gebruik van tijdstijghoogteverlopen), zonder dat rekening wordt gehouden met het de historie (hetgeen in technische zin wel mogelijk is). Dit is gedaan om 2 redenen: a) het ontbreekt aan voldoende kennis om op de duur van een aaneengesloten periode dat de grondwaterstand een grens over- of onderschrijdt, te discrimineren en b) de resultaten moeten bruikbaar zijn voor de regime-met-spreidingmethode, die inherent niet met de historie rekening kan houden. In statistische zin levert het gebruik van de statistische kennis van de dagwaarden op deze manier namelijk exact dezelfde natschades op, alleen de schade per jaar kan dan niet meer worden bepaald;
- de draagkrachteisen zijn vertaald in grondwaterstanden via de volgende procedure:
  - de draagkrachtgrens is gegeven als een waarde van de indringingsweerstand (MPa) van de standaardconus (zie Cultuurtechnisch Vademecum, 1988)
  - de relatie tussen indringingsweerstand en drukhoogte is per hoofdbodemtype (humusarm zand, humusrijk zand, veen, zavel, klei) uit de literatuur bekend (zie o.a. Cultuurtechnisch Vademecuum, 1988; Peerboom, 1990 en Beuving et al., 1989). Er wordt voorlopig uitgegaan van de volgende 2 relaties:
    - zandgrond: drukhoogtegrens = 67 + (indringingsweerstandsgrens * -167)
    - veengrond: drukhoogtegrens = 83 + (indringingsweerstandsgrens * -250)
  - draagkrachtgrens wordt vertaald in drukhoogtegrens op gespecificeerde diepte volgens bovenstaande formule
  - via de aanname van een evenwichtsprofiel in de onverzadigde zone wordt de aan grondwaterstandsgrens bepaald: grondwaterstandsgrens = abs(drukhoogtegrens) plus gespecificeerde diepte (in cm –mv);
- per periode worden op basis van literatuuronderzoek en raadpleging van experts de gevraagde kengetallen ingevuld;
- de schades worden omgerekend in reductie in procenten van de doelrealisatie, waarbij de percentages gelden voor het systeem dat rekent met dagwaarden;
- de uiteindelijke reductie in doelrealisatie is (100 – x1)(100-x2)…. , onder de voorwaarde dat (100 –x) >= 0, waarbij x staat voor afzonderlijk percentage voor een deelaspect (bijv als gevolg van verkorting groeiseizoen; zie hierna);
- alle draagkrachtgrenzen voor berijdbaarheid zijn gesteld op 0,6 MPa op 5 cm -mv, voor de bewerkbaarheid zijn de grenzen uit het onderzoek van Van Wijk et al. (1988) genomen;
- de aldus geformaliseerde relaties worden geoperationaliseerd mbv een computerapplicatie geschreven in Delphi, genaamd 'De schade-expert'. Bijlage 2 geeft de beschrijving;
- de methode is ook overgezet naar de regimecurve-met-spreidingmethode door samenvoeging van overlappende periodes en het per periode beperken tot 2 natschadegrenzen voor de grondwaterstand en 2 bijbehorende schadecoëfficiënten, ongeacht de mate waarin deze grenzen worden overschreden. Daardoor is de methode

bruikbaar om per vlak waarvoor een regimecurve met spreiding bekend is de doelrealisatie te bepalen. Voor deze toepassing in het projectgebied De Leijen, zie Bierkens (2001).

3.3.2 Literatuuronderzoek en expertise

Grasland

Mest uitrijden
Mest uitrijden kan als de indringingsweerstand op 5 cm -mv groter is dan 0,6 MPa.

De winterproductie van 4,5 maanden moet in periode 1/2 tot 15/3 kunnen worden uitgereden. Vanwege vorst in de grond, zondagen en meteorologische omstandigheden kunnen 25 dagen (?) gemiddeld niet worden benut. Blijft over 20 dagen waarop zonder agrohydrologische beperkingen mest zo kunnen worden uitgereden en daar zou een boer de capaciteit van zijn mestsilo en apparatuur op af kunnen stemmen. Bij een dag minder moet de uitrijcapaciteit worden vergroot met 1/20, enz. De jaarlijkse kosten (in de vorm van rente en afschrijving zijn begroot op f 150,- per ha. Dus elke dag minder leidt tot een kostentoename van f 7,50 per ha per jaar.

Voor de kosten van mestopslag geldt een ander verhaal: vanaf 1 november tot in ieder geval 1 maart moet er opslagcapaciteit zijn. Elke dag dat er niet kan worden uitgereden vanaf 1 februari vergroot de behoefte aan opslagcapaciteit. Vanwege andere dan agrohydrologische omstandigheden bouwt een boer een zekere reserve in, zeg 20 dagen. Extra capaciteit is nodig als er kans is op overschrijden van deze 20 dagen. Maar het gaat om hooguit 25 dagen langer, is 135/115 maal optimale capaciteit. Elke dag dat er niet kan worden uitgereden vanwege agrohydrologische omstandigheden doet de kans op overschrijden van de 20 dagen toenemen met 1/20. Dus 1/20 maal 135/115 maal de jaarlijkse opslagkosten van f 200,- per ha aan jaarlijkse kosten Dus elke niet-uitrijdbare dag kost 1/20 maal 15/115 maal f 200,- per ha per jaar is f 1,30 per ha per jaar. Opgeteld bij de f 7,50 is dat f 8,80 per niet-uitrijdbare dag, afgerond f 10,- per ha per jaar. Dit is 0,3% reductie in doelrealisatie per niet-werkbare dag.

Kunstmest strooien in voorjaar
Kan worden uitgevoerd als de indringingsweerstand op 5 cm -mv groter is dan 0,6 MPa.

Wordt uitgevoerd in de periode 15/3- 15/4.
Elke dag dat er niet kan worden gestrooid geeft verlating van de grasgroei. De maximale verlating is 30 dagen. De grasproductie in deze 30 dagen is 5% van totale productie (nog nagaan). Ook hier rekening houden met het feit dat er dagen zijn die vanwege meteorologische of andere omstandigheden niet werkbaar zijn, stel de helft. Dus elke dag te laat strooien geeft 1/30 maal 1/2 maal 5% is afgerond 0,1 % reductie in doelrealisatie per niet-werkbare dag.

Begin groeiseizoen
Uit literatuur is bekend dat het begin samenvalt met de overschrijding van de 400 graaddagen grens vanaf 1 januari (gemiddelde dagtemperatuur boven 0 graden). ICW (1981) schat dat het aantal benodigde graaddagen met 1,5 wordt verhoogd als de grondwater-

stand hoger is dan 50 cm –mv. Elke dag komt overeen met ca 5 graaddagen (400 gedeeld door 75 dagen). Dus 1,5 graaddag levert een verlating van 1,5/5 dag. Een dag verlating van het groeiseizoen is gelijk aan een reductie in de bruto grasopbrengst van 1/215 deel is ca. 0,5 %. Dus in de periode dat dit relevant is (1/2 –1/4) levert overschrijding van de grondwaterstand van 50 cm -mv een reductie in de doelrealisatie op van 0,15%.

Grasgroei
Verondersteld wordt dat de wortels geen water meer opnemen als ze in het water staan. We gaan verder uit van een bewortelingsdiepte van 30 cm. Dus verdampingsreductie is gelijk aan bewortelingsdiepte minus grondwaterstand gedeeld door bewortelingsdiepte. Dus verloop van 0 tot 100 % reductie vanaf grondwaterstand op 30 cm tot grondwater aan maaiveld. Elke dag wordt er gemiddeld 1/200 deel van de grasproductie gerealiseerd (is eventueel nog op te splitsen, rekening houdend met sinusverloop in de referentiegewasverdamping). Merk op dat dit een SOW-30 benadering is met als coëfficiënt 1/200 maal 1/30 is 0,00017.

P.S. Als het gewas onder water staat vindt er dus geen verdamping plaats. Maar er treedt ook geen verdrinking plaats, omdat wordt verondersteld dat gras weer gewoon doorgroeit als het weer 'boven water' komt.

Als de grondwaterstand hoog is treedt extra denitrificatie op. Om de gewasgroei op peil te houden wordt extra stikstof gestrooid maar dat pakt negatief uit op de mineralenbalans van een bedrijf.
In een voorstudie (Noij et al., 1997) is af te leiden dat bij GHG hoger dan 50 cm -mv per cm stijging van de **gemiddelde** grondwaterstand er een extra verlies is van 1,5, 5,0 en 2,5 kg per jaar voor resp. zand, veen en klei. In termen van Minas is dat een schadepost van (anno 2000) f 1,50 per kg zodat de geldelijke effecten van hoge grondwaterstanden zijn af te schatten op resp. f 2,25, f 7,50 en 3,75 per jaar per cm verhoging van de GHG. Deze informatie is moeilijk om te zetten naar dagwaarden. De grondwaterstandsgrens is verlaagd naar 60 cm -mv en de schadecoëfficiënt is verlaagd simpel door deling van het aantal dagen per jaar. Dat betekent dat per cm overschrijding van het 60 cm -mv-niveau een reductie optreedt in doelrealisatie voor zandgronden van: 2,25 gedeeld door 3000 gedeeld door 365 maal 100% is 0,002% (voor veengrond 0,007% en kleigrond 0,003%). Op basis van modelexperimenten met de natschade-expert is achteraf vastgesteld dat dit realistische waarden zijn.

Vertrappingsverliezen
Deze treden op gedurende het weideseizoen (25/4 - 1/11): is 190 dagen.
Op basis van literatuur is aangenomen dat er extra vertrappingsverliezen optreden als de indringingsweerstand op 5 cm -mv lager is dan 0,6 MPa en dat deze gelijk zijn aan 30% van weidevoorraad van 1500 kg ds per ha. Dit gebeurt alleen op het beweide perceel (1 van de 10) Dat is 30% maal 1/10 maal 1500 is 45 kg per ha per dag. Dit komt overeen met 0,5% van de opbrengst van 9000 kg ds.

Berijdingsverliezen
Bij maaien, schudden en oprapen is een indringingsweerstand nodig van 0,6 MPa op 5 cm -mv. Elke dag dat er niet bereden kan worden geeft opbrengstreductie in de vorm van groeistilstand (in ieder geval in termen van voederwaarde) Dit is 0,5% van jaarlijkse opbrengst op het perceel dat eigenlijk 'aan snee' is. Gemiddeld wordt op 30% van de

percelen gemaaid, geschud of opgeraapt. Dus elke dag niet kunnen rijden geeft reductie van 0,5 maal 30% is 0,15%.

Scheuren/herinzaai
Elk jaar wordt 10% opnieuw ingezaaid in de periode 1/9 tot 1/10. De eisen aan de indringingsweerstand zijn 0,6 MPa op 5 cm -mv. Elke dag niet kunnen herinzaaien geeft 1/30 verlies in de opbrengst van herinzaai (die wordt geschat op een toename van de produktie van zeg 10% in daarop volgende jaar), zodat de reductie uitkomt op 1/30 maal 10% maal 10% maal is afgerond 0,015%.

Bovenstaande wordt samengevat in tabel 3.1.

Tabel 3.1. Indeling in perioden en benodigde kengetallen voor bepaling natschade bij grasland mbv de tijdstijghoogtelijnmethode

periode	activiteit	bepalende variabele(n)	numerieke waarde indringingsweerstand (MPa)	grondwaterstandsgrens	schadecoefficient (% per dag overschrijding c.q. per SOW)	opmerkingen
1/1-1/2	Geen					
1/2 – 15/3	Mest uitrijden	h op 5 cm –mv	0,6	uit draagkrachtrelatie,: zand 35 cm –mv veen 60 cm –mv	0,3	
15/3-15/4	Kunstmest strooien	h op 5 cm –mv	0,6	uit draagkrachtrelatie	0,1	
½-1/4	begin groeiseizoen	temperatuursom	nvt	60	0,15	
15/3-1/11	grasgroei	h in wortelzone	nvt	SOW-30: schadecoëfficiënt 0,0002		
15/3-1/11	denitrificatie	grondwaterstand	nvt	60 cm –mv	0,002 zand 0,007 veen 0,003 klei	
25/4-1/11	weideseizoen	h op 5 cm –mv	0,6	uit draagkrachtrelatie	0,5	extra vertrappingsverliezen
5/5/-1/10	maaiseizoen	h op 5 cm –mv	0,6	uit draagkrachtrelatie	0,15	
1/9-1/10	herinzaai/scheuren	h op 5 cm –mv	0,6	uit draagkrachtrelatie	0,015	

Mais

Ploegen en zaaiklaar maken
In de periode 15/3-15/4 wordt er geploegd en wordt het land zaaiklaar gemaakt (geen maïs op zware kleigrond).

De veronderstelling is dat bewerkbaarheid van de bouwvoor geen probleem vormt danwel niet extra wordt verergerd als de grondwaterstanden hoger is dan de draagkrachtgrens.
Elke dag dat op basis van draagkracht niet kan worden gewerkt geeft op 1/30 deel van het oppervlak een verlating van het groeiseizoen met in principe 1 dag met een opbrengstreductie van 1/120 deel (lengte groeiseizoen 120 dagen) is 1/30 maal 0,8% is 0,03%.

Zaaien
Dit gebeurt in de periode 15/4-10/5 met lichtere machines en dus is de draagkrachtgrens 0,5 MPa op 5 cm -mv.
Elke dag later zaaien dan 1 mei geeft opbrengstvermindering van 0,8%. De zaaiperiode is 25 dagen. Elke dag dat er niet kan worden gezaaid geeft op 1/25 van het areaal een opbrengstreductie van 0,8%. Dus per dag 0,03% reductie in doelrealisatie.

Opkomst
De opkomst is rond 25/5.
De tijd tussen zaaien en opkomst is een functie van het aantal graaddagen boven 8 graden (?). Bij grondwaterstanden hoger dan 60 cm -mv wordt elke dag het aantal graaddagen verminderd met 1,5 (?). Dat is een verlating van de opkomst met 0,2 dag (benodigd aantal graaddagen 200 in 25 dagen, is 8 graaddagen per dag). Dit is 0,15 % reductie in doelrealisatie.

Onkruidbestrijding voor opkomst
Voor opkomst is mechanische onkruidbestrijding verplicht. Deze kan niet worden uitgevoerd als de draagkracht op 5 cm -mv minder is dan 0,6 MPa. Er zijn in principe 15 dagen beschikbaar. Elke niet-werkbare dag betekent voor 1/15 deel van het oppervlak dat er geen mechanische onkruidbestrijding kan worden uitgevoerd met een schadepost van f 150,- per ha(?): per dag dus is f 10,-. Dit komt overeen met 0,4 % reductie in doelrealisatie.

Chemische onkruidbestrijding
In de periode 1/6-15/6 wordt er altijd gespoten met een onkruidbestrijdingsmiddel. Als er niet kan worden gespoten kan de gehele oogst als verloren worden beschouwd (?). Bij een draagkracht van 0,6 MPa of minder op 5 cm -mv kan er niet op het land worden gereden. Elke dag dat er niet kan worden gespoten betekent een schadepost van 1/15 van de totale opbrengst is 6%.

Gewasgroei
Wordt gekoppeld aan de sinkterm-waarden van SWAP. De natte tak hiervan geeft default voor mais (silage maize) de volgende waarden:

- begin reductie bij drukhoogte van -0,30 m
- volledige reductie bij drukhoogte van –0,015 m

We gaan er vanuit dat onder natte omstandigheden er een evenwichtprofiel is zodat de sinkterm-waarden kunnen worden omgezet in grondwaterstandsgrenzen voor de natschade, als volgt. Ga uit van onderkant wortelzone is 40 cm -mv en tel daar de (absolute) waarde van de sinkterm bij op voor begin natschade, zijnde 70 cm. Volledige reductie treedt op grondwaterstand 1,5 cm -mv, zeg tot in maaiveld. Elke dag niet groeien geeft

1% minder opbrengst. Merk op dat geen SOW-aanpak kan worden gebruikt vanwege knikpunten in de lineaire relaties. De reductiefunctie (voor vermenigvuldiging van de 1%) ziet er uit als volgt:

- als grwst > 70 cm –mv: reductiefactor = 0,0
- 70 < grwst > 30: reductiefactor = 1,0 - [(gwst-30) * 1,0 + 0,5(1,0 + (1,0 – 1/30(70-gwst))) * (70 –gwst)]/40
- grwst < 30: reductiefactor = 1,0 - (gwst * 0,5)/40

P.S.
Volgens Noij et al. (1997) mag bij mais de invloed van vernatting op de stikstofopname en stikstofoverschot worden verwaarloosd. Dit spoort niet met eigen waarnemingen waarbij in het voorjaar mais op natte percelen er geel bij staat en de groei wel degelijk wordt geremd.

Afsterven gewas door zuurstofgebrek
Te langdurig bij hoge temperaturen onder water verkeren van de wortels leidt tot irreversibel afsterven van de wortels waardoor het gehele gewas verloren gaat. Na 15 september is de oogstbaarheid echter al zodanig dat het gewas ook na afsterven kan worden geoogst. Dat de duur van de natte periode in beschouwing moet worden betrokken is evident (maar niet mogelijk). Een alternatief is te denken in kansen.
De periode is 1/6- 15/9. In de regel is de temperatuur zodanig hoog dat het onder water staan van de wortels altijd leidt tot afsterven, dus de temperatuurinvloed wordt buiten beschouwing gelaten.
IKC-L (Jan Huinink, pers. meded.) hanteert als vuistregel dat tijdens het groeiseizoen alle gewassen afsterven na drie dagen met anaërobie. Stel nu dat de schade zich als volgt opbouwt: eerste dag 5%, 2e dag 20% en derde dag 75 procent (ruwweg verviervoudiging per dag). Cumulatief is dat 5, 25 en 100%. Stel, als gedachtenexperiment, verder dat in een bepaalde periode er 3 statistisch drie dagen voorkomen met grondwaterstand tot in maaiveld. Los van elkaar zouden ze resulteren in 3 maal 5 is 15% reductie. In de combinatie 2 plus 1 is de schade 25 (25 +5 is 30% en als 3 opeenvolgende dagen 100%. Maar we moeten nog wegen met de kans op voorkomen. Dit is uit tijdreeksmodellen af te leiden maar stel dat de kans op 1 dag water tot aan maaiveld 2 maal zo groot is als 2 dagen achter elkaar en die weer 2 maal zo groot als 3 dagen achter elkaar (er zit natuurlijk behoorlijke traagheid in het systeem). Dan worden de percentages van 2 opeenvolgende dagen plus 1 dag 0,5 maal 25 plus 5 is 17,5% en voor 3 opeenvolgende dagen 1/4 maal 100% is 25%. Gemiddeld is dat (15+17,5+25)/3 is ca. 20%. De enige informatie die we hebben is dat in 3 dagen 100% schade optreedt. Dat is gemiddeld 33% per dag. Maar gelet op kans van voorkomen moet dat dus lager (in het gegeven voorbeeld 20%). Dit percentage zal worden aangehouden.

Verrotting van oogstbare delen
M.n. bij hakvruchten en uien kan de oogst verloren gaan door verrotting van de oogstbare delen. Voor maïs gaat de oogst verloren na nachtvorst op waarnemingshoogte maar dat wordt niet beïnvloed door de grondwaterstand.

Zaaien snijrogge
In de periode 20/9-5/10 kan snijrogge worden gezaaid als vanggewas. De benodigde draagkracht is 0,6 MPa op 5 cm -mv. De 'opbrengst' van snijrogge is gesteld op f 150,-

(?) per ha (is 6%). Elke dag dat er niet kan worden gezaaid geeft een opbrengstreductie van 1/15 maal 6% is 0,4%.

Oogsten
Het oogsten vindt plaats in de periode 15/9-15/11 (60 dagen), met zware machines die echter behoorlijk zijn toegerust om bij natte omstandigheden nog te kunnen werken (waarbij de structuurschade buiten beschouwing blijft). De benodigde draagkracht is 0,6 MPa op 5 cm -mv.
Elke dag dat er niet kan worden geoogst bestaat de kans dat het gewas op het land blijft staan en bevriest. De 'oogsttrein' is ingesteld op een gemiddeld aantal werkbare dagen van 30 dagen (?). Een dag dat er vanwege te natte omstandigheden niet kan worden geoogst geeft dus aanvankelijk nog geen schade maar dit effect kan zoals reeds eerder betoogd niet worden meegenomen. Maar gemiddeld genomen geeft elke niet-werkbare dag als gevolg van te hoge grondwaterstanden terwijl er normaal gewerkt kan worden een opbrengstverlies van 1/30 deel. Maar de kans dat die samenvalt met een niet-werkbare dag als gevolg van andere omstandigheden is 0,5 zodat de schade uitkomt op 1/60 maal 100% is 1,5% reductie in doelrealisatie.

P.S.
Een alternatieve redeneerwijze is dat de 'oogsttrein' zich aanpast aan nattere omstandigheden. De kosten van loonwerk zijn nu gebaseerd op 'normale' omstandigheden met een werkbare tijd van 30 dagen. Elke niet-werkbare dag als gevolg van te hoge grondwaterstand doet de kosten oplopen met (aanvankelijke) 1/30 deel. Vanwege het samenvallen van een niet-werkbare dag anders dan veroorzaakt door te hoge grondwaterstanden is doet dit de kosten oplopen met 1/60 deel.
De loonwerkkosten voor de oogst van snijmaïs bedragen f 600,- per ha zodat een niet-werkbare dag als gevolg van te hoge grondwaterstand uitkomt op 1/60 maal f 600 is f 10,- per ha is 0,4%. Dit is lager dan bovengenoemd percentage maar bedenk dat de kosten 'exploderen' want naarmate het aantal werkbare dagen afneemt, neemt de behoefte aan investering toe met fractie van het resterend aantal werkbare dagen.

Groei snijrogge
Verondersteld wordt dat de groei evenredig is met de verdamping en dat de verdamping gekoppeld is aan wateropname via de wortels. Deze stopt als drukhoogte hoger is dan -30 cm. Bij een worteldiepte van 20 cm (centrum op 10 cm –mv) kan dat vertaald worden naar een grondwaterstandsgrens van 40 cm –mv. De groeiperiode is gemiddeld 60 dagen (15/10-15/12) waarin een opbrengst wordt gehaald van f 150,- per ha. Per dag f 2,50 is 0,1%.

Bovenstaande wordt samengevat in tabel 3.2.

Tabel 3.2 Indeling in perioden en benodigde kengetallen voor bepaling natschade bij mais mbv de tijdstijghoogte-lijnmethode

periode	activiteit	bepalende variabele(n)	numerieke waarde indringingsweerstand (MPa)	grondwaterstandsgrens (cm –mv)	schadecoëfficient (% per dag overschrijding c.q. per SOW)	opmerkingen
1/1-15/3	geen					
15/3-15/4	ploegen en zaaiklaar maken	h op 5 cm –mv	0,6	zand 55 cm – mv; veen 70 cm -mv	0,03	
15/4-10/5	zaaien	h op 5 cm –mv	0,6	zand 55 cm – mv; veen 70 cm -mv	0,03	
1/5-25/5	opkomst	temperatuursom sinds zaaien	nvt	60	0,15	
1/5-15/5	mechanische onkruidbestrijding	h op 5 cm –mv	0,6	uit draagkrachtrelatie	0,4	
1/6-15/6	chemische onkruidbestrijding	h op 5 cm –mv	0,6	uit draagkrachtrelatie	6,0	
25/5-kneuzen (maar in ieder geval voor 1/11), zeg 1/10	verdamping/gewasgroei	h in wortelzone uit sinkterm	nvt	0% bij gwst 70 cm -mv en 1% bij grwst in maaiveld volgens relatie in tekst		
25/5-15/9	afsterven door zuurstofgebrek	h in wortelzone. temperatuur (?), aantal aaneengesloten dagen	nvt	lineair van 0 tot 20% tussen grwst onderkant wz en maaiveld		
20/9-1/10(?)	zaaien snijrogge	h op 5 cm –mv	0,6	uit draagkrachtrelatie	0,4	
15/9-15/11	oogsten	h op 5 cm –mv	0,6	uit draagkrachtrelatie	1,5	
1/10-1/1	groei snijrogge	h in wortelzone, temperatuur(?)	nvt	40	0,1	

3.3.3 Opschaling naar de regimecurvemethode

Om een koppeling te kunnen maken tussen de regimecurves en de natschade zijn de 2 tabellen in de vorige sectie als volgt vertaald:

- per periode kunnen slechts 2 waarden worden gebruikt voor grondwaterstandsgrenzen en bijbehorende schadecoëfficiënten: 1 voor de bewerkbaarheid en 1 voor de gewasnatschade. Dit betekent dat de schades van overlappende periodes voor verschillende vormen van natschade moeten worden samengevoegd;
- gelet op de geringe verschillen in de 2 grondwaterstandsgrenzen tussen de onderscheiden perioden zijn de grenzen het gehele jaar door gelijk gehouden. Wel zijn de schadecoëfficiënten verschillend. Zie tabel 3.3 en 3.4 voor gras resp. mais;
- De schades per type schade in overlappende periodes zijn bij elkaar opgeteld en 'ontdaan' van mogelijke SOW-invloeden. Een voorbeeld daarvan is de grasgroei: de SOW-30-coefficient is 0,0002 (tabel 3.1). Allereerst is de grens verschoven naar 35

cm-mv, waardoor de coëfficiënt kleiner wordt zeg 70% Verder is verondersteld dat de gemiddelde waarde van de overschrijding van deze grens 15 cm Combinatie van beide fenomenen resulteert in een schadecoëfficiënt die 15 maal 0,7 groter is, afgerond 0,002. De aldus gegenereerde tabellen 3.5 en 3.6 zijn gebruikt in de Gis-procedure om AGR en VGR per picsel om te zetten in natschade. Omdat daarbij gewerkt wordt met 14-daagse waarnemingen moeten de schadecoëfficiënten daarbij worden met vermenigvuldigd met 14 (c.q. het werkelijk aantal dagen tussen de 28e en de 14e van de maand).

Gras

Tabel 3.3 Schadecoefficienten voor grasland per periode voor zand en veen, bij gebruik van 2 waarden voor de kritieke grondwaterstand

periode	zand		veen	
	coeff. 60 cm -mv	coeff 35 cm –mv	coeff. 60 cm –mv	coeff 30 cm -mv
1/2 - 15/3		0,3	0,3	
15/3-15/4		0,1	0,1	
½-1/4	0,1	0,1	0,1	
15/3-1/11		0,003		0,003
15/3-1/11	0,002		0,007	
25/4-1/11		0,5	0,5	
5/5/-1/10		0,15	0,15	
1/9-1/10		0,015	0,015	

Samenvoeging van perioden geeft het volgende resultaat:

Tabel 3.4 Schadecoefficienten voor grasland bij samenvoeging overlappende periodes voor gebruik bij de regimecurvemethode

periode	zand		veen	
	coeff. 60 cm -mv	coeff 35 cm –mv	coeff. 60 cm –mv	coeff 30 cm -mv
½-15/3	0,1	0,4	0,4	
15/3 – 1/4	0,102	0,203	0,2	0,003
1/4-15/4	0,002	0,103	0,107	0,003
15/4-25/4	0,002	0,003	0,1	0,003
25/4-5/5	0,002	0,503	0,507	0,003
5/5-1/10	0,002	0,653	0,657	0,003
1/10-1/11	0,002	0,503	0,507	0,003

Mais

Tabel 3.5 Schadecoefficienten voor mais per periode voor zand en veen, bij gebruik van 2 waarden voor de kritieke grondwaterstand

periode	zand		veen	
	35 cm -mv	55 cm –mv	40 cm –mv	60 cm -mv
15/3-15/4		0,03		0,03
15/4-10/5		0,03		0,03
1/5-25/5		0,15		0,15
1/5-15/5	0,4			0,4
1/6-15/6	6,0			6,0
25/5-kneuzen (maar in ieder geval voor 1/11), zeg 1/10		0,5		0,4
25/5-15/9	5,0		4,0	
20/9-1/10(?)	0,4			0,4
15/9-15/11	1,5			1,5
1/10-1/1	0,1			0,1

Samenvoeging geeft het volgende resultaat:

Tabel 3.6 Schadecoefficienten voor mais bij samenvoeging overlappende periodes voor gebruik bij de regimecurve-methode

periode	zand		veen	
	35 cm -mv	55 cm –mv	40 cm –mv	60 cm -mv
15/3-15/4		0,03		0,03
15/4-1/5		0,03		0,03
1/5-15/5	0,4	0,18		0,58
10/5-15/5	0,4			0,55
15/5-25/5		0,15		0,15
25/5-1/6	5,0	0,5	4,0	0,4
1/6-15/6	11,0	0,5	4,0	6,4
15/6-15/9	5,0	0,5	4,0	6,0
15/9-20/9	6,5	0,5	4,0	1,9
20/9-25/9	6,9	0,5	4,0	2,3
25/9-1/10	1,9	0,4		2,3
1/10-15/11	1,5			1,5

3.3.4 Evaluatie

De kennis over de koppeling tussen actuele grondwaterstand en natschade op basis van literatuur is in een aantal gevallen wel erg beperkt waardoor de afgeleide schadecoëfficienten als zeer voorlopig moeten worden aangemerkt.

4 Resultaten voor De Leijen

4.1 Inleiding

De koppeling van droogteschade aan de GHG en GLG en van de natschade aan de regimecurve en de vertaling daarvan in de mate van doelrealisatie is uitgevoerd voor zowel het actueel grondwaterregime (AGR) als het grondwaterregime na ingrepen in de waterhuishouding: het veranderd grondwaterregime (VGR). De resultaten voor de pilot De Leijen, bepaald met de regimecurve-met-spreidingmethode zijn beschreven in Bierkens (2001). In dit hoofdstuk worden alleen de resultaten van de tijdstijghogtelijnmethode beschreven. Een aparte paragraaf is gewijd aan de vertaling van de door DLG opgegeven ingrepen in de waterhuishouding en de verandering in grondwaterregimes (VGR).

4.2 Natschade

De natschade volgens de tijdstijghoogtelijnmethode is met behulp van de natschade-expert (bijlage 2) berekend voor een achttal Stone-eenheden (UC's) die representatief zijn voor strata 514, 519 en 523. Voor elk van de Stone-eenheden is de doelrealisatie (= complement van de natschade,%) berekend voor de huidige situatie en voor de plansituatie waarbij waterhuishoudkundige ingrepen zijn toegepast (tabel 4.2). De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.1, waarbij voor de volledigheid ook de GHG's (cm –mv) behorend bij beide situaties staan vermeld.

Tabel 4.1 Natschade volgens de tijdstijghoogtemethode berekend voor de huidige waterhuishoudkundige situatie en de plansituatie in proefgebied De Leijen. Landgebruik is gras.

Stratum	UC	Ghg_huidig	Doelrealis._huidig	Ghg_plan	Doelrealis._plan
514 W	5466	9	52	8	44
	5489	18	74	11	46
514 O	5772	11	55	8	41
	5477	31	92	13	71
519	5756	48	97	45	97
	5784	24	89	17	83
523	5276	58	97	47	93
	5508	19	84	14	72

4.3 Berekening VGR

Door DLG (Dhr G. Schouten) zijn voor 3 strata (514, 519 en 523), bij wijze van voorbeeld, gegevens verstrekt over de huidige inrichting en beheer van de hoofdwaterlopen

en de kavelsloten en de geplande verandering in hoofwaterlopen en kavelsloten. Tabel 4.2 geeft een overzicht van de toegeleverde informatie.

Tabel 4.2 Overzicht van de ingrepen in de waterhuishouding gebied De Leijen.
Diepte 2 = secundair drainage niveau (diepte bodem van hoofdwaterloop)
Diepte 3 = tertiair drainage niveau (diepte bodem van kavelsloot)
Weerstand 2 = drainage weerstand secundair systeem
Weerstand 3 = drainage weerstand tertiair systeem
+ 25 cm = 25 cm verhogen
Max (+30,40) = 30 cm verhogen, echter niet ondieper dan 40 cm –mv

	514 West	514 Oost	519	523
Zomerpeil	+25 cm	+25 cm	+15 cm	+25 cm
Winterpeil	+25 cm	+25 cm	+15 cm	+25 cm
Diepte 2	Max(+30,40)	Max(+30,40)	ongewijzigd	ongewijzigd
Diepte 3	Max(+30,40)	dempen	40cm -mv	50cm -mv
Weerstand 2	ongewijzigd	ongewijzigd	ongewijzigd	ongewijzigd
Weerstand 3	ongewijzigd	99999	* 2	* 4

Deze informatie is gebruikt om de verandering in het grondwaterregime te berekenen. Het stappenplan hiervoor is als volgt:

- De referentiepunten die zijn gebruikt bij de gd-actualisatie zijn voorde 3 strata geselecteerd;
- per referentiepunt zijn de hydrologische gegevens vastgesteld door Gis-matig vast te stellen in welke Stone-eenheid ze liggen (Massop et al., 2000) en de volgende hydrologische gegevens van Stone-bestanden over te nemen:
  - de kwel, als onderrandvoorwaarde voor SWAP. Via deze term wordt de actuele regionale grondwaterstroming in rekening gebracht
  - de drainageweerstanden van de onderscheiden ontwateringsmiddelen
  - de aanvoersituatie
  - de bodemfysische eigenschappen.

  Belangrijk is op te merken dat bij een structurele verandering van de grondwaterstand in (delen van) het gebied, de regionale grondwaterstroming wordt beïnvloed. Dit effect kan alleen goed in beeld worden gebracht door toepassing van een niet-stationair gekoppeld verzadigd-onverzadigd grondwaterstromingsmodel. Voor De Leijen is hiervan al op voorhand afgezien. Wel lag het in de bedoeling de structurele verandering in de kwel af te schatten met een stationair analytisch grondwaterstromingsmodel. Om redenen van tijd en geld is hiervan afgezien;
- per punt wordt een SWAP-model met deze gegevens opgetuigd en worden 2 varianten acht jaar doorgerekend: de huidige situatie en de plansituatie waarbij de waterdieptes en bodemhoogtes uit tabel 4.2 worden genomen. Bij dempen wordt de drainageweerstand omgekeerd evenredigheid van het percentage overgebleven drainagemiddelen verhoogd (bijv. bij 25% dempen wordt de drainageweerstand vermenigvuldigd met een factor 100/(100-25));
- per variant worden de simulaties van de grondwaterstanden van de 14e en 28e van de maand weggeschreven en hiervan wordt per datum het gemiddelde en spreiding berekend;
- de effecten van de ingrepen zijn de verschilwaarden;

- de gemiddelde grondwaterstand en de spreiding van de waarden van 14e en 28e van de maand na de ingrepen (de VGR) worden simpel bepaald door aftrekking van deze effecten van de AGR-waarden.

Literatuur

Bakel, P.J.T. van, 1993. *De rol van de waterbalans bij waterconservering en –aanvoer.* PHLO-cursus 'De rol van de waterbalans in het waterbeheer: kwantiteit en kwaliteit'.

Bakel, P.J.T. van en Ph. Hamaker, 1998. *Gewenste grond- en oppervlaktewatersituatie voor de landbouw in Frieslân. Landelijke kennis en normen en toepassing daarvan op vier peilgebieden.* SC-DLO, Wageningen. Rapport 595.

Belmans, C., J.G. Wesseling en R.A. Feddes, 1983. *Simulation model of field water balance of a cropped soil providing different types of boundary conditions.* Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en waterhuishouding. Nota 1257.

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

Bierkens, M.F.P, 2001. *Methodiek analyse verschil AGR-OGR en VGR-OGR.* Notititie Alterra, Wageningen

Dam, J.C. van, J. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk and C.A. van Diepen, 1997. *Theory of SWAP version2.0.* Wageningen DLO Winand Staring Centre. Technical Document 45.

Dam, J.C. van, 2000. *Field-scale water flow and solute transport. SWAP model concepts, parameter estimation and case studies.* Doctoral Thesis Wageningen University.

Feddes, R.A., P.J. Kowalik en H. Zaradny, 1978. *Simulation of field water use and crop yield.* Wageningen, PUDOC. Simulation Monographs.

Gespreksgroep Hydrologische Terminologie, 1986. *Verklarende hydrologische woordenlijst.* 's-Gravenhage, Commissie voor hydrologisch Onderzoek TNO. Rapporten en nota's no. 16.

Laat, P.J.M. de, 1980. *Model for unsaturated flow above a shallow water-table applied to a regional sub-surface water flow problem.* Thesis. Agricultural University, Wageningen.

Massop, H.Th.L., T. Kroon, P.J.T. van Bakel, W.J. de Lange, A. van der Giesen, M.J.H. Pastoors en J. Huygen, 2000. *Hydrologie voor STONE; Schematisatie en parametrisatie.* Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM). Alterra-rapport 038 en Reeks Milieuplanbureau 9.

Noij, I.G.A.M., H.F.M. Aarts en J. Roelsma, 1997. *Invloed van vernatting op de stikstopopname van gewassen en op het stikstof overschot van bedrijven; voorstudie naar mogelijkheden om bij schaderegelingen rekening te houden met stikstof.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 574.

Peerboom, J.M.P.M., 1990. *Waterhuishoudkundige schadefuncties op grasland.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 43.

Projectgroep WATERNOOD, 1998. *Oppervlaktewater: grondwater als leidraad (een op het grondwater georienteerde aanpak van inrichting, beheer en onderhoud van oppervlaktewatersystemen.* Unie van Waterschappen en Dienst Landelijk Gebied van het Ministerie van LNV. Rapport in voorbereiding.

Sieben, W.H., 1974. *Over de invloed van de ontwatering op de stikstoflevering en de opbrengst van jonge zavelgronden in de Ijsselmeerpolders.* Van Zee tot Land 51.

Soesbergen, G.A. van, C. van Wallenburg, K.R. van Lynden en H.A.J. van Lanen, 1986. *De interpretatie van bodemkundige gegevens (systeem voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw).* Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Rapport 1967.

Visser, W.C., 1958. *De landbouwwaterhuishouding van Nederland.* Commissie Onderzoek Waterhuishouding Nederland-TNO. Rapport No. 1.

Werkgroep HELP-tabel, 1987. *De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige produktie.* Utrecht, Landinrichtingsdienst. Meded.Landinrichtingsdienst 176.

Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch vademecum, 1988. *Cultuurtechnisch vademecum.* Utrecht, Cultuurtechnische Vereniging.

Wijk, A.L.M., R.A. Feddes, J.G. Wesseling en J. Buitendijk, 1988. *Effecten van grondsoort en ontwatering op de opbrengst van akkerbouwgewassen.* Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Rapport 31.

Bijlage 1. Verslag workshop Wateroverlast ten behoeve van Waternood De Leijen, gehouden dd. 9 mei 2000

Opgesteld door Jan van Bakel en Frank van der Bolt

Aanwezig: Reinder Feddes (DOW), Jan Huinink (IKC-L), Gerrit Schouten (DLG), Frank van der Bolt (Alterra), Gerrit Grotentraast (DLG), Frans Verstraten(IKC-L), Henk Kleijer (Alterra), Jan van Bakel (Alterra, voorzitter)
Afgemeld: Wim v.d. Meer, Gerrit van de Werken en John Bouwmans (DLG)

Nb.: omdat bij de discussie enige onduidelijkheid ontstond over de manier waarop de regimecurves worden geïnterpoleerd is Marc Bierkens (Alterra) gevraagd om een toelichting. Marc heeft aan de discussie rond de punten 1 en 2 uit het verslag deelgenomen.

De bijeenkomst wordt geopend, na een korte introductie van de deelnemers wordt doel van de bijeenkomst toegelicht en wordt de agenda goedgekeurd. Hierna wordt snel overgegaan op de inhoudelijke discussie.

1. **Grondwaterstand als verklarende variabele om natschade te bepalen.**
Natschade is verbonden met draagkracht, bewerkbaarheid, zuurstofhuishouding in de wortelzone, temperatuur in de wortelzone. Allemaal zaken die worden beïnvloed door de waterhuishouding en de samenstelling van de wortelzone. Zoals bekend is de grondwaterstand in de meeste situaties een matige indicator voor de omstandigheden in de wortelzone. Natschade wordt veroorzaakt door de combinatie van de locale representatie van het regionale systeem (i.e. de grondwaterstand) en de neerslaggebeurtenissen. Beide bepalen de vochthuishouding in de wortelzone. De kennis van deze relaties is goed bekend en kan (zoals in het verleden reeds is aangetoond) met modellen worden gekwantificeerd. Het koppelen van de langjarige natschade aan de GHG (en GLG) vormt een van de zwakke punten in de berekening van de natschade in de HELP-methode omdat hierbij van een min of meer natuurlijke grondwaterstandsfluctuatie wordt uitgegaan. Onduidelijk is in welke mate de HELP bruikbaar is bij intensief gedraineerde gronden en in situaties met actief waterbeheer in deelperioden De meerwaarde van de voorgestelde methode t.o.v. de HELP-methode blijft beperkt tot het onderscheiden van periodes binnen het jaar. Een methode waarbij de langjarig te verwachten natschade voor verschillende periodes wordt berekend op basis van de kans op optreden van een grondwaterstand in een bepaalde periode (analoog aan regimecurve) in combinatie met de kans op voorkomen van een neerslaggebeurtenis (periode van 8 dagen), is recent ontworpen en verkennend toegepast (Hoogwaternormering regionale watersystemen, 2000).

Conclusie: Een maat voor de actuele grondwaterstand alleen kan de natschade niet voldoende eenduidig verklaren.

2. **Het gebruik van de regimecurve.**
Gekozen is voor het zoeken naar alternatieve grondwaterstand-kengetallen in plaats van de GLG/GHG (HELP-methode) omdat:

- De GHG en GLG geen mogelijkheid bieden voor natschade gevoelige en ongevoelige periodes binnen het jaar te onderscheiden

- Met de GHG en GLG de 'springerigheid' van het grondwaterstandsverloop niet kan worden gevangen terwijl het denkbaar is dat bij dezelfde GHG een springerig verloop leidt tot meer natschade, zeker daar het hier een sterk niet-lineair proces betreft. In de regimecurve wordt de 'springerigheid' gekwantificeerd in een betrouwbaarheidsinterval.
- De koppeling van de natschade aan voornamelijk de GHG impliciet een redelijk natuurlijk verloop van de grondwaterstand veronderstelt. Door allerlei ingrepen kan er echter van een natuurlijk verloop nauwelijks nog sprake zijn (denk aan volledig beheerste grondwaterstanden m.b.v. gesloten drainagestelsel in bollengrond)

De regimecurve is hiervoor echter volgens de deelnemers niet geschikt omdat:

- Bij gebruik van regimecurves moet worden gerealiseerd dat het gemiddelde en de spreiding alleen betrekking hebben op de meetreeks op basis waarvan deze zijn afgeleid. De natschade wordt voor het grootste deel veroorzaakt door extreme situaties die veelal in de meetreeks en daarmee in de regimecurve ontbreken omdat de kans op optreden van dergelijke gebeurtenissen binnen de meetperiode klein is. Het is dan ook zeer de vraag of het optreden van natschade op een verantwoorde manier aan de regimecurves (of tijdstijghoogtelijnen) kan worden gekoppeld. Het tweede argument om voor de regimecurve te kiezen wordt hierdoor discutabel.
- Bij berekenen van natschades is de lengte van de periode dat er aaneengesloten te natte omstandigheden in de wortelzone heersen van groot belang. Denk aan afsterven van wortels of aan het niet kunnen halen van het aantal werkbare dagen in de oogstperiode waardoor een deel van de oogst verloren gaat. De regimecurve doet daar geen uitspraken over omdat elke dag (c.q. elke 14 dagen) de gemiddelde en spreiding statistisch worden vastgesteld uit de verzameling van x aantal dagwaarden. Wanneer de 95%-bovengrens van de regimecurve boven een bepaalde grens voor natschade ligt geeft dat natschade op die dag. De volgende dag kan de regimecurve niet plotseling veel lager liggen dus die dag krijgt ook natschade toebedeeld. Maar inderdaad geen extra natschade omdat de vorige dag ook al natschade had. Dat betekent dat in de (nat)schadecoëfficiënten deze mogelijke versterking impliciet moet zijn ingebouwd. Dit vormt een groot bezwaar; de schaderelaties die verbonden zijn met de regimecurve hebben geen fysische betekenis.
- Regimecurves zijn afgeleide (en dus bewerkte c.q. gefilterde) informatie analoog aan de GLG en GHG. Hierbij gaat voor schadeberekeningen essentiële informatie (de opeenvolging) verloren. De basisgegevens worden gevormd door de gemeten stijghoogteverlopen. Hierin is de sequentie wel aanwezig en kan de natschade op basis van de huidige inzichten worden bepaald. Idealiter worden op basis van stambuizen en gerichte opnames voor elk vlakje van 25 maal 25 m een tijdstijghoogteverloop gegenereerd. Volgens Marc Bierkens kan dat met evenveel moeite als het genereren van regimecurves. Probleem bij een dergelijke benadering vormt de rekentijd en de dataopslag (afhankelijk van hoe je de berekeningen organiseert en de schade berekend).

Conclusie: Het gebruik van de regimecurve is een ongewenste en overbodige tussenstap voor het berekenen van de natschade omdat noodzakelijke in de basisgegevens aanwezige informatie hierdoor verdwijnt.

Gevolg voor de voorgestelde werkwijze is dat niet eerst regimecurves moeten worden geïnterpoleerd en dat daarna de bijbehorende schade wordt gekwantificeerd maar dat de schades moeten worden berekend en dat deze vervolgens worden geïnterpoleerd. Dit betekent concreet voor Waternood dat voor een beperkt aantal referentiepunten SWAP wordt toegepast en dat voor die punten de natschade wordt bepaald. Omdat dit een beperkt aantal punten betreft kan voor de punten waarvoor aanvullende data zijn verzameld de tijdstijghoogtelijn worden afgeleid. Via dezelfde procedure en met dezelfde informatie als voor de ruimtelijke interpolatie van de regimecurves kan de nat- en droogteschade naar andere punten worden geëxtrapoleerd (dragers: AHN, bodem, afstand waterloop, etc). Tijdens de workshop was de unanieme mening dat deze interpolatieprocedure net zo geoorloofd is voor de natschade als voor de regiemcurve omdat dezelfde basisdata worden gebruikt. Daardoor wordt zonder omwegen een kaart van nat- en droogteschade verkregen. De winst van deze procedure zit in het beter schatten van de schade in de punten met veel informatie door gebruik van de basisdata en door het werken met opeenvolgingen van dagen en het meenemen van neerslaggebeurtenissen. Hierbij moet in gedachten worden gehouden dat vanwege de sterk niet-lineaire relaties de schade bepaald voor de geïnterpoleerde regimecurves sterk kan afwijken van de op basis van dezelfde data geïnterpoleerde schades.

Conclusie: Bepalen van de natschade en droogteschade is alleen goed mogelijk als op dagbasis de hydrologie van de onverzadigde zone 'bekend' is. Voor een goede schatting van de schade per periode moeten regionale waterhuishouding (grondwaterstand) en neerslag voor een langere periode bekend zijn. Alleen de grondwaterstand vormt een te smalle basis om de natschade verantwoord te kunnen bepalen. Een betere schatting van de te verwachten schade wordt verkregen wanneer bij gebruik van dezelfde basisgegevens (tijdreeks van grondwaterstanden) eerst de schade in een aantal punten wordt berekend om deze daarna te interpoleren met behulp van dezelfde informatie waarmee nu de regimecurves worden geïnterpoleerd.

3. Stratificatie.

In de HELP-tabellen worden een groot aantal bodems onderscheiden. In de stratificatie t.b.v. de interpolatie van de grondwaterstanden is een indeling gemaakt op basis van landschappelijke en bodemkundige kenmerken. Hoe met deze discrepantie om te gaan bij de schadeberekeningen?

De natschade is te koppelen aan de volgende hydrologische variabelen: (zie bijlage 3)

- Drukhoogte op 5 cm onder maaiveld (kunstmest strooien, zaaien, maaien, beweidingsverliezen, temperatuurcorrectie, oogstwerkzaamheden).
- Drukhoogte op 15 cm onder maaiveld (mest uitrijden, herinzaai).
- Drukhoogte op 25 cm onder maaiveld (ploegen).
- ...

Van belang zijn hierbij de relatie tussen indringingsweerstand (c.q. draagkracht) en drukhoogte, en de bodemwarmtehuishouding. Beide worden mede bepaald door organisch stofgehalte en granulaire samenstelling. Het onderscheidend vermogen van deze relaties

is niet zodanig dat daarvoor meer dan een tiental bodemprofielen moeten worden meegenomen om de hele range te dekken.

Conclusie: De bepaling van de natschade wordt voor een beperkt aantal bodemtypen uitgevoerd.

4. Parameters voor de schadeberekening

In de Leijen komen de volgende gewassen in enige mate voor:

- Gras
- Maïs
- Vollegrondstuinbouw
- Laanbomenteelt

invulling van de gewasspecifieke relaties en bijbehorende parameterwaarden zal in ieder geval voor gras en maïs worden uitgevoerd. In bijlage 4 is voor gras en maïs een aanzet gegeven. Dit raamwerk zal in overleg met een beperkt aantal deskundigen worden bijgesteld. De volgende personen zouden daarbij betrokken moeten zijn:

Gras:	Theun Vellinga/Frans Aarts/Frans Verstraten/Frank van der Bolt
Mais:	PR/PAV/Frans Verstraten
Vollegrondstuinbouw:	Frits Schroen(IKC-L)/PAV
Boomteelt:	Boskoop/Zundert/Peter Besseling

Conclusie: de invulling van de parameterwaarden voor de natschade zal (t.b.v. De Leijen) voor deze gewasgroepen worden uitgevoerd.

Afgesproken wordt dat van de discussie een verslag wordt gemaakt door Jan en Frank en dat dit verslag ter becommentariëring wordt rondgestuurd. Geprobeerd wordt om voor 1 juni definitieve verslag af te ronden.

De bijeenkomst wordt afgesloten met dank aan alle deelnemers voor hun bijdrage. Het was een geslaagde dag met goede inhoudelijke discussies waar op een rij is gezet hoe natschade berekend moet worden.

Gevolgen voor De Leijen

Opgesteld door Jan van Bakel

Na terugkoppeling van de resultaten van de workshop naar de projectleiders was de conclusie dat vasthouden aan de planning belangrijk is en dat daarom het gebruik van de regimecurves moet worden gevolgd.
In dit stuk aangeven zal ik trachten aan te geven wat wel kan worden meegenomen in De Leijen en wat niet. Twee delen: nadere overwegingen van mij en de gevolgen voor de te volgen werkwijze in de Leijen.

I. Overwegingen

Droogteschade

Droogteschade is bij de workshop niet ter discussie gesteld. Naar aanleiding van de discussie is het toch gewenst om hier even bij stil te staan. Droogteschade wordt bepaald door de drukhoogte in de wortelzone. Voor de droogteschade moet je absoluut niet de illusie hebben dat je de droogteschade met de regimecurvemethode beter kunt benaderen dan met de Help-tabel. De droogteschade van afzonderlijke jaren is niet vast te stellen en ook aan de Help-tabellen liggen dezelfde berekeningen ten grondslag die ook gebruik zouden gaan worden om de droogteschadecoëfficiënten vast te stellen (in afwachting van nieuwe onderzoeksresultaten). Het enige voordeel wat ik zie is dat maatregelen die niet de GLG beïnvloeden maar wel de spreiding, nu effect opleveren. Denk aan een maatregel als vernatting in combinatie met intensivering van de ontwatering waardoor de spreiding geringer is maar niet de GHG en GLG. Maar het blijft ver gezocht.....

De bepaling van de natschade en droogteschade is alleen goed mogelijk als op dagbasis de hydrologie van de onverzadigde zone 'bekend' is.

- Een mogelijke uitwerking van deze stelling is dat voor een beperkt aantal referentiepunten SWAP wordt toegepast met verschillende grondwaterstandverlopen (bijv. het actueel verloop, het veranderd verloop) en dat voor die punten de natschade wordt bepaald. Via dezelfde procedure als voor de ruimtelijke interpolatie van de regimecurves kan de nat- en droogteschade naar andere punten worden geëxtrapoleerd (dragers: AHN, bodem, afstand waterloop, etc). Tijdens de workshop was de unanieme mening dat deze procedure net zo geoorloofd is voor de natschade als voor de regiemcurve. Als dat zo is (en dat moeten we m.i. nog nagaan) dan slaan we een belangrijke slag nl. zonder omwegen een kaart van nat- en droogteschade. Maar lopen we daarmee niet te ver voor de muziek uit? Immers, alle provincies zijn bezig met de GGOR (lees vooral grondwaterregime en ook waternood heeft als motto: grondwater als leidraad hetgeen kan worden opgevat als ideale grondwaterstandsverloop c.q. grondwaterregime c.q. de GHG en GLG als leidraad. Mijn antwoord hierop was in eerste instantie dat dit inderdaad zo is oftewel, we zijn verplicht de tussenstap te maken van grondwaterregime of grondwaterstandsverloop omdat alle mogelijke kaarten en maatregelen op deze grondslag worden of zijn geproduceerd. Maar zoals Jan Huinink terecht opmerkte sluit de deterministische aanpak een nabewerking niet uit. "We kunnen een veeljarig gemiddeld grondwaterstandsverloop verzinnen waarbij de som van nat- en droogteschade minimaal is, per functie. Op welke kengetallen precies gestuurd zou moten worden volgt vanzelf uit dit project: in welke deelperioden is de grondwaterstand voor functie A het meest kritiek (daar stuur je in principe op) en in welke deelperioden kun je je geheel richten op belangen van functie B in het gebied".

Bij de deterministische aanpak doet zich de volgende vraag voor:

Moet de berekeningen van nat- en droogteschade in SWAP worden ingebouwd of is het mogelijk dit als nawerking uit te voeren?

De eerste methode is fysisch gezien natuurlijk de beste met als voorbeeld: een gewas dat niet meer verdampt groeit minder en verdampt daardoor weer minder oftewel interactie tussen gewas en waterhuishouding in plaats van een opgelegd modelgewas dat altijd blijft 'staan'. Hoewel hierover in het verleden al veel over is nagedacht, is de gedachte dat de kennis over deze vorm van terugkoppeling te gering is of er te weinig toe doet om voor methode 1 te kiezen (graag reactie hierop). Dus methode 2 heeft de voorkeur omdat nabewerkingen in logistieke zin veel voordelen biedt. Al doordenkend kun je ook voor de methode kiezen van karteren of voorspellen van grondwaterstandsverlopen op meer dan alleen de stambuisplekken (bijvoorbeeld de gerichte opnamepunten) en die als onderrand in SWAP, 30 jaar doorreken en vervolgens nabewerken. Deze nat- en droogteschade schade wordt mm. de bekende techniek naar overige punten geëxtrapoleerd. De vraag die daar weer toe leidt is: bij de extrapolatie wordt voornamelijk gebruik gemaakt van de relatie tussen GxG en nat- en droogteschade in de SWAP-punten (kan worden nagegaan) en is de methode dus niet veel anders dan een ruimtelijke detaillering (variant) van de Help-procedure.

De bepaling van de natschade volgens de deterministische aanpak zal voor een beperkt aantal bodems worden uitgevoerd

Voor de natschade gaat dit op maar zeker niet voor de droogteschade, gelet op de variatie in vochtkarakteristieken en capillaire eigenschappen. Dit zou betekenen dat voor zeg maar de 70 Help-profielen er berekeningen moeten worden uitgevoerd om de relatie te leggen tussen grondwaterstandsverloop en droogteschade. De verwachting is dat dit weinig oplevert vergeleken met de Help-tabel (tenzij we zaken als andere gewassen en bedrijfsvoering inbrengen). Een herhaald pleidooi dus om de droogtekant voorlopig te laten rusten.

II. Werkwijze De Leijen

De deterministische aanpak vereist veel meer tijd en geld dan voor het project De Leijen beschikbaar is. Daarom is in overleg met de projectleiders het volgende afgesproken.

Voor de Leijen is reeds een prototype gebouwd om een regimecurve met spreiding te vertalen in nat- en droogteschade. Daartoe moet het juiste schadebestand worden gekozen dat is ingevuld op basis van de beschrijving in bijlage 3. We vullen dat in voor 7 Help-eenheden en 2 gewassen (gras en maïs).

De natschadegrenzen en -coëfficiënten in bijlage 3 zijn bepaald op basis van expert judgement en de droogteschadegrenzen en –coëfficiënten op basis van de rekenresultaten. Voor gras en maïs zullen de perioden opnieuw worden ingevuld met gebruikmaking van de gegevens van bijlage 4. De bijbehorende natschade-coefficienten per periode zullen voorlopig door mij worden ingevuld en wel zodanig dat de natschade volgens Help er redelijk uitrolt. In deze schadecoëfficiënten moet dus impliciet worden verwerkt dat schade pas ontstaat bij een opeenvolging van een aantal dagen onwerkbaar weer. Zoals gezegd levert de regimecurve deze informatie niet. De aldus vatsgestelde coëfficiënten hebben dus geen echte wortels in de 'praktijk'.

De droogteschade zal volgens de Help-tabel worden bepaald. De motivering hierbij is dat de relatie tussen momentane grondwaterstand en verdampingsreductie een zeer slechte correlatie vertoont, vanwege de slechte correlatie tussen vochtspanning in wortelzone en grondwaterstand, maar gemiddeld genomen is er wel een verband.

Bijlage 2. De natschade-expert (versie tijdstijghoogtelijnen)

B2.1 Inleiding

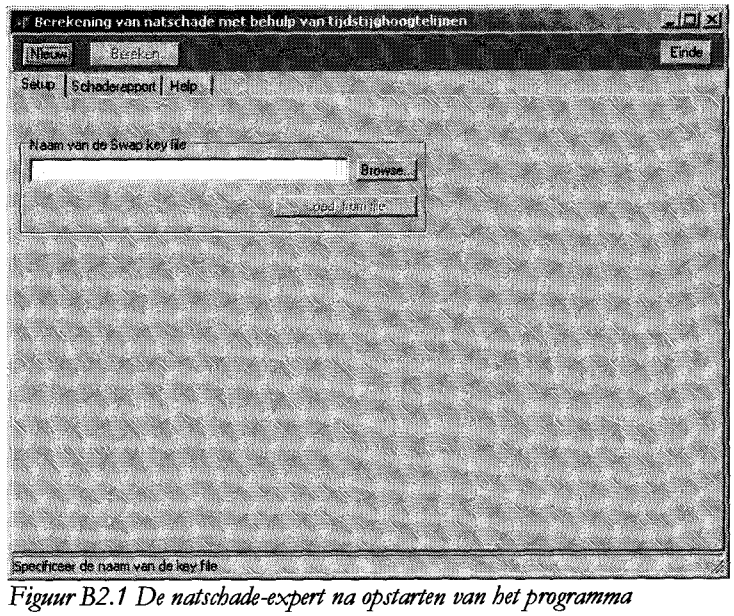
De natschade-expert is een programma om opbrengstreductie als gevolg van natschade te kwantificeren. Uitgaande van een aantal tijdstijghoogtelijnen (actuele dagwaarden van grondwaterstand als functie van tijd) zoals berekend met het simulatieprogramma SWAP wordt de natschade per jaar bepaald en vervolgens gemiddeld over het aantal jaren waaruit de berekeningsperiode bestaat.

De schade staat gespecificeerd in natschadetabellen die specifiek zijn voor grondsoort (zand, klei of veen) en landgebruik (gras of maïs).

De natschadetabel omvat een aantal perioden waarbij een periode representatief is voor een bepaalde menselijke activiteit (bewerking) of gewasactiviteit.
Voor elk van deze activiteiten is een grondwaterstand vastgesteld waarboven natschade optreedt. Voor wat betreft bewerkingsactiviteiten wordt deze grondwaterstand afgeleid van draagkrachteisen. De natschade op zich is gedefinieerd als zogenaamde kengetallen, die gebaseerd zijn op 'expert judgement'. De kengetallen zijn uitgedrukt in procenten van de doelrealisatie.
Is de grondwaterstand op een dag hoger dan de bijbehorende drempelwaarde dan wordt het relevante schadepercentage aan die dag toegekend. De schade wordt per periode gesommeerd en gemiddeld over het aantal beschouwde jaren. De uiteindelijke reductie in doelrealisatie is (100-x1)*(100-x2)..., waarbij x staat voor afzonderlijk percentage voor een deelactiviteit.

B 2.2 Interface

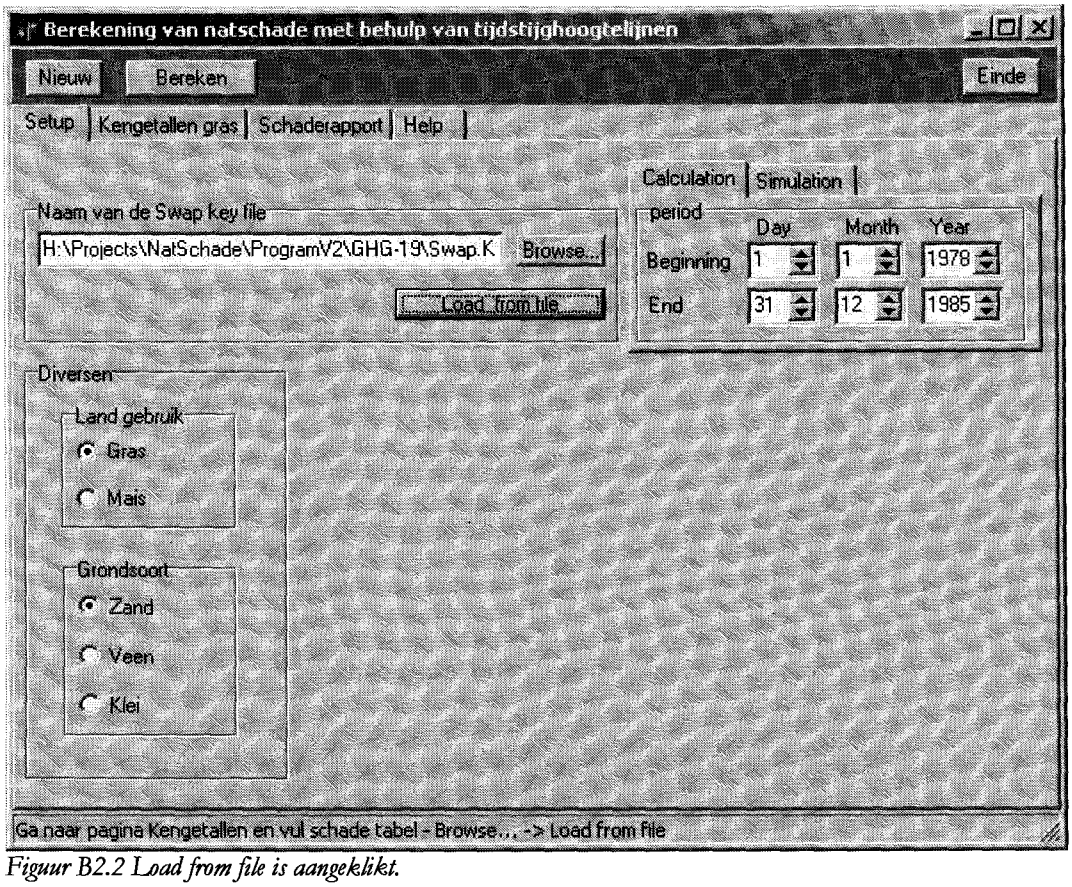
Het opstartscherm van de natschade-expert is weergegeven in figuur B2.1.



Figuur B2.1 De natschade-expert na opstarten van het programma

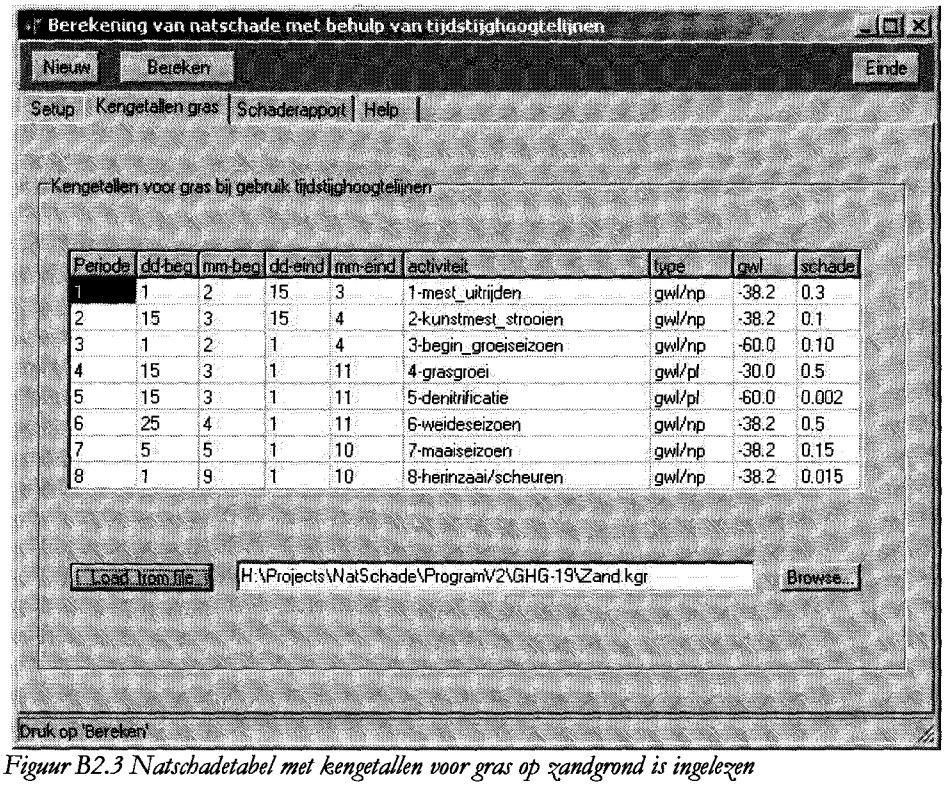
De expert gaat uit van SWAP uitvoer. De benodigde informatie omtrent die uitvoer wordt uit een SWAP keyfile gehaald, dus die moet eerst worden gespecificeerd, eventueel met behulp van de *Browse...* knop.

Na het aanklikken van *Load from file* verschijnt informatie over de simulatieperiode en is een voorkeuze gemaakt betreffende grondsoort en landgebruik (figuur B2.2). Deze keuze kan, indien nodig, worden aangepast door klikken op het juiste keuzerondje. De berekeningsperiode (Calculation period) die moet worden gehanteerd voor het berekenen van de natschade kan vrij worden gekozen binnen de simulatieperiode (Simulation period).



Figuur B2.2 Load from file is aangeklikt.

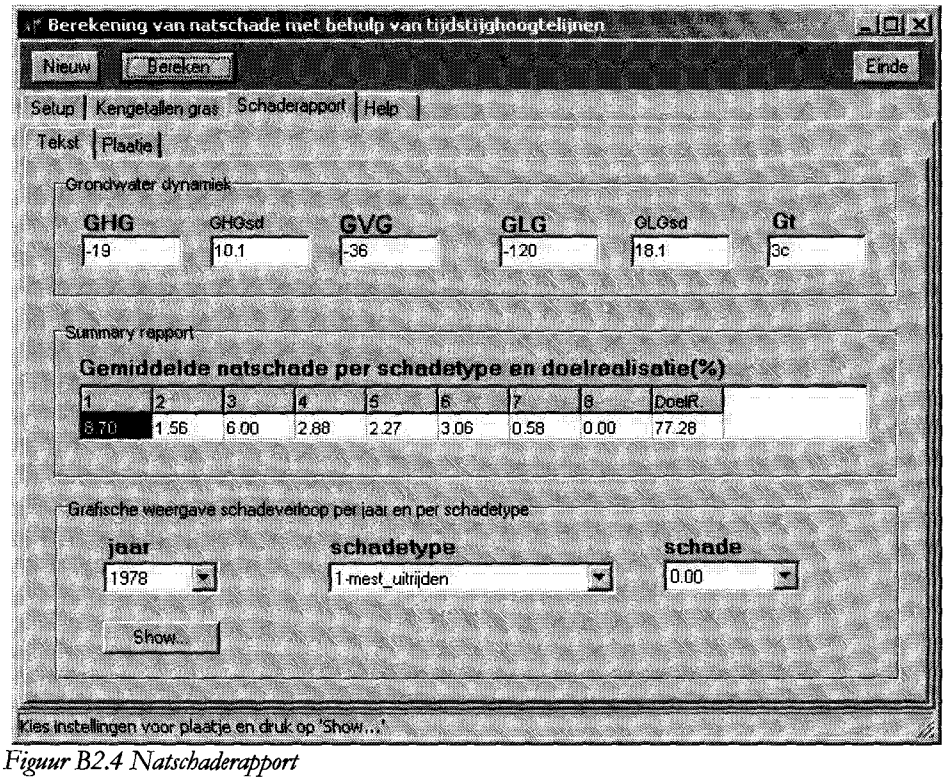
Op pagina kengetallen moet de tabel met kengetallen worden gespecificeerd of als bestand worden ingelezen (figuur B2.3).
De codering voor schadetype (kolom 7) moet als volgt worden geïnterpreteerd: n staat voor 'niet', p staat voor 'proportioneel' en l staat voor 'lineair'. Proportioneel betekent, dat de schade wordt bepaald door de mate van overschrijding van de drempelwaarde. Lineair betekent in dat geval bijvoorbeeld dat een twee maal zo grote overschrijding een twee maal zo grote schade tot gevolg heeft. De meeste schadetypen zijn niet proportioneel dus overschrijding van de drempelwaarde heeft een vaste schade tot gevolg.



Periode	dd-beg	mm-beg	dd-eind	mm-eind	activiteit	type	gwl	schade
1	1	2	15	3	1-mest_uitrijden	gwl/np	-38.2	0.3
2	15	3	15	4	2-kunstmest_strooien	gwl/np	-38.2	0.1
3	1	2	1	4	3-begin_groeiseizoen	gwl/np	-60.0	0.10
4	15	3	1	11	4-grasgroei	gwl/pl	-30.0	0.5
5	15	3	1	11	5-denitrificatie	gwl/pl	-60.0	0.002
6	25	4	1	11	6-weideseizoen	gwl/np	-38.2	0.5
7	5	5	1	10	7-maaiseizoen	gwl/np	-38.2	0.15
8	1	9	1	10	8-herinzaai/scheuren	gwl/np	-38.2	0.015

Figuur B2.3 Natschadetabel met kengetallen voor gras op zandgrond is ingelezen

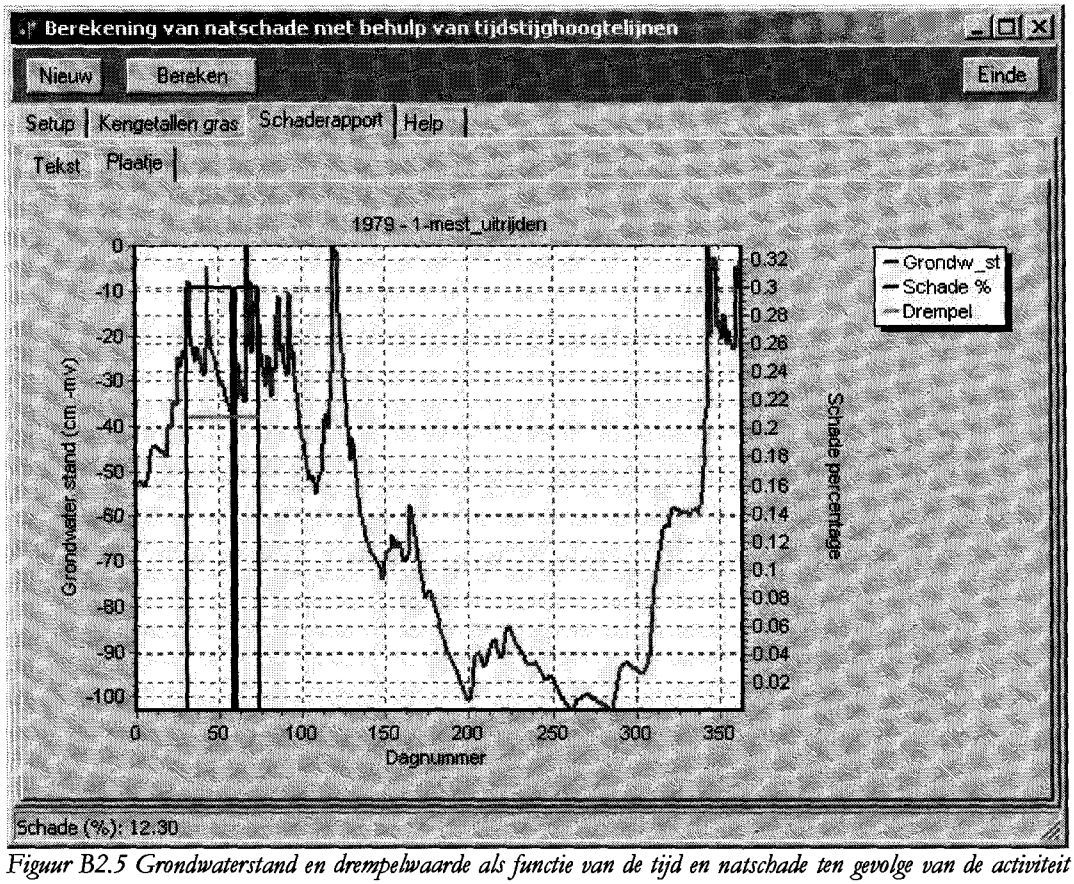
Na aanklikken van de knop *Bereken* worden de schadeberekeningen uitgevoerd en het schaderapport wordt getoond (figuur B2.4).



Figuur B2.4 Natschaderapport

Het rapport bestaat uit een aantal onderdelen:

- Grondwaterstandsdynamiek (cm) in termen van GHG (gemiddelde hoogste grondwaterstand), GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand), GLG (gemiddelde laagste grondwaterstand) en Gt (grondwatertrap) alsmede de standaardafwijking van de GHG en de GLG.
- De gemiddelde natschade per schadetype en de uiteindelijke doelrealisatie (%). Voor het verband tussen schadetype nummer en schadetype beschrijving, zie figuur B 2.3 kolom 6.
- Per schadetype en per jaar kan de schade grafisch worden weergegeven. Er kan een keuze worden gemaakt uit een van de jaren binnen de berekeningsperiode en het schadetype kan worden gekozen. Na aanklikken van *Show...* verschijnt pagina 'Plaatje' met de grafiek.



Figuur B2.5 Grondwaterstand en drempelwaarde als functie van de tijd en natschade ten gevolge van de activiteit zoals vermeld in de titel

Het oppervlak onder de blauwe grafiek (schadepercentage per dag geïntegreerd over de tijd) is een maat voor de natschade van het betreffende type in het betreffende jaar. De numerieke waarde van de natschade is weergegeven in de statusbalk. Het groene lijnstuk geeft de drempelwaarde van de grondwaterstand in de periode die hoort bij het schadetype. Indien de grondwaterstand ondieper is dan de drempelwaarde, treedt schade op.

Bijlage 3. De natschade-expert (versie regimecurve + spreiding)

B3.1 Inleiding

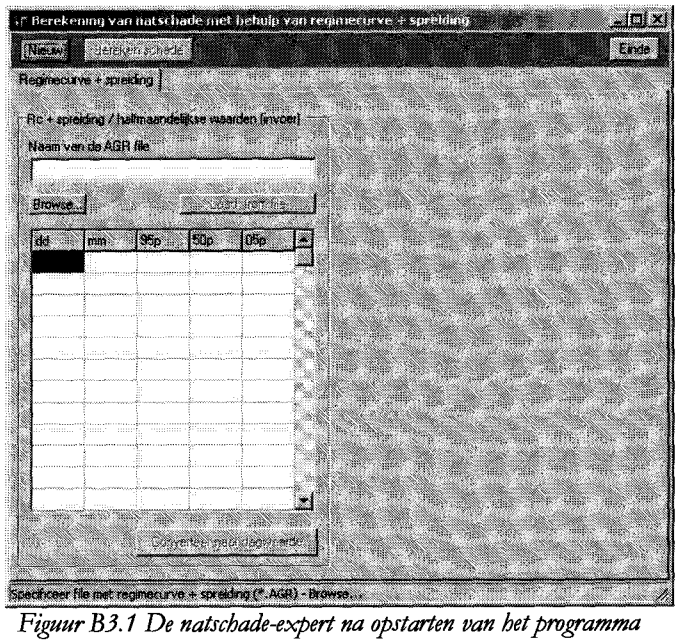
De natschade-expert is een programma om opbrengstreductie als gevolg van natschade te kwantificeren. Uitgaande van het gemiddeld verloop van de grondwaterstand gedurende het jaar (regimecurve) en de spreiding rond deze curve (uitgedrukt in de 95% en de 5% curve) kan de natschade worden berekend als het product van kans op overschrijding van een kritische grondwaterstand en de bijbehorende schadecoëfficiënt.

De kritische grondwaterstand voor een bepaalde activiteit en de schadecoëfficiënt staan gespecificeerd in natschadetabellen die specifiek zijn voor grondsoort (zand, klei of veen) en landgebruik (gras of maïs).

De natschadetabel omvat een aantal perioden waarbij een periode representatief is voor een bepaalde menselijke activiteit (bewerking) of gewasactiviteit.
Voor elk van deze activiteiten is een grondwaterstand vastgesteld waarboven natschade optreedt. Voor wat betreft bewerkingsactiviteiten wordt deze grondwaterstand afgeleid van draagkrachteisen. De natschade op zich is gedefinieerd als zogenaamde kengetallen, die gebaseerd zijn op 'expert judgement'. De kengetallen zijn uitgedrukt in procenten van de doelrealisatie.
Is de beschouwde grondwaterstand op een dag hoger dan de bijbehorende drempelwaarde dan wordt het relevante schadepercentage aan die dag toegekend . De totale dagelijkse schade wordt per periode gesommeerd. De uiteindelijke reductie in doelrealisatie is (100-x1)*(100-x2)..., waarbij x staat voor afzonderlijk percentage voor een deelactiviteit.

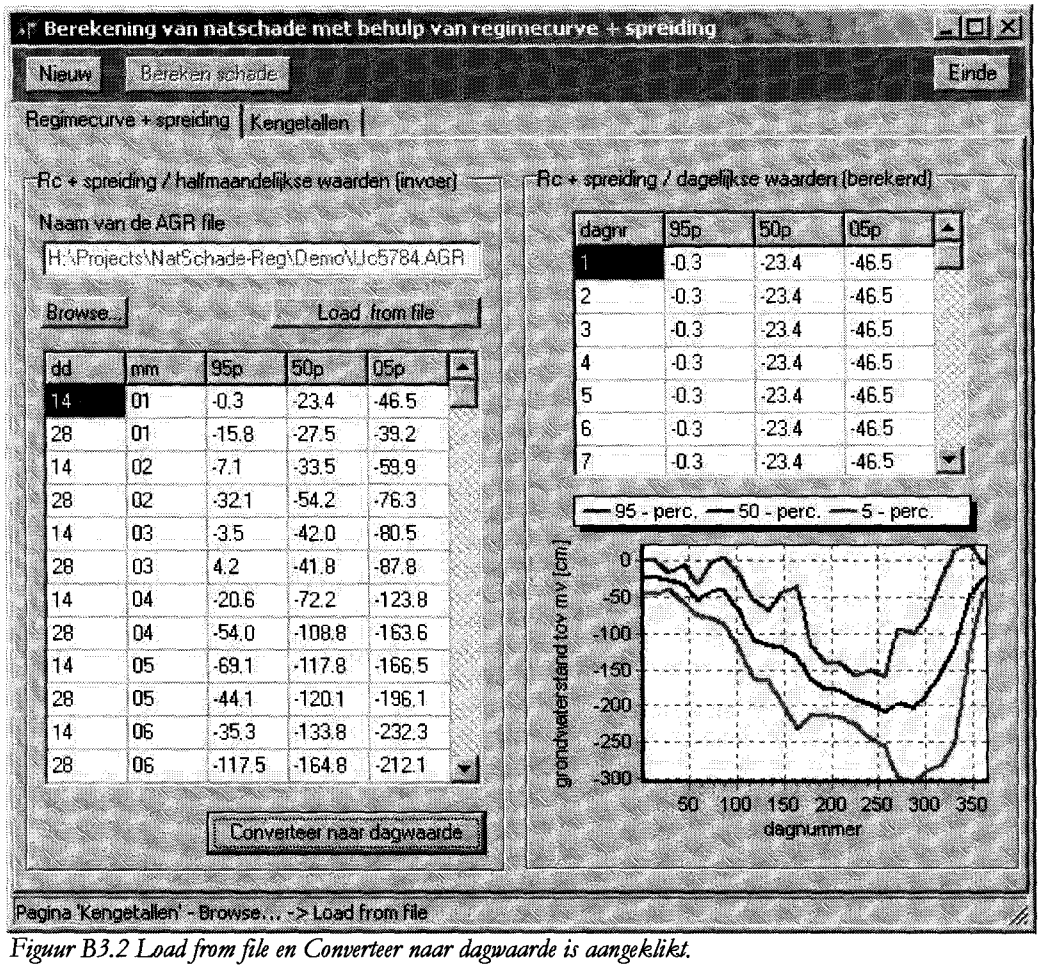
B 3.2 Interface

Het opstartscherm van de natschade-expert is weergegeven in figuur B3.1.



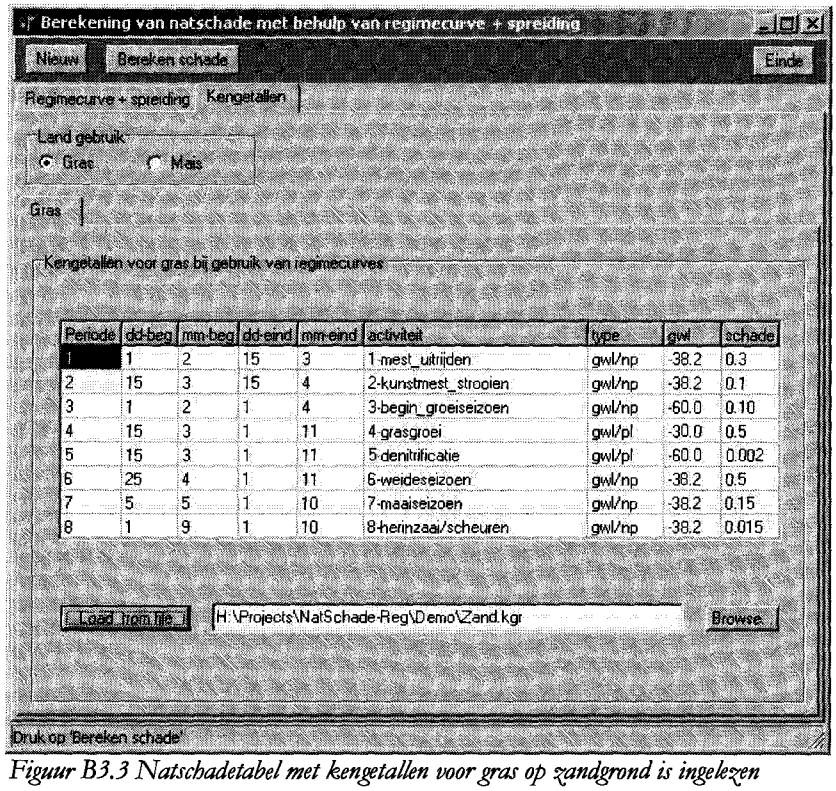
Figuur B3.1 De natschade-expert na opstarten van het programma

De expert gaat uit van een file met halfmaandelijkse waarden voor gemiddelde grondwaterstand (50 percentiel punt) en boven- en ondergrens (95 respectievelijk 5 percentiel punt) van de spreidingsband.
De invoerfile, met extensie '.AGR', moet worden gespecificeerd met behulp van de *Browse...* knop en na aanklikken van *Load from file* verschijnt de inhoud van de file in het datagrid. Na aanklikken van *Converteer naar dagwaarde* worden door middel van lineaire interpolatie drie series met dagelijkse waarden voor gemiddelde grondwaterstand en boven- en ondergrens van de spreidingsband berekend en tevens worden de drie series als drie grondwaterstandscurves grafisch weergegeven



Figuur B3.2 Load from file en Converteer naar dagwaarde is aangeklikt.

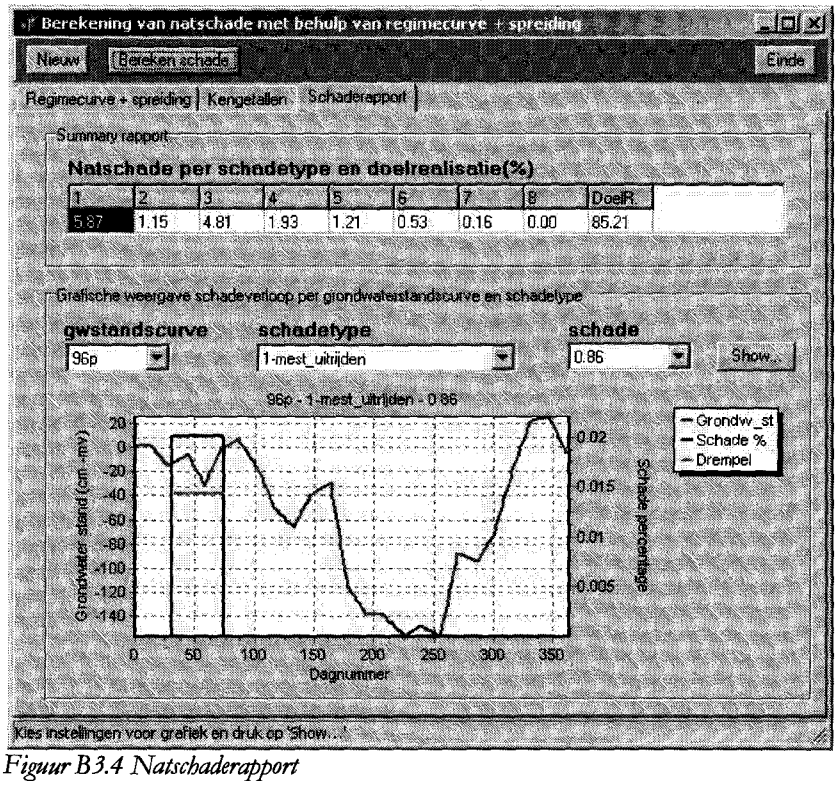
Op pagina kengetallen moet de tabel met kengetallen worden gespecificeerd of als bestand worden ingelezen (figuur B3.3).
De codering voor schadetype (kolom 7) moet als volgt worden geïnterpreteerd: n staat voor 'niet', p staat voor 'proportioneel' en l staat voor 'lineair'. Proportioneel betekent, dat de schade wordt bepaald door de mate van overschrijding van de drempelwaarde. Lineair betekent in dat geval bijvoorbeeld dat een twee maal zo grote overschrijding een twee maal zo grote schade tot gevolg heeft. De meeste schadetypen zijn niet proportioneel dus overschrijding van de drempelwaarde heeft een vaste schade tot gevolg.



Periode	dd-beg	mm-beg	dd-eind	mm-eind	activiteit	type	gwl	schade
1	1	2	15	3	1-mest_uitrijden	gwl/np	-38.2	0.3
2	15	3	15	4	2-kunstmest_strooien	gwl/np	-38.2	0.1
3	1	2	1	4	3-begin_groeiseizoen	gwl/np	-60.0	0.10
4	15	3	1	11	4-grasgroei	gwl/pl	-30.0	0.5
5	15	3	1	11	5-denitrificatie	gwl/pl	-60.0	0.002
6	25	4	1	11	6-weideseizoen	gwl/np	-38.2	0.5
7	5	5	1	10	7-maaiseizoen	gwl/np	-38.2	0.15
8	1	9	1	10	8-herinzaai/scheuren	gwl/np	-38.2	0.015

Figuur B3.3 Natschadetabel met kengetallen voor gras op zandgrond is ingelezen

Na aanklikken van de knop *Bereken schade* worden de schadeberekeningen uitgevoerd en het schaderapport wordt getoond (figuur B3.4).



Figuur B3.4 Natschaderapport

Methodiek van schadeberekening

De berekening van de natschade verloopt min of meer analoog aan de tijdstijghoogtelijn methode met dien verstande dat er nu grondwaterstandscurves worden **verondersteld** (= kunstmatig gecreëerd ofwel virtuele curves).

Er wordt een normale verdeling van grondwaterstanden rond het gemiddelde aangenomen. Dit betekent dat uit de invoerdata voor iedere dag de standaardafwijking (σ) kan worden afgeleid uit de ligging van het 95 percentiel punt ten opzichte van het 50 percentiel punt, deze liggen namelijk 1.65 * σ uit elkaar.
Er worden nu acht grondwaterstandscurves berekend op afstand van de regiemcurve van respectievelijk 1.75, 1.25, 0.75, 0.25, -0.25, -0.75, -1.25 en -1.75 maal σ. Voor elk van deze curves wordt de natschade per dag berekend met in achtneming van wegingsfactoren ter grootte van respectievelijk 0.0668, 0.0919, 0.1498, 0.1915, 0.1915, 0.1498, 0.0919 en 0.0668. De totale schade per dag wordt verkregen middels sommatie van de schade per curve.