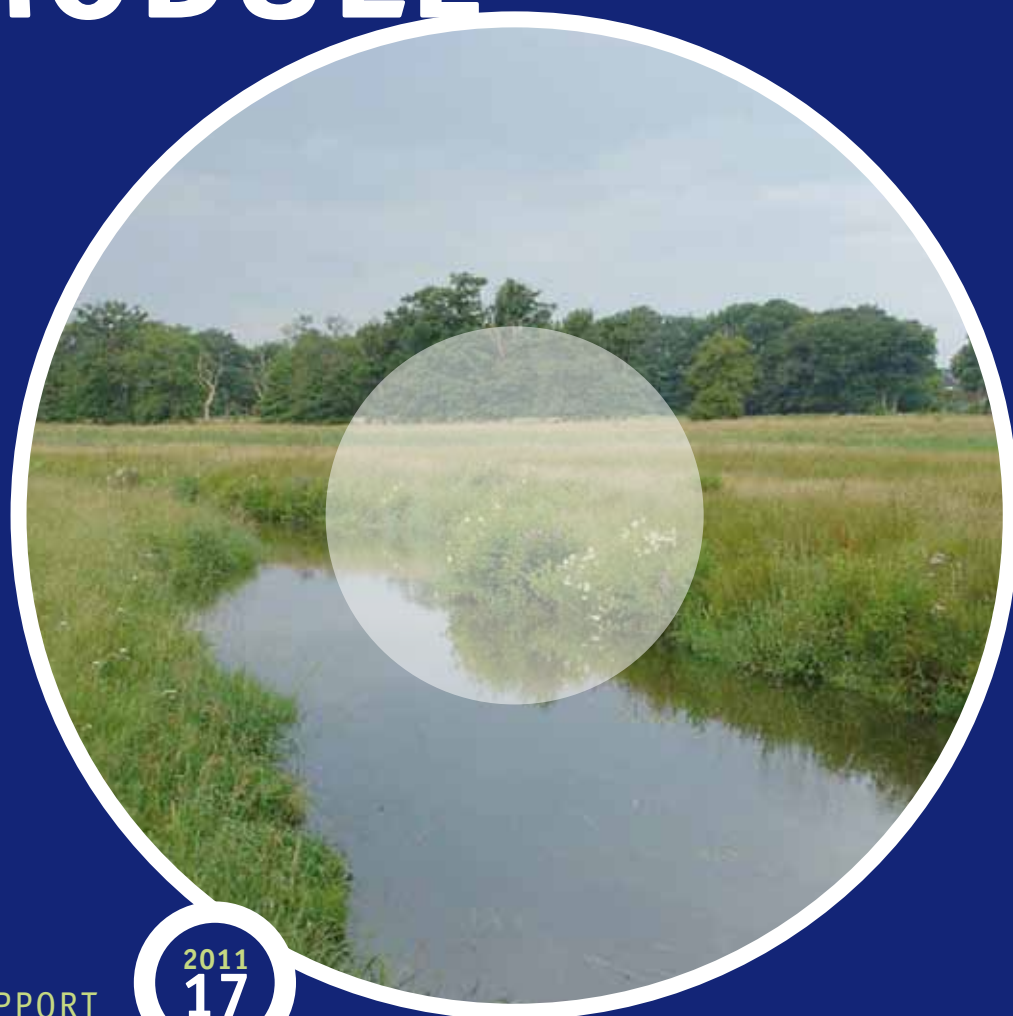


WATERNOOD KANSRIJKDOM- MODULE



RAPPORT

2011
17

WATERNOOD KANSRIJKDOMMODULE
PILOTSTUDIE IN NOORD-NEDERLAND EN TOEPASSING VOOR
VERVAARDIGING WATERKANSENKAARTEN VOOR NATUUR

RAPPORT

2011

17

ISBN 978.90.5773.505.9



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Amersfoort, 2011
STOWA, Amersfoort

AUTEURS

M de Haan (KWR)
H. Runhaar (KWR)
G. Cirkel (KWR)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

R. van Dongen (Waterschap Regge en Dinkel)
R. van Ek (Deltares)
H.van Norel (Waterschap Hunze en Aa's), voorzitter
K. Peerdeman (Waterschap Brabantse Delta)
M. Rijken (Provincie Gelderland)
N. Straathof (Natuurmonumenten)
U. Vegter (Waterschap Hunze en Aa's)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2011-17
ISBN 978.90.5773.505.9

TEN GELEIDE

Veel natuurwaarden in Nederland zijn gebonden aan grondwater. In het regionale waterbeheer wordt in toenemende mate rekening gehouden met de eisen die natuur stelt aan de waterhuishouding, bijvoorbeeld bij de bepaling van het optimale grond- en oppervlakte-regime (GGOR) en bij de opstelling van de Natura 2000-beheerplannen. Hierbij vormen hydrologische en ecologische modellen een belangrijk hulpmiddel.

Met het huidige Waterlood Instrumentarium is het mogelijk om na te gaan of de hydrologische condities geschikt zijn voor de ontwikkeling of instandhouding van de beoogde natuurdoelen. Als blijkt dat de hydrologische situatie niet geschikt is voor de natuurdoelen is het gewenst om te kijken naar andere natuurdoelen die wel gerealiseerd kunnen worden. De vraag rijst dan waar binnen een regio kansen liggen om andere waardevolle natuur uit te breiden.

Om bovenstaande te beantwoorden heeft KWR in samenwerking met STOWA en de noordelijke waterschappen de Kansrijkdom Module Natuur verkend. Met deze Kansrijkdom Module moet het mogelijk worden om te bepalen welke typen vegetaties ontwikkeld kunnen worden bij een bepaalde combinatie van bodem, hydrologie en beheer. De module is toegepast in een casestudie voor de Drentsche Aa. Hieruit blijkt dat de module goed bruikbaar is voor de voorspelling van de potentiële plantengroei in beekdalen en hoger gelegen droge gronden.

De resultaten van de studie worden voorgelegd aan de Commissie Waterlood en de Waterloodgebruikers om te komen tot een advies aan de STOWA om de Kansrijkdom Module in Waterlood in te bouwen.

Amersfoort, 2011

De directeur van de STOWA
Ir. J.M.J. Leenen

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

WATERNOOD KANSRIJKDOMMODULE

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding, doel van de studie	1
1.2	Studiegebied	2
1.3	Bepaling waterhuishouding	3
1.4	Opzet studie en leeswijzer	4
2	VOORSPELLING STANDPLAATSCONDITIONS EN KANSRIJKDOM VEGETATIE	5
2.1	Modelopzet	5
2.2	Invoergegevens	6
2.3	Bepaling vochttoestand	7
2.4	Bepaling zuurgraad	8
2.5	Bepaling voedselrijkdom	16
2.6	Bepaling kansrijkdom vegetaties	17

3	VALIDATIE MODELRESULTATEN AAN VEGETATIEGEGEVENS	22
3.1	Opzet validatie, gegevensbronnen	22
3.2	Resultaten op basis van oorspronkelijke MIPWA-model	23
3.3	Resultaten na aanpassing MIPWA-model	23
4	BEPALING GRONDWATERAANVOER NAAR WORTELZONE	27
4.1	Inleiding	27
4.2	Rekenmethode	27
4.2.1	Berekenen vochtprofiel en bergingsvermogen (stap 1)	27
4.2.2	Berekenen grondwateraanvulling en runoff (stap 2)	29
4.2.3	Berekening maximale dikte neerslaglens (stap 3)	30
4.2.4	Berekening moment van doorbraak en flux naar de wortelzone (stap 4)	31
4.3	Kwalitatieve toetsing op dataset Drentsche Aa	32
4.4	Conclusies en discussie	35
5	VERVAARDIGING WATERKANSENKAARTEN NOORD-NEDERLAND	36
6	CONCLUSIE, DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN	41
7	LITERATUUR	43
	BIJLAGE	
1	AFLEIDING ZUURGRAAD UIT DE ECOSERIE-KANSRIJKDOMTABELLEN	47

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING, DOEL VAN DE STUDIE

Met het huidige Waterlood-Instrumentarium kan worden nagegaan in hoeverre de hydrologische condities op een bepaalde locatie voldoen aan de eisen die worden gesteld vanuit de natuurdoelstelling op die locatie. In de praktijk blijkt echter veel behoefte te bestaan aan een uitbreiding van het instrumentarium, zodat niet alleen kan worden nagegaan of de condities geschikt zijn voor de bestaande doelen, maar ook welke andere doeltypen gerealiseerd kunnen worden wanneer de omstandigheden ongeschikt zijn voor het geplande type. Dat vraagt om een module waarmee gegeven hydrologische condities én andere randvoorwaarden (bodem, beheer) kan worden aangegeven welke natuurdoeltypen het meest kansrijk zijn.

In een voorstudie (Runhaar en Witte, 2006) is in opdracht van de STOWA nagegaan hoe een dergelijke kansrijkdommodule vorm gegeven kan worden, en hoe daarbij gebruik gemaakt kan worden van elementen uit bestaande voorspellingsmodellen.

In deze studie is een eerste versie van de kansrijkdommodule ontwikkeld en toegepast voor een tweetal studiegebieden in Noord-Nederland. Het doel van deze studie was tweeledig:

1. ontwikkelen en testen van een eerste versie van de kansrijkdommodule;
2. toepassen van de kansrijkdommodule bij het vervaardigen van waterkansenkaarten voor Noord-Nederland.

De inbouw van de kansrijkdommodule in het Waterlood-Instrumentarium maakt geen onderdeel uit van deze studie. Vooraf was geconstateerd dat het waarschijnlijk efficiënter is te wachten met het programmeren van deze module tot de structuur van het model voldoende is uitgekristalliseerd en het model voldoende is uitgetest. Vandaar dat bij de opzet van deze eerste versie van de kansrijkdommodule niet gestreefd is naar 'fool-proof' en gebruikersvriendelijke software, maar zo veel mogelijk gebruik is gemaakt van bestaande software.

De studie is behalve door de STOWA mede gefinancierd door de noordelijke waterschappen (Fryslân, Noorderzijlvest, Hunze en Aa's, Reest en Wieden, Velt en Vecht, Groot Salland, Regge en Dinkel), die behoefte hadden aan waterkansenkaarten voor de natuur in hun beheersgebied. Al eerder waren kansenkaarten ontwikkeld waarop is aangegeven welke delen van Noord-Nederland, gegeven de hydrologische voorwaarden, het meest geschikt zijn voor verschillende vormen van landbouw (Brouwer et al. 2003). Voor natuur ontbraken dergelijke kaarten tot nu toe. Aan KWR was gevraagd aan te geven hoe deze kansenkaarten vervaardigd kunnen worden (Witte 2004).

Een knelpunt bij ecohydrologische modellering is dat de uitvoer van hydrologische modellen niet altijd aansluit bij het schaalniveau dat nodig is voor ecologische modellering. Dat speelt onder meer een rol bij de bepaling van de hoeveelheid kwel. Daar geven hydrologische modellen vaak alleen informatie over de kwelfluxen over de scheidende laag tussen de deklaag en het onderliggende watervoerende pakket, terwijl het voor ecologische bepalingen nodig

is te weten welk deel van de die kwel flux daadwerkelijk de wortelzone bereikt. In de studie is daarom ook aandacht besteed aan de mogelijkheid om op basis van grondwaterstanden, en eventueel aanvullende gegevens, te schatten welk deel van het door een hydrologisch model berekende kwel fluxen daadwerkelijk in de wortelzone komt, en daarmee daadwerkelijk van invloed is op standplaatscondities van de vegetatie.

1.2 STUDIEGEBIED

Het studiegebied omvat de stroomgebieden van de Drentsche Aa en het Duurswold (Figuur 1-1). Deze gebieden kennen een zodanig grote variatie aan fysiotopten, dat ze als voldoende representatief kunnen worden beschouwd voor het gehele beheersgebied van de noordelijke waterschappen. Tevens is in het studiegebied een groot areaal aangewezen voor instandhouding en herstel van bestaande natuur, dan wel ontwikkeling van nieuwe natuur. Resultaten van berekeningen kunnen hierdoor goed worden vergeleken met de toegewezen natuurdoelen. Voor de validatie van het model is met name het stroomgebied van de Drentsche Aa relevant, wegens de aanwezigheid van goed ontwikkelde (semi-)natuurlijke vegetatie. Het Duurswold is voor de validatie van het model niet geschikt, door de nog niet representatieve begroeiing na de recent uitgevoerde inrichtingsmaatregelen voor omzetting van landbouwgrond naar natuur.

FIGUUR 1-1 STROOMGEBIED VAN DE DRENTSCHE AA EN HET DUURSWOLD



Het stroomgebied van de Drentsche Aa ligt grotendeels in Pleistocene afzettingen, waarbij de beekdalen in het Holoceen met veen zijn opgevuld. De toestroming van grondwater met verschillende samenstellingen naar het beekdal is de basis voor de variatie in aanwezige grondwaterafhankelijke vegetatie. De verspreiding van slecht doorlatende afzettingen, die plaatselijk tot aan maaiveld liggen, draagt verder bij aan de grote variatie van natte natuurwaarden in het gebied.

Van de Drentsche Aa is veel informatie beschikbaar over de plantengroei en het hydro-ecologisch functioneren (o.a. vegetatiekarteringen Staatsbosbeheer, vegetatie-opnamen uit de Alterra-database van de Vegetatie van Nederland, Schipper & Streefkerk 1993, Jansen et al. 2000), waardoor toetsing van tussen- en eindresultaten goed mogelijk is.

Het Duurswold wordt gekenmerkt door een overgang van zand- naar veen- en kleibodems. Het betreft een reliëfarm en grotendeels peilbeheerst gebied, waar terrestrische natuurwaarden grotendeels zijn gelegen in recent omgevormde landbouwgronden. De plantengroei is hierdoor nog geen goede afspiegeling van de situatie die in de toekomst zal zijn ontwikkeld.

1.3 BEPALING WATERHUISHOUDING

Voor de bepaling van de waterhuishouding (grondwaterstanden, kwelfluxen) is gebruik gemaakt van het zogenaamde MIPWA-instrumentarium, dat in opdracht van de noordelijke waterschappen is ontwikkeld door Deltares. Voor deze studie is gebruik gemaakt van MIPWA versie 1.0. Voor het beheersgebied van Waterschap Regge en Dinkel is gebruik gemaakt van een iets afwijkend eveneens door Deltares gebouwd hydrologisch model. Voor het beheersgebied van Waterschap Regge en Dinkel is tevens de kansrijkdom voor de vegetatie berekend aan de hand van een historische grondwaterkaart (Runhaar et al., 2003).

Uit de vergelijking van de voorspelde vegetatiepatronen met de in het proefgebied Drentsche Aa werkelijk voorkomende vegetatiepatronen bleek dat in MPIWA 1.0 een systematische afwijking optreedt waarbij grondwaterstanden in natuurgebieden over het algemeen te laag worden geschat. Voor een deel van het studiegebied is MIPWA vervolgens aangepast (Hoogewoud, 2009), en de hieruit voortvloeiende modeluitvoer is gebruikt om de kansrijkdommodule opnieuw te toetsen. Bij de bepaling van de waterkansenkaarten was nog geen volledig aangepast hydrologisch model voor heel Noord-Nederland beschikbaar, waardoor de kansenkaarten voor het grootste deel van het gebied zijn gebaseerd op de oorspronkelijke MIPWA 1.0 versie.

Omdat de met MPIWA berekende kwelfluxen (fluxen over scheidende laag) niet aansluiten bij de ecologisch relevante kwelfluxen (fluxen over onderrand wortelzone), is in de studie ook nagegaan hoe de ecologisch relevante kwelfluxen kunnen worden afgeleid uit de hydrologische uitvoer van MIPWA in combinatie met aanvullende gegevens over onder meer bodemeigenschappen.

1.4 OPZET STUDIE EN LEESWIJZER

In de studie zijn de volgende stappen doorlopen:

- bepalen modelopzet en programmeren kansrijkdommodule
- bepaling ecologische relevante kwelfluxen
- voorspelling van de standplaatscondities en kansrijkdom van vegetatietypen
- toetsing/kalibratie van de module aan de hand van vegetatiegegevens uit het proefgebied
- vervaardiging van waterkansenkaarten voor Noord-Nederland

In het rapport zal allereerst in de hoofdstukken 2 en 3 worden ingegaan op de voorspelling van standplaatscondities en vegetatietypen en de toetsing van de resultaten aan bestaande vegetatiepatronen. Daarna zal in hoofdstuk 4 worden ingegaan op de resultaten van de verkennende studie om een schatting te maken van de kwelflux naar de wortelzone op basis van de met hydrologische modellen berekende kwelflux over een scheidende laag.

Door STOWA is ook gevraagd om ten behoeve van de inbouw in het Waterlood-Instrumentarium duidelijk aan te geven wat de structuur van het model is en welke bestanden met welk format daarbij worden gebruikt. Dit is uitgewerkt in een afzonderlijk technisch rapport dat alleen bedoeld is voor modelbouwers, en dat hier niet verder aan de orde zal komen.

2

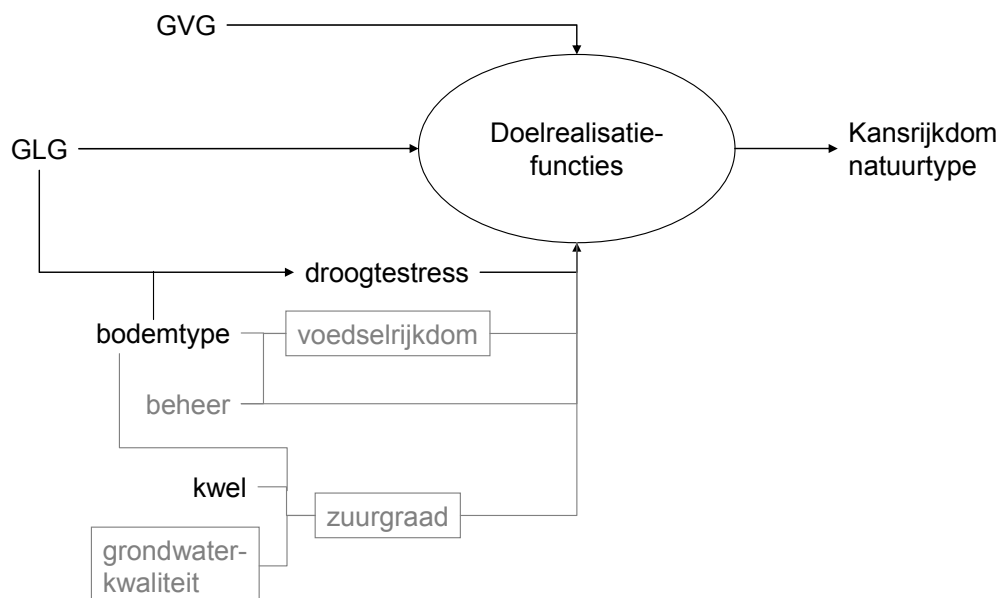
VOORSPELLING STANDPLAATSCONDITIES EN KANSRIJKDOM VEGETATIE

2.1 MODELOPZET

Bij de opzet van de kansrijkdommodule is zoveel als mogelijk uitgegaan van bestaande ecohydrologische modellen en kennissystemen. Voor de bepaling van de kansrijkdom van vegetatietypen en natuurdoeltypen is uitgegaan van de doelrealisatiefuncties uit de applicatie 'Hydrologische Randvoorwaarden Natuur', die deel uitmaakt van het Waterlood-Instrumentarium. Voor de voorspelling van de standplaatscondities is uitgegaan van de bepalingswijze in NATLES, op een aantal punten aangepast op basis van onderdelen uit DEMNAT en NICHE.

Voor het bouwen van de kansrijkdommodule is gebruikt gemaakt van de pakketten OSIRIS (bepaling standplaatscondities) en Model Builder uit ArcGis (voorbewerkingen en bepaling kansrijkdom vegetatie). OSIRIS (Verweij, 2005) is ontwikkeld door Alterra om geografische kennissystemen te bouwen op basis van geografische input (gridbestanden) en kennis (tabellen, functies, beslisregels). Dit pakket is gebruikt om de standplaatscondities (vochttoestand, zuurgraad en voedselrijkdom) te berekenen. De Model Builder is gebruikt voor de voorbewerking van gegevens en voor de bepaling van de kansrijkdom van de vegetatie.

FIGUUR 2-1 BEPALING KANSRIJKDOM NATUURDOELTYPEN. IN GRIJS FACTOREN WAARMEE IN HET BESTAANDE WATERNOOD-INSTRUMENTARIUM NOG GEEN REKENING WERD GEHOUDEN MAAR DIE WEL BEPALEND ZIJN VOOR DE KANSRIJKDOM VAN VEGETATIETYPEN/NATUURDOELTYPEN



In Figuur 2-1 is aangegeven met welke factoren rekening wordt gehouden bij de bepaling van de kansrijkdom voor de vegetatie. Het gaat daarbij deels om factoren waarmee in het bestaande Waterlood-Instrumentarium bij de bepaling van de doelrealisatie al rekening wordt gehouden, te weten gemiddelde grondwaterstanden (GVG, GLG) en droogtestress. Voor het overige deel betreffen het factoren die zijn toegevoegd voor een betere en meer specifieke bepaling van de doelrealisatie, zoals de voedselrijkdom en de zuurgraad van de standplaats, en het type beheer.

De bepaling van de standplaatsfactoren vindt plaats in volgorde van de onderlinge afhankelijkheid. Eerst worden de droogtestress en de zuurgraad berekend. Dan wordt de voedselrijkdom berekend, die afhankelijk is van de vochttoestand en de zuurgraad. Berekening vindt plaats op basis van geografische invoer (bodemtype, grondwaterstanden, kwelfluxen) en ingreep-effectrelaties die zijn vastgelegd in overgangsmatrices en functies. Op basis van de standplaatscondities wordt bepaald hoe geschikt de standplaatsen zijn voor de ontwikkeling dan wel instandhouding van vegetatietypen of natuurdoeltypen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van doelrealisatiefuncties die per vegetatietype of natuurdoeltype aangeven bij welke ranges aan standplaatscondities het type kan voorkomen.

De voorspellingen hebben een statisch karakter. Aangegeven wordt welke standplaatscondities en vegetatie verwacht kunnen worden onder natuurbeheer, nadat zich een nieuw evenwicht heeft ingesteld tussen bodem, waterhuishouding, beheer, standplaatscondities en vegetatie. Met tussentijdse ontwikkelingen, zoals het afsterven van de vegetatie door vernatting, of vershraling van voormalige landbouwgebieden, wordt geen rekening gehouden. Voorspeld wordt een situatie zoals die na enkele tientallen jaren bij zorgvuldig beheer kan worden verwacht.

2.2 INVOERGEGEVENS

Voor de voorspelling van de standplaatscondities en de kansrijkdom voor vegetatietypen worden de volgende invoergegevens gebruikt:

- gemiddelde voorjaargrondwaterstand (GVG),
- gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG),
- kwelflux,
- grondwatertype,
- bodemtype,
- beheer.

De grondwaterstanden en kwelfluxen zijn (met uitzondering van het beheersgebied van waterschap Regge en Dinkel, zie paragraaf 1.3) berekend met MIPWA versie 1.0.

Het grondwatertype (hard of zacht grondwater) en het type beheer (wel of geen vegetatiebeheer) zijn meestal niet vlakdekkend bekend. Daarom is de mogelijkheid ingebouwd om deze invoergegevens te schatten op basis van respectievelijk eenheden volgens de 1:50.000 bodemkaart en de landgebruikkaart Nederland (LGN-kaart). Hierop zal worden teruggekomen bij de bepaling van de zuurgraad, respectievelijk de bepaling van de kansrijkdom van vegetatietypen.

De bodem vormt een belangrijke factor in de bepaling van de standplaatscondities, omdat de bodem bepalend is voor zowel de vochtleverantie, de zuurgraad als de voedselrijkdom (Figuur 2-1). Voor het bodemtype wordt uitgegaan van de eenheden op de 1:50.000 bodemkaart. Het aantal eenheden op de 1:50.000 bodemkaart is zeer groot, ruim 1200 eenheden als geen rekening wordt gehouden met aanduiding voor vergraving/ophoging. Lang niet alle verschillen zijn echter relevant voor de voorspelling van de standplaatscondities. Daarom wordt bij de voorspelling van de standplaatscondities gewerkt met een vereenvoudigde indeling in 'functionele bodemtypen': groepen van bodems die vergelijkbaar zijn qua relevante kenmerken.

De relevante kenmerken verschillen per standplaatsfactor. Bij vochtleverantie zijn bijvoorbeeld textuur en organisch stofgehalte belangrijk, bij zuurgraad kalkgehalte en minerale samenstelling. Daarom is per standplaatsfactor een andere indeling in functionele bodemgroepen gemaakt. Het aantal functionele bodemeenheden varieert van 5 bij de bepaling van de zuurgraad onder invloed van kwel, tot 41 bij de bepaling van de zuurgraad bij infiltratie.

Voor alle eenheden op de 1:50.000 bodemkaart is in de tabel 'Funcbod' per berekening vastgelegd tot welke functionele bodemeenheden ze behoren. Bij toepassing in Noord-Nederland bleek dat niet alle in Nederland voorkomende bodemeenheden waren toegedeeld. Daarom is deze basistabel uitgebreid op basis van een door F. de Vries (Alterra) aangeleverde spreadsheet. In principe omvat de tabel nu alle op de 1:50.000 kaart voorkomende bodemeenheden. De nieuwe tabel is samen met alle andere voor de berekening nodige informatie en bijbehorende legenda's opgenomen in een ACCESS-database.

Bij de bepaling van de kansrijkdom wordt in beperkte mate ook rekening gehouden met het vegetatiebeheer. Op basis van de vegetatiestructuur volgens de LGN-kaart is onderscheid gemaakt tussen enerzijds afvoerbeheer (beweiden of maaaien) en anderzijds niets doen. Bij de vervaardiging van de kansrijkdomkaarten is uitgegaan van een hypothetische situatie waarin overal natuurbeheer wordt gepleegd.

2.3 BEPALING VOCHTTOESTAND

In Waterlood wordt de vochttoestand gekarakteriseerd aan de hand van een drietal hydrologische variabelen die de zuurstof- en vochtvoorziening van de standplaats karakteriseren:

- de Gemiddelde Voorjaars-Grondwaterstand (GVG) die bepalend is voor de grondwaterstand en indirect ook voor zuurstofvoorziening aan het begin van het groeiseizoen
- de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) die gebruikt wordt om binnen natte standplaatsen (standplaatsen met GVG rond maaiveld) onderscheid te maken tussen permanent en periodiek natte systemen
- de vochtleverantie van de standplaats, die wordt uitgedrukt in het aantal dagen met potentiële droogtestress (dagen met vochtdruk in bovengrond nabij verwelkingspunt)

De gemiddelde grondwaterstanden (GVG, GLG) worden berekend in een grondwatermodel of worden afgeleid uit grondwaterkarteringen. In het geval dat alleen gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden bekend zijn kunnen de voorjaarsgrondwaterstanden worden bepaald door interpolatie tussen de GHG en GLG. In Noord-Nederland is daarvoor gebruik gemaakt van de formule van Runhaar (1987) die gebaseerd is op meetreeksen in natuurgebieden:

$$GVG = 0,5 + 0,85 \cdot GHG + 0,2 \cdot GLG \text{ (cm -mv)}$$

Een andere veel gebruikte formule is die van Van der Sluijs (1987), die echter niet goed bruikbaar is in natte natuurgebieden omdat de regressielijn niet door het nulpunt loopt. Als gevolg daarvan kunnen onder zeer natte omstandigheden de berekende voorjaarsgrondwaterstanden dieper liggen dan de laagste grondwaterstanden.

De droogtestress wordt meestal niet standaard gekarteerd of gemodelleerd, en wordt daarom binnen Waternood berekend op grond van het bodemtype en de GLG. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de door Jansen en Runhaar (2001) uit SWAP-berekeningen afgeleide reprofuncties, die standaard ook al gebruikt worden in het Waternood-Instrumentarium voor de bepaling van de doelrealisatie.

2.4 BEPALING ZUURGRAAD

De zuurgraad is zeer bepalend voor de samenstelling van de vegetatie, maar is tevens lastig te bepalen omdat hij van veel factoren afhankelijk is. In infiltratiegebieden is de zuurgraad vooral afhankelijk van het kalkgehalte en de minerale samenstelling van de bodem, in kwelgebieden is de zuurgraad vooral afhankelijk van grondwateraanvoer en samenstelling van het grondwater. Met deze verschillen is rekening gehouden door aparte voorspellingen uit te voeren voor zuurgraad onder infiltratieomstandigheden en in kwelsituaties. Bij de bepaling van de zuurgraad onder infiltratieomstandigheden wordt uitgegaan van bodemtype en beheer als bepalende factoren. Bij de bepaling van de zuurgraad onder kwelomstandigheden wordt uitgegaan van bodemtype, grondwaterstand, kwelflux en grondwatersamenstelling als bepalende factoren.

De zuurgraad wordt voorspeld in discrete klassen. Onderscheiden worden vier zuurgraadklassen (zuur, matig zuur, zwak zuur tot neutraal en basisch) en drie verzamelklassen (zuur tot matig zuur, matig zuur tot neutraal, zwak zuur tot basisch) (Tabel 2-1).

TABEL 2-1

CODES DIE WORDEN GEBRUIKT OM DE ZUURGRAADKLASSEN AAN TE GEVEN

Aanduiding	pH-H ₂ O	Codes (verzamel)klassen	
zuur	< 4,5	1	2
matig zuur	4,5-5,5	3	4
zwak zuur tot neutraal	5,5-6,5	5	6
basisch	> 6,5	7	

Bij de bepaling van de zuurgraad in kwelsituaties doet zich een aantal complicerende factoren voor:

- Hydrologische modellen berekenen meestal alleen de kwel over de scheidende laag, en onbekend is welk deel van de kwelflux niet in de wortelzone komt door afvoer van kwelwater via watergangen en vorming van neerslaglenzen;
- Bij een hydrologisch berekende kwelflux over de scheidende laag wordt geen rekening gehouden met mogelijke toestroom van basenhoudend grondwater door lokale kwel en/of door zijdelings indringend oppervlaktewater;
- De grondwatersamenstelling is meestal niet bekend.

ad (a): De berekende kwelflux over de scheidende laag zal met name in kwelgebieden afwijken ten opzichte van de kwelflux die daadwerkelijk de standplaats bereikt. Afvoer van kwel via drainagemiddelen kan er toe leiden dat de kwel niet of slechts beperkt in de wortelzone terecht komt. Bij de bepaling van de kansrijkdom voor het gehele studiegebied van Noord-

Nederland is hier geen rekening mee gehouden. Wel is een verkennende studie uitgevoerd (zie Hoofdstuk 4), en toegepast in het gebied van de Drentsche Aa, om na te gaan of het mogelijk is via nabewerking van de resultaten van hydrologische modellen het aandeel van de kwelflux dat de wortelzone bereikt te schatten.

Een alternatief is om het hydrologisch model uit te breiden met een onderdeel waarin kwelfluxen naar de wortelzone worden berekend, zoals standaard gebeurt bij de toepassing van de combinatie SIMGRO+NATLES (Van Walsum et al. 2001, Runhaar et al. 2003). Dit alternatief heeft als voordeel dat gebruik wordt gemaakt van de informatie die al is gebruikt bij de bouw van het hydrologisch model. Dit vergt niettemin een aanpassing van het MIPWA-model.

ad (b): Met het mogelijk optreden van lokale kwel is rekening gehouden door aan te nemen dat in bodems die zijn gevormd onder invloed van grondwater, en waar de grondwaterstanden slechts ondiep wegzakken, nog steeds sprake is van buffering door de aanvoer van lokaal grondwater, of in veengebieden eventueel ook buffering door zijdelings indringend oppervlaktewater.

ad (c): Met het laatste probleem is rekening gehouden door als voorbewerking de grondwatersamenstelling af te leiden uit het bodemtype, als ruwe eerste schatting van de grondwaterkwaliteit.

Rekening houdend met de hierboven genoemde complicaties heeft de bepaling van de zuurgraad in een aantal stappen plaatsgevonden:

- 1) bepalen zuurgraad bij infiltratie als functie van bodemtype en landgebruik
- 2) afleiding grondwaterkwaliteit uit bodemtype
- 3) bepalen zuurgraad in kwelsituaties als functie van bodemtype, kwelflux, grondwaterstand en grondwaterkwaliteit
- 4) aanvullende bepaling zuurgraad als functie van mogelijke lokale kwel of zijdelings indringen oppervlaktewater
- 5) bepalen resulterende zuurgraad

In deze paragraaf zullen deze stappen per onderdeel worden toegelicht.

Stap 1 Bepaling zuurgraad in infiltratiesituaties

Voor alle situaties wordt bepaald wat de zuurgraad bij afwezigheid van kwel is op basis van het bodemtype en het landgebruik (landbouw of natuur). Daarbij is uitgegaan van de indeling in functionele bodemeenheden en bijbehorende zuurgraadtabel uit NATLES versie 2. Omdat NATLES tot nu toe alleen is toegepast op de hogere zandgronden en beekdalen, is in deze tabellen binnen de veen- en kleigronden nauwelijks of geen differentiatie aangebracht. De Waternood-kansrijkdommodule moet echter ook bruikbaar zijn voor toepassing in Noord-Nederland, waar tal van klei- en veengronden voorkomen. Om deze reden is de indeling voor klei- en veengronden uitgebreid.

De indeling van klei- en veengronden in functionele bodemeenheden voor zuurgraad-infiltratie en de bijbehorende zuurgraadklasse is afgeleid uit de ecoserie-kansrijkdomtabellen van DEMNAT. Er is gebruik gemaakt van de meest recente versie van de tabellen (Ecoseries 3.0), die is ontwikkeld in het project Hotspots Floristische Biodiversiteit (Runhaar et al. 2005). Bij de eutrofe veengronden is uitgegaan van een lagere zuurgraad dan die uit de ecoserie-kansrijkdomtabellen. Hier wordt in de ecoserietabellen namelijk impliciet uitgegaan van buffering met zijdelings indringend oppervlaktewater, terwijl daarmee in de kansrijkdommodule expliciet rekening wordt gehouden (zie stap 4, bepaling zuurgraad kwel-lokaal). Voor een verdere toelichting op de afleiding van de zuurgraad voor veen en klei uit de ecoserie-kansrijkdomtabellen wordt verwezen naar bijlage 1.

In Tabel 2 van bijlage 1 staat de resulterende indeling in functionele bodemeenheden en bijbehorende zuurindeling die in de kansrijkdommodule wordt gebruikt voor de bepaling van de zuurgraad in infiltratie-omstandigheden.

Stap 2 Schatting grondwaterkwaliteit

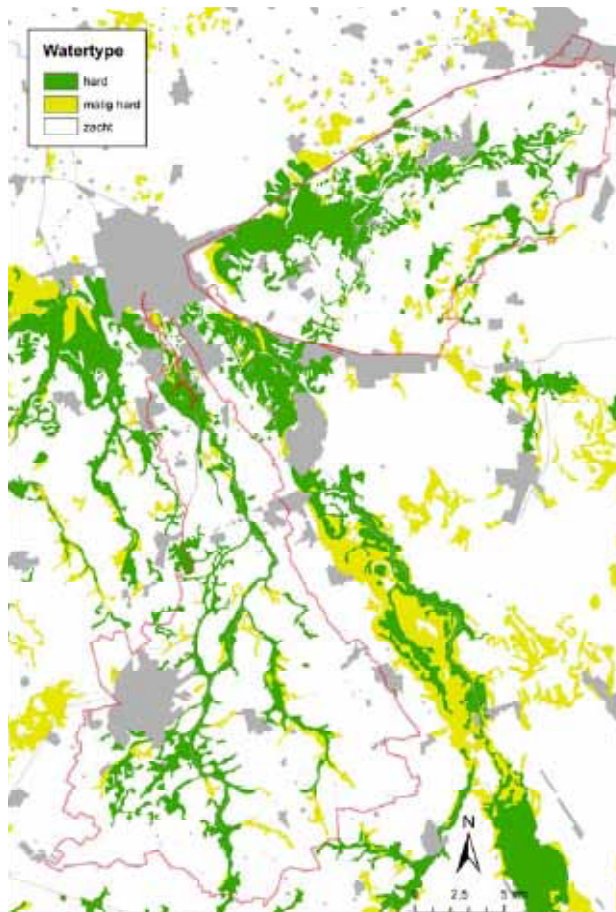
De watersamenstelling, en dan met name de hoeveelheid bicarbonaat in het water, is een bepalende factor voor de bufferende werking van grondwater. Bij de voorspelling van de zuurgraad in kwelsituaties wordt daarom rekening gehouden met de grondwatersamenstelling. Daarbij worden drie grondwatertypen onderscheiden. Idealiter wordt de grondwaterkwaliteit vlakdekkend berekend. Omdat in deze studie voor beide proefgebieden geen vlakdekkende gegevens beschikbaar zijn over de grondwaterkwaliteit, is een schatting van het grondwatertype gemaakt op basis van het bodemtype. Daarbij is gebruik van de indeling van de bodemtypen op de 1:50.000 bodemkaart naar kwelkansen door Jansen et al. (1999). De 'kwelkans' geeft aan hoe waarschijnlijk het is dat het betreffende bodemtype is gevormd onder kwelomstandigheden. Deze kwelkansen zijn vertaald naar grondwatertypen (Tabel 2-2), uitgaande van de veronderstelling dat bij bodemtypen die zeer indicatief zijn voor kwel (bijvoorbeeld beekkeerdgronden) de kans groot is dat het gaat om regionale kwel met kalkrijke grondwater, en bij bodemtypen die kenmerkend zijn voor overgangssituaties tussen kwel en infiltratie (bijvoorbeeld gooreerdgronden) de kans groot is dat het gaat om lokaal, zwak gebufferd grondwater. Voor de schatting van de grondwaterkwaliteit is gebruik gemaakt van de meest recente indeling van bodemtypen naar kwelkansen (Runhaar et al. 2003).

In situaties met enerzijds aanvoer van kalkrijk grondwater uit lokale systemen of anderzijds regionale watersystemen die sterk zijn uitgeloozd, gaat bovengenoemde indeling niet op. Een vlakdekkende kaart van de waterkwaliteit in kwelgebieden verdient daarom de voorkeur. Indien nodig kan de kwelkaart op basis van metingen handmatig worden gecorrigeerd. In Figuur 2-2 is het resultaat van de geschatte grondwaterkwaliteit voor het studiegebied weergegeven.

TABEL 2-2 GRONDWATERTYPEN DIE WORDEN ONDERSCHIEDEN BIJ DE VOORSPELLING VAN DE ZUURGRAAD IN KWELSITUATIES)

Watertype	K mg.l ⁻¹	Na mg.l ⁻¹	Ca mg.l ⁻¹	Mg mg.l ⁻¹	Cl mg.l ⁻¹	SO ₄ mg.l ⁻¹	HCO ₃ mg.l ⁻¹
Hard	1,2	14	40	5	14	13	146
Matig hard	0,6	6	15	2	7	8	55
Zacht	0,2	4	7.5	1	5	7	27

FIGUUR 2 2 SCHATTING VAN HET GRONDWATERTYPE OP BASIS VAN DE BODEMKAART. ZIE TABEL 2-3 VOOR DE BESCHRIJVING VAN DE GRONDWATERTYPEN



TABEL 2-3 VERTALING VAN KWELKANSEN (JANSEN ET AL. 1999) NAAR MEEST WAARSCHIJNLIJK GRONDWATERSAMENSTELLING

Kwelcode	Kans op lokale kwel	Kans op regionale kwel	Watertype
1	gering	geen	zacht
2	matig	klein	zacht
3	vrij groot	vrij groot	matig hard
4	-	groot	hard
5	-	zeer groot	hard

Stap 3 Bepaling zuurgraad in kwelsituaties

Voor de bepaling van de zuurgraad in kwelsituaties wordt gebruik gemaakt van de overgangsmatrices uit NATLES 2 (Runhaar et al. 2003), die zijn afgeleid uit voorbeeldberekeningen met het dynamische standplaatsmodel SMART (Kros et al. 1995). Daarin wordt de zuurgraad voorspeld als functie van het bodemtype (arme zandgronden, rijke zandgronden, klei, veen en leem), de grondwatersamenstelling (hard, matig hard en zacht grondwater), de kwelflux en de voorjaargrondwaterstand. In de berekeningen die aan de tabellen ten grondslag liggen is uitgegaan van de bruto kwelflux naar de wortelzone, dat wil zeggen de totale hoeveelheid grondwater die naar de wortelzone gaat. In SMART wordt de invloed van infiltratie van regenwater verdisconteerd door standaard uit te gaan van de veronderstelling dat zowel in kwel- als in infiltratiesituaties een gemiddelde infiltratie van 0,7 mm per dag optreedt. Dat is de reden waarom in de tabellen pas buffering begint op te treden bij een (bruto) aanvoer van grondwater van 0,7 mm per dag of meer. In werkelijkheid zal de gemiddelde infiltratie sterk afhangen van de vochtthuishouding van de bodem. Modelleren van deze invloed vergt een aanpassing van de hydrologische schematisatie van de toplaag in SMART.

Met MIPWA worden geen bruto kwelfluxen gegenereerd maar netto kwelfluxen, dat wil zeggen de kwelflux die resteert nadat de neerwaarts transport (infiltratie) is afgetrokken van het opwaartse transport (kwel). Een nettokwelflux van 0 mm/dag betekent dat kwel en infiltratie met elkaar in evenwicht verkeren, en dus netto geen aanvoer of afvoer van grondwater naar de wortelzone plaats vindt. Om de MIPWA waarden te kunnen gebruiken in de overgangsmatrices uit NATLES 2, zijn de netto kwelfluxen omgezet naar bruto kwelfluxen door ook hier standaard uit te gaan van infiltratie van 0,7 mm neerslag per dag.

TABEL 2-4

VOORBEELD VAN EEN OVERGANGSMATRIX VOOR DE BEPALING VAN DE ZUURGRAAD ONDER KWELOMSTANDIGHEDEN UIT NATLES 2. ZUURGRAAD ALS FUNCTIE VAN DE BRUTO KWELFLUX NAAR DE WORTELZONE (MM/D) EN DE VOORJAARSGRONDWATERSTAND (CM –MV) OP ARME ZANDGROND IN SITUATIES MET MATIG HARD GRONDWATER

Kwel-flux	GVG						
	0-10	10-20	20-30	30-50	50-70	70-90	>90
0,0	1	1	1	1	1	1	1
0,1	1	1	1	1	1	1	1
0,2	1	1	1	1	1	1	1
0,3	1	1	1	1	1	1	1
0,4	1	1	1	1	1	1	1
0,5	1	1	1	1	1	1	1
0,6	1	1	1	1	1	1	1
0,7	1	1	1	1	1	1	1
0,8	1	1	1	1	1	1	1
0,9	1	1	1	1	1	1	1
1,0	3	1	1	1	1	1	1
1,1	3	3	3	1	1	1	1
1,2	3	3	3	3	1	1	1
1,3	3	3	3	3	1	1	1
1,4	3	3	3	3	1	1	1
1,5	7	7	3	3	1	1	1
1,6	7	7	7	7	1	1	1
1,7	7	7	7	7	1	1	1
1,8	7	7	7	7	1	1	1
1,9	7	7	7	7	1	1	1
2,0	7	7	7	7	1	1	1

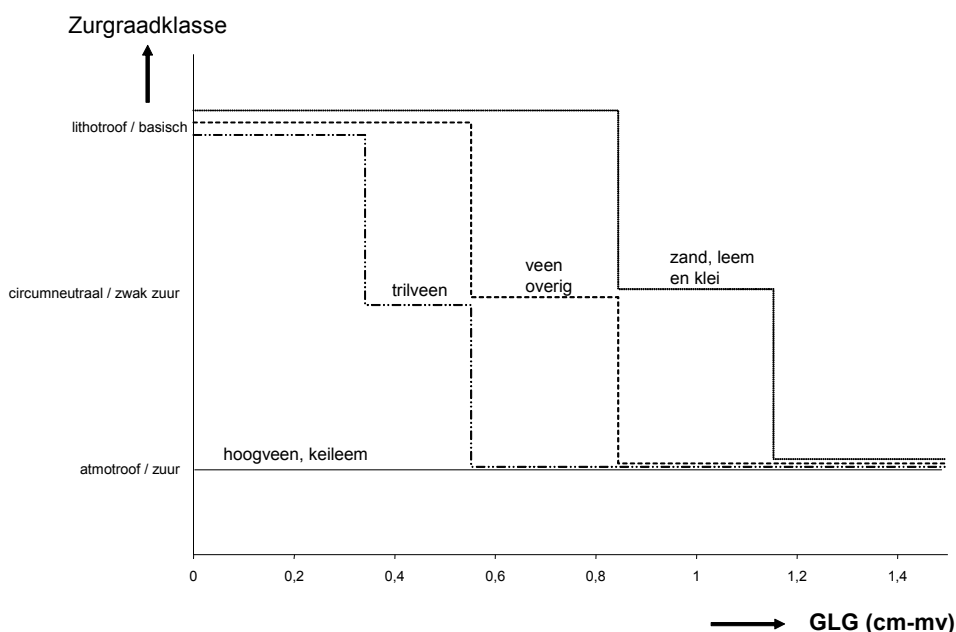
Aan het begin van de studie is nog overwogen gebruik te maken van de door Van Delft et al. 2004 met SMART berekende reprofuncties, waarmee het mogelijk is de zuurgraad in vorm van continue pH-waarden (in plaats van zuurgraadklassen) te voorspellen. De begeleidingscommissie van het project was echter onvoldoende overtuigd van de meerwaarde van het gebruik van deze functies. Daarbij heeft een rol gespeeld dat ze nog niet in de praktijk zijn toegepast en getest, en dus bij niet bij voorbaat zeker is dat ze zullen leiden tot betere voorspellingen.

Stap 4 Bepaling zuurgraad kwel-lokaal

Buffering van grondwaterafhankelijke standplaatsen is niet per sé noodzakelijk afhankelijk van de aanvoer van grondwater over een scheidende laag. In situaties waarin ondiep kalkhoudende kagen voorkomen volstaan lokale kwelstromen om gebufferde systemen in stand te houden. In hydrologische modellen worden dergelijke lokale kwelstromen meestal niet onderscheiden. Daarmee wordt het voorkomen van gebufferde standplaatsen systematisch onderschat.

Daarom is in deze studie een methode ontwikkeld om te bepalen op welke plekken zuurbuffering optreedt door lokale kwel.

FIGUUR 2-3 ZUURGRAADINDELING IN NICHE OP BASIS VAN BODEMYPE EN GLG.



Daarvoor is gebruik gemaakt van het bodemtype in combinatie met de GLG. Uit studies door onder meer Kemmers (1990) en Van Delft et al. (2007) is bekend dat er lokaal vaak een duidelijk verband bestaat tussen de laagste grondwaterstanden en het optreden van kwel, waarbij standplaatsen met buffering door kwel vooral voorkomen op plekken met ondiep wegzakkende grondwaterstanden. In het model NICHE wordt daarom de GLG gebruikt als een belangrijke invoervariabele om de zuurgraad van de bodem te voorspellen (Figuur 2-3). Deze benadering is in de Waterlood-kansrijkdommodule overgenomen, met de inperking dat deze benadering alleen wordt toegepast bij bodemtypen die gevormd zijn onder invloed van grond- of oppervlaktewater. Voor de schatting van kritische GLG's is uitgegaan van een vergelijkende studie door Runhaar (2010). Daaruit blijkt dat in dekzandgebieden GLG's ondieper dan één meter vaak indicatief zijn voor kwel. In trilvenen en veenmosrietlanden

is de mate van doordringing van oppervlaktewater eveneens sterk gekoppeld aan de laagste grondwaterstand. In goed ontwikkelde trilvenen, die voorkomen op een dunne kragge die op het water drijft, zakt de grondwaterstand in de zomer hooguit een halve meter weg.

Toepassing van de GLG als maat voor het optreden van lokale kwel is beperkt tot bodemtypen die zijn gevormd onder invloed van grond- en/of oppervlaktewater. Daartoe heeft allereerst een indeling plaatsgevonden van de bodemtypen op de 1:50.000 bodemkaart in functionele bodemtypen indicatief voor het optreden van kwel en/of de zijdelingse indringing van oppervlaktewater. Kenmerken die zijn gebruikt om iets te zeggen over de afhankelijkheid van regenwater dan wel van grond- en oppervlaktewater zijn:

- aard organisch materiaal (onderscheid tussen oligotroof veen en meso-eutroof veen)
- aard organische profiel (onderscheid tussen podzolen en eerdgronden)
- aanwezigheid en verdeling ijzer:
 - onderscheid tussen bodems met roestvlekken in ondergrond (beekeerdgronden) versus gronden met weinig of geen roest als gevolg van ijzeruitspoeling (gooreerdgronden en veldpodzolen);
 - onderscheid tussen bodems met en zonder ijzeraanrijking (de laatste te herkennen aan het voorvoegsel 'f' in de bodemcode)

Alleen in bodemtypen die zijn ontstaan onder invloed van grond- en of oppervlaktewater wordt de GLG gebruikt als maat voor het optreden van lokale kwel. Daarmee wordt de kans op verkeerde schattingen verminderd. Ook in regenwatergevoede systemen, zoals in goed ontwikkelde hoogvenen, kunnen immers ondiepe GLG's worden aangetroffen.

TABEL 2-5 ZUURGRAADKLASSE ALS FUNCTIE VAN BODEMTYPE EN GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND (GLG). DE GLG WORDT GEBRUIKT ALS SCHATTER VOOR HET OPTREDEN VAN LOKALE KWEL OF ZIJDELINGSE INDRINGING VAN OPPERVLAKEWATER. DE TABEL WORDT ALLEEN GEBRUIKT VOOR DE BEPALING VAN DE ZUURGRAAD IN BODEMTYPEN DIE ZIJN GEVORMD ONDER INVLOED VAN GROND- EN/OF OPPERVLAKEWATER. VOOR BETEKENIS CODES ZUURKLASSE ZIE TABEL 2.1

Functioneel bodemtype kwel-lokaal	GLG										
	<20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-120	>120
11 Meso-eutroof veen	5	5	4	3	2	2	2	2	2	2	2
12 Meso-eutroof veen met ijzeraanrijking	5	5	5	5	4	4	3	2	1	1	1
21 Beekeerdgrond	5	5	5	5	5	4	4	4	3	2	1
22 Beekeerdgrond met ijzeraanrijking	5	5	5	5	5	5	4	4	3	2	1
23 Lage enkeerdgrond	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
24 Gooreerdgrond	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
25 Gooreerdgrond met ijzeraanrijking	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
31 Moerige zandgrond	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
32 Moerige zandgrond met ijzeraanrijking	5	5	5	5	5	5	4	4	3	2	1
33 Vlakvaaggrond	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
34 Vlakvaaggrond met ijzeraanrijking	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	1
35 Overige zandgronden met ijzeraanrijking	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
40 Kleigrond met ijzeraanrijking	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	1
41 Moerige zeeklei	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	1
99 Overig	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

In Tabel 2-5 wordt aangegeven welke bodemeenheden worden onderscheiden en bij welke GLG-klasse welke zuurgraadklasse wordt voorspeld. Daarbij wordt in meso-eutroof veen strengere eisen gesteld aan de laagste grondwaterstanden (buffering vanaf 50 cm) dan in minerale gronden (buffering vanaf ca 1 m), om rekening te houden met het feit dat in trilvenen verzuring al kan optreden bij laagste grondwaterstanden van meer dan enkele decimeters.

Idealiter wordt bij het onderscheid naar lokale zuurbuffering uitgegaan van het hydrologische systeemtype (vlakke peilbeheerste gebieden met veel sloten versus vrij afwaterende gebieden met reliëf), om vast te stellen of zijdelings indringend oppervlaktewater dan wel lokale kwel de bepalende factor is voor de aanvoer van baserijk water, en worden de kritische GLG-waarden hierop afgestemd. Dit zou echter vragen om een fundamentele wijziging van de modelopzet (ingreep-effectfuncties die regionaal verschillen), waarvan de meerwaarde op dit moment nog onvoldoende duidelijk is.

Stap 5 Bepaling resulterende zuurgraad

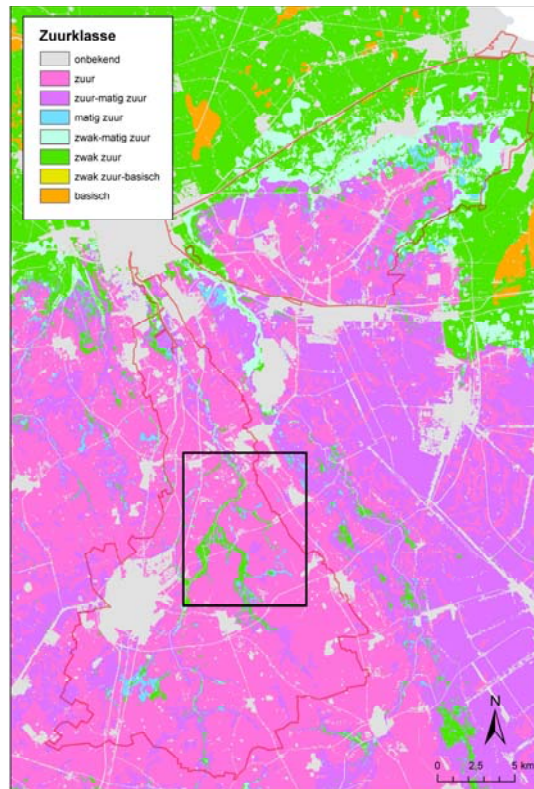
Het dominante zuurbufferingsproces is bepalend voor de zuurgraad. De uiteindelijke zuurgraadklasse van de standplaats wordt daarom bepaald als de maximale zuurgraadklasse op basis van de verschillende hierboven behandelde deelfuncties. Dat betekent in de praktijk dat:

- in kalkrijke bodems de zuurgraad vooral wordt bepaald door het kalkgehalte van de bodem (functie zuurgraad_infiltratie),
- in kwelgebieden de zuurgraad vooral wordt bepaald door het grondwatertype en de kwelflux (functie zuurgraad_kwel),
- in overige gebieden een lage zuurgraad wordt voorspeld, met uitzondering van bodemtypen die zijn gevormd onder invloed van baserijk water en waarin de GLG indicatief is voor het optreden van kwel dan wel zijdelings indringend oppervlaktewater (functie zuurgraad_kwel lokaal).

In figuur 2-4 is de berekende zuurgraad voor het studiegebied weergegeven. Vanwege het gebruik van verbeterde hydrologische invoergegevens in een deel van het studiegebied (zie paragraaf 1.3), wijken uitkomsten van de kansrijkdommodule in dit deelgebied af van de overige uitkomsten gebaseerd op het oorspronkelijke MIPWA-model. De begrenzing van het deel-modelgebied met verbeterde hydrologische invoergegevens is in de kaart aangegeven.

FIGUUR 2-4

ZUURGRAAD VAN DE BODEM, BEREKEND MET DE KANSRIJKDOMMODULE WATERNOOD



2.5 BEPALING VOEDSELRIJKDOM

De voedselrijkdom van een standplaats geeft aan in welke mate de plantengroei potentieel beperkt wordt door het aanbod aan macronutriënten (N, P en K). Er zijn maar weinig kwantitatieve gegevens over de relatie tussen voedselrijkdom en vegetatiesamenstelling, onder meer omdat de biologische beschikbaarheid van macro-nutriënten lastig eenduidig te bepalen is. Daarom wordt gewerkt met voedselrijkdomklassen in plaats van met een continue voedselrijkdommaat, en is het aantal klassen beperkt gehouden (Tabel 2-6).

TABEL 2-6

BETEKENIS CODES VOEDSELRIJKDOMKLASSEN

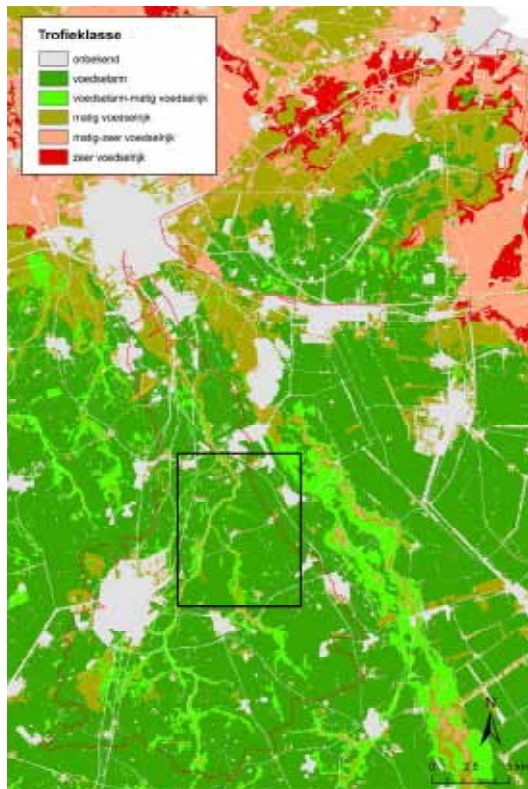
Voedselarm	1	2	4
Matig voedselrijk	3		
Zeer voedselrijk	5		

Voor de bepaling van de voedselrijkdomklasse wordt gebruik gemaakt van de tabellen uit NATLES 2, die per bodemtype, per GLG-klasse, zuurgraadklasse en type beheer (wel of geen bemesting, wel of geen afvoer) aangeven welke voedselrijkdomklasse (of combinatie van voedselrijkdomklassen) verwacht kan worden. Voor een aantal bodemtypen zijn kleine aanpassingen gemaakt in de tabellen, op basis van veranderde inzichten van de betekenis van zuurgraad en grondwaterstand op de nutriëntenbeschikbaarheid.

In Tabel 2-7 is voor een bepaalde zuurgraad en beheer de voedselrijkdom per bodemtype en GLG-klasse weergegeven. Voor de volledige tabel wordt verwezen naar de technische handleiding.

In Figuur 2-5 is de berekende voedselrijkdom voor het studiegebied weergegeven. Vanwege het gebruik van verbeterde hydrologische invoergegevens in een deel van het studiegebied (zie paragraaf 1.3), wijken uitkomsten van de kansrijkdommodule in dit deelgebied af van de overige uitkomsten gebaseerd op het oorspronkelijke MIPWA-model. De begrenzing van het deel-modelgebied met verbeterde hydrologische invoergegevens is in de kaart aangegeven.

FIGUUR 2-5 VOEDSELRIJKDOM, BEREKEND MET DE KANSRIJKDOMMODULE WATERNOOD



2.6 BEPALING KANSRIJKDOM VEGETATIES

Voor de bepaling van de kansrijkdom van vegetatietypen wordt gebruikt van doelrealisatiefuncties, die per vegetatietype of natuurdoeltype en per standplaatsfactor aangeven hoe geschikt de betreffende standplaatscondities zijn voor ontwikkeling dan wel instandhouding van het type. De kansrijkdom wordt aangegeven in een schaal die loopt van 0 (ongeschikt) tot 1 (optimaal). De kansrijkdom wordt bepaald op basis van respectievelijk:

- de gemiddelde voorjaargrondwaterstand (GVG),
- de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG),
- de vochtleverantie,
- de zuurgraad,
- de voedselrijkdom,
- het beheer.

Voor de bepaling van de kansrijkdom als functie van GVG, GLG en vochtleverantie wordt gebruik gemaakt van de standaard doelrealisatiefuncties uit Waternood (Figuur 2-6, links). Deze worden gewoonlijk gebruikt om op basis van de hydrologie en het natuurdoeltype aan te geven in welke mate de hydrologische omstandigheden geschikt zijn voor de realisatie van de natuurdoelstellingen, maar worden nu gebruikt om de kansrijkdom voor vegetatietypen te bepalen. Het belangrijkste verschil is dat daarbij geen rekening wordt gehouden met het geplande type, maar gekeken wordt waar de omstandigheden voor de ontwikkeling van het type geschikt zijn.

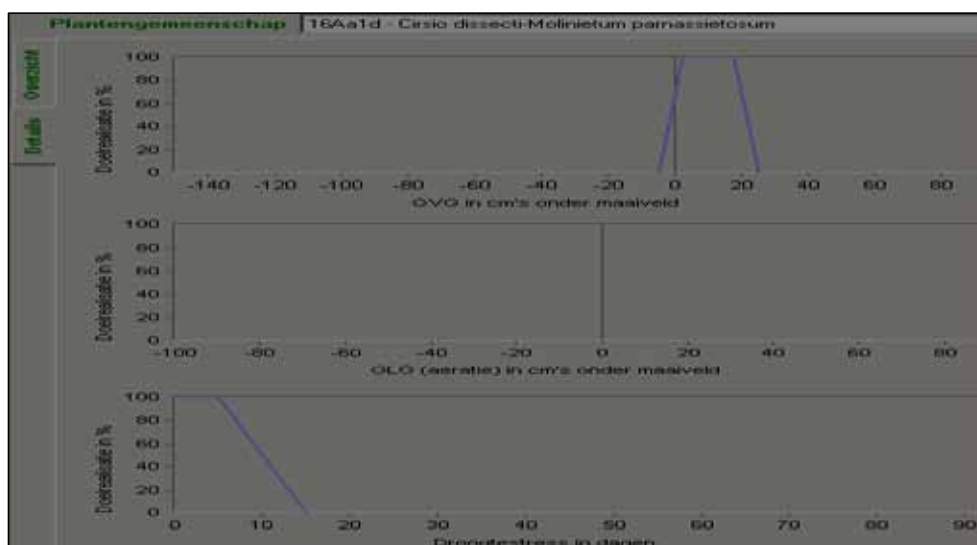
TABEL 2-7 VOEDSELRIJKDOM ALS FUNCTIE VAN HET BODEMTYPE EN DE GLG (CM – MV.) OP EXTENSIEF BEHEERDE, MATIG ZURE STANDPLAATSEN ZONDER BEMESTING EN MET AFVOER VAN ORGANISCH MATERIAAL

Nr	Naam functionele bodemeenheid	GLG	GLG	GLG	GLG
		-50	50-80	80-120	> 120
10	ongerijpt veen	1	2	3	3
11	meso-eutroof ongerijpt veen	1	3	3	3
12	oligotroof ongerijpt veen	1	1	3	3
15	gerijpt veen met kleidek	1	3	3	3
16	meso-eutroof gerijpt veen met kleidek	1	3	3	3
17	oligotroof gerijpt veen met kleidek	1	3	3	3
20	gerijpt veen zonder kleidek	1	2	2	2
21	meso-eutroof gerijpt veen zonder kleidek	1	3	3	3
22	oligotroof gerijpt veen zonder kleidek	1	1	1	1
25	eerdveengronden met kleiige bovengrond	1	3	3	3
26	meso-eutroof eerdveengrond met kleiige bovengrond	1	3	3	3
27	oligotrofe eerdveengrond met kleiige bovengrond	1	3	3	3
30	eerdveengronden zonder kleiige bovengrond	1	2	2	2
31	meso-eutrofe eerdveengronden zonder kleiige bovengrond	1	3	3	3
32	oligotrofe eerdveengronden zonder kleiige bovengrond	1	1	1	1
35	veengronden met veenkoloniaal dek	1	1	1	1
40	moerige podzolen	1	2	2	2
41	moerige podzol met kleidek	1	3	3	3
42	moerige podzol zonder kleidek	1	1	1	1
45	moerige eerdgronden	1	2	3	3
46	moerige eerdgronden met kleidek	1	3	3	3
47	moerige eerdgrond zonder kleidek	1	1	2	2
50	moerige gronden op zavel en klei	1	1	3	3
51	moerige gronden op ongerijpte zavel en klei	1	1	3	3
52	moerige gronden op gerijpte zavel en klei	1	1	3	3
60	eerdgronden op zand	1	1	2	2
61	hoge eerdgronden	1	1	2	2
62	lage eerdgronden rijk	1	1	2	2
63	lage eerdgronden arm	1	1	1	1
65	eerdgronden op leem	1	1	3	3
70	eerdgronden op klei	1	1	3	3
75	minerale zandgrond	1	1	1	1
76	uitgeloogde arme zandgronden	1	1	1	1
77	overige minerale zandgronden	1	1	1	1
80	leem	1	1	2	2
85	oude kleigronden	1	1	2	2
90	jonge kleigronden	1	3	3	3
91	zavel	1	3	3	3
92	lichte klei	1	3	3	3
93	zware klei	1	3	3	3

Voor de bepaling van de kansrijkdom als functie van de zuurgraad en voedselrijkdom wordt gebruik gemaakt van informatie die is opgenomen in de WATERNOOD-applicatie 'Hydrologische Randvoorwaarden Natuur' (Runhaar en Hennekens 2005). Daarin staat per zuurgraad- en voedselrijkdomklasse aangegeven in hoeverre omstandigheden optimaal (donker-oranje) dan wel suboptimaal (licht-oranje) zijn (Figuur 2-6, rechts). Deze aanduidingen zijn gebruikt als kansrijkdomaanduidingen, waarbij 'optimaal' is vertaald naar een doelrealisatie/kansrijkdom van 1, en 'suboptimaal' naar een kansrijkdom van 0,3. De kansrijkdom voor de verzamelklassen van zowel zuurgraad als voedselrijkdom (zie Tabel 2-1 en 2-6) is vastgesteld als het gemiddelde van de onderliggende individuele klassen.

FIGUUR 2-6

DOELREALISATIEFUNCTIES VOOR DE ORCHIDEEËNRIJKE VORM VAN HET BLAUWGRASLAND (CIRSIO-DISSCTI-MOLINIETUM PARNASSIETOSUM)
UIT VERSIE 2 VAN DE WATERNOOD-APPLICATIE 'HYDROLOGISCHE RANDVOORWAARDEN NATUUR' (RUNHAAR EN HENNEKENS, 2005)



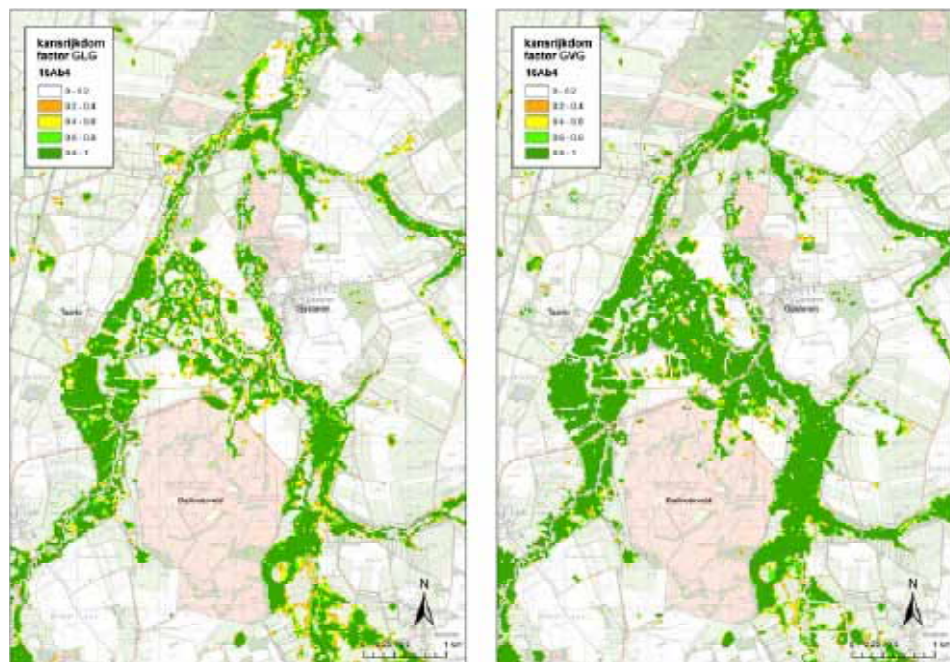
Uitgaande van de wet van Liebig is de limiterende standplaatsfactor bepalend voor de kansrijkdom, onder de voorwaarde dat er een oorzakelijk verband is tussen de factor en de plantengroei (standplaatsfactor is direct of indirect van invloed op het functioneren van planten). Door het optreden van verschillende stressfactoren tegelijk kan de kansrijkdom niettemin lager zijn. In de kansrijkdommodule wordt uitgegaan van het optreden van multipele stress, en wordt de kansrijkdom berekend als het product van de kansrijkdommen per standplaatsfactor. Voorwaarden voor deze berekeningswijze zijn dat de verschillende factoren onafhankelijk van elkaar inwerken op het functioneren van planten (de gevoeligheid voor droogtestress bijvoorbeeld is niet afhankelijk van de zuurgraad van de standplaats, zowel op zure als basische standplaatsen kunnen vochtminnende en droogteresistente soorten voorkomen), en dat vegetatietypen gedefinieerd zijn evenwijdig aan de verklarende standplaatsfactor-assen.

De meeste factoren voldoen aan bovenstaande voorwaarden. Alleen bij de laagste grondwaterstanden is overlap mogelijk, omdat de laagste grondwaterstanden zowel bepalend zijn voor de duur van natte omstandigheden en daarmee voor de zuurstofvoorziening, als bepalend voor de vochtleverantie. Daarom zijn de voorwaarden per vegetatietype zodanig opgesteld dat ofwel eisen worden gesteld aan de GLG (al dan niet droogval, al dan niet permanent natte omstandigheden) dan wel aan de vochtleverantie. Het is wel mogelijk dat minimumeisen worden gesteld aan de GLG en maximumeisen aan de droogtestress. Dit kan voorkomen bij semi-terrestrische vegetaties, die als voorwaarde stellen dat eventuele plassen tenminste in de zomer droogvallen (GLG onder maaiveld), maar waarbij de grondwaterstand niet zo ver mag wegzakken dat droogtestress ontstaat (GLG boven kritieke stijgfstand).

Bij de bepaling van de kansrijkdom is ook rekening gehouden met het vegetatiebeheer. Korte vegetaties worden geacht alleen voor te komen bij afvoerbeheer (maaien of beweiden), bossen alleen bij niets doen. Vegetaties van ruigten en zomen worden geacht met een gringe kans in beide situaties voor te komen. Het vegetatiebeheer kan door de gebruiker worden opgegeven. In Noord-Nederland is het vegetatiebeheer afgeleid uit het LGN, waarbij er vanuit is gegaan dat in bestaande bosgebieden geen beheer zal plaatsvinden en in alle andere gebieden afvoerbeheer.

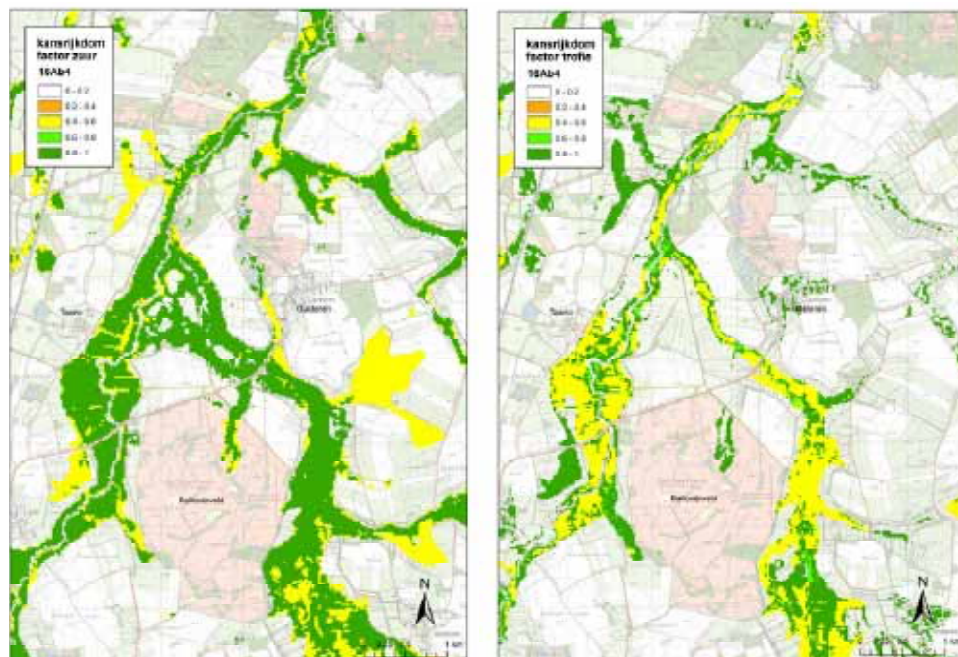
Het model genereert kansrijkdomkaarten op basis van de combinatie van kansen van verschillende standplaatsfactoren. Daarnaast worden zogenaamde deel-kansrijkdomkaarten per standplaatsfactor geproduceerd. Deze deel-kansrijkdomkaarten hebben als doel om gebruikers inzicht te geven in de achterliggende oorzaken van een bepaalde vastgestelde kansrijkdom; aan de hand hiervan kan eenvoudig worden vastgesteld welke factor bepalend is voor een lage kansrijkdom. In Figuren 2-7 en 2-8 is dit weergegeven voor de Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid. In dit voorbeeld is de berekende voedselrijkdom in het beekdal veelal de kritische factor voor de lage kansrijkdom van dit vegetatietype, en op een aantal plaatsen zijn de GLG en de GVG onvoldoende voor een hoge kansrijkdom.

FIGUUR 2-7 DEEL-KANSRIJKDOMKAARTEN VAN DE ASSOCIATIE VAN BOTERBLOEMEN EN WATERKRUISKRUID VOOR DE FACTOREN GLG, GVG, ZUURGRAAD EN VOEDSELRIJKDOM



A: KANSRIJKDOM OP BASIS VAN GLG

B: KANSRIJKDOM OP BASIS VAN GVG

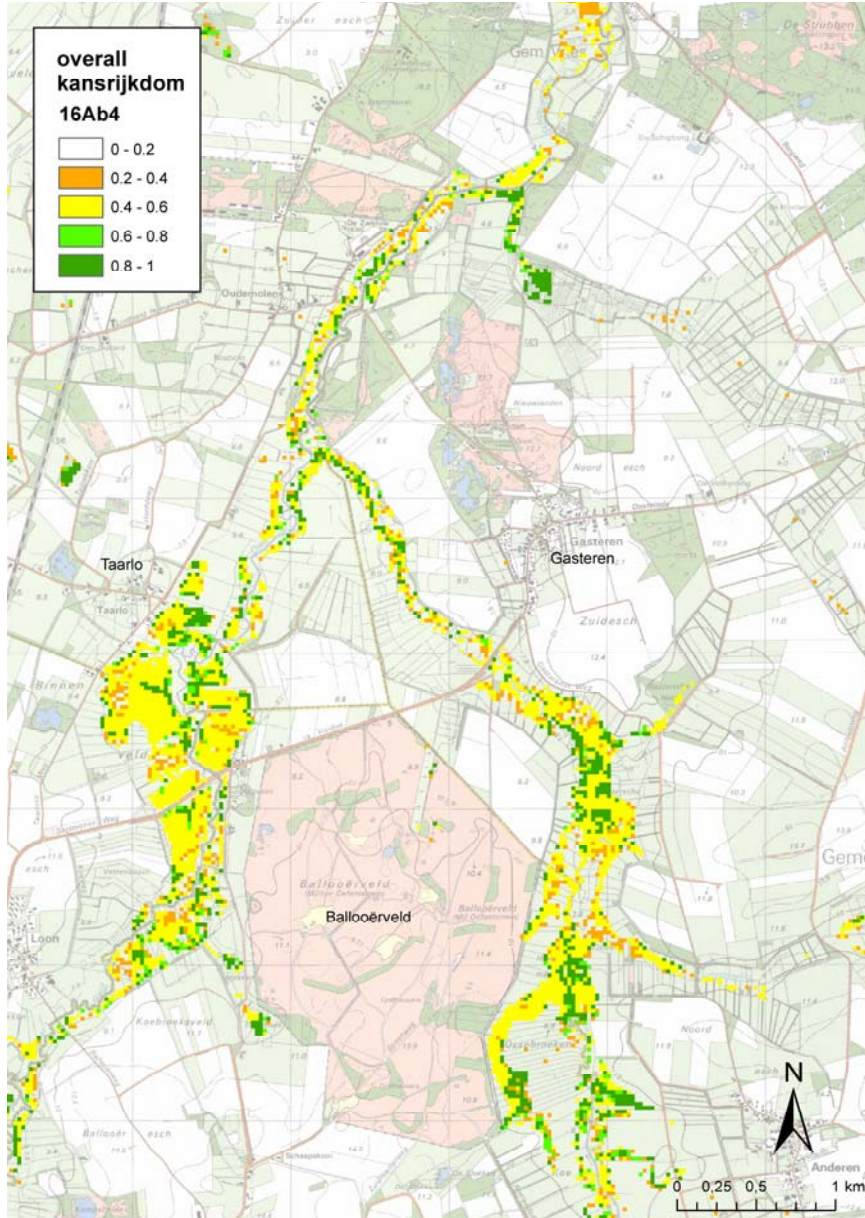


C: KANSRIJKDOM OP BASIS VAN ZUURGRAAD

D: KANSRIJKDOM OP BASIS VAN VOEDSELRIJKDOM

FIGUUR 2-8

OVERALL KANSRIJKDOMKAART VAN DE ASSOCIATIE VAN BOTERBLOEMEN EN WATERKRUISKRUID



3

VALIDATIE MODELRESULTATEN AAN VEGETATIEGEGEVENS

3.1 OPZET VALIDATIE, GEGEVENSBRONNEN

Op basis van het hydrologisch model MIPWA 1.0, de bodemkaart en de LGN-4 kaart is de kansrijkdom voor een aantal karakteristieke vegetatietypen in het studiegebied berekend. Uitgangspunt voor het beheer is natuurbeheer zonder bemesting, en afvoer van maaisel in open, kruidachtige vegetaties.

Voor de validatie is de kansrijkdom van de volgende vegetatietypen berekend:

code DVN	vegetatietype
8Bc2	Associatie van Scherpe zegge
8Bc4	Associatie van Noordse zegge
9Aa3	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge
11Aa2	Associatie van Gewone dophei
11Ba1	Associatie van Gewone dophei en Veenmos
16Aa1	Blauwgrasland
16Ab1	Veldrus-associatie
16Ab4	Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid
16Bc1	Kamgrasweide
19Aa2	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras
20Aa1x	Associatie van Struikhei en Stekelbrem - droog subtype
20Aa1y	Associatie van Struikhei en Stekelbrem - vochtig subtype
32Aa1	Associatie van Moerasspirea en Echte valeriaan
39Aa2a	Elzenzegge-Elzenbroek; typische subassociatie
40Aa2	Zompzegge-Berkenbroek

De resultaten zijn getoetst aan de hand van de volgende gegevens en kennishouders:

- Rapporten Everts & De Vries (1991) en Schipper & Streefkerk (1993)
- Een dataset van 6300 vegetatie-opnamen uit de Landelijke Vegetatiedatabank die zijn aangeleverd door Stephan Hennekens (Alterra); het gaat om goede gelocaliseerde opnamen waarvan het vegetatietype bekend is.
- Vegetatiekarteringen Drentsche Aa (Staatsbosbeheer)
- Deskundigenoordeel door Uko Vegter (Waterschap Hunze en Aa's) en Evert Jan Lammerts (Staatsbosbeheer)

3.2 RESULTATEN OP BASIS VAN OORSPRONKELIJKE MIPWA-MODEL

Op basis van de ongecorrigeerde MIPWA-gegevens blijkt dat de ligging en het voorkomen van natte vegetaties niet goed worden berekend. Dit geldt zowel voor de vegetatie die afhankelijk is van grondwatervoeding (mesotrofe graslanden en grote-zeggevegetaties), als voor de begroeiing in regenwatergevoede, natte milieus (natte heiden en hoogveenvegetaties).

Voor de regenwater gevoede milieus voorspelt het model in deze gebieden vooral een hoge kansrijkdom voor droge heiden (Associatie van Struikhei en Stekelbrem). De GLG en de GVG liggen hier volgens het hydrologisch model ver beneden de laagste grenswaarden voor natte heiden en hoogveenvegetaties (afwijking tot meer dan een meter). De berekende zuurgraad en voedselrijkdom komen wel overeen met de werkelijke situatie (zuur en voedselarm).

Op de overgang van hoger gelegen gronden en beekdalen wordt wel een zone met een verhoogde kans voor de Associatie van Gewone dophei berekend. Deze zone is niettemin over het algemeen smaller en tevens lager op de hoogtegradiënt gelegen dan in werkelijkheid. Ook hier is de grondwaterstand de kritische factor voor de afwijkende berekening. Daarnaast is plaatselijk de berekende zuurgraad te laag voor een correcte berekening van de kansrijkdom van de vegetatie. Dit wordt veroorzaakt doordat het model ter plaatse geen kwel-, maar een infiltratiesituatie berekent. De berekende kwelatronen in de natuurgebieden zijn niet conform het beeld van de deskundigen. Er ontbreken grote delen, zowel in de beekdalen en op de flanken van het dal.

In de beekdalen wordt een scherpe overgang van een hoge kansrijkdom van heiden (Associatie van Gewone dophei en de Associatie van Struikhei en Stekelbrem) naar Kamgrasweide berekend. Slechts plaatselijk wordt de Veldrus-associatie en de Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid berekend. In werkelijkheid is een groot areaal van de twee laatstgenoemde vegetaties aanwezig. Reden voor deze afwijkende modelberekening is zowel een te lage grondwaterstand als een te hoge voedselrijkdom voor mesotrofe, grondwaterafhankelijke vegetaties. De hoge voedselrijkdom hangt in deze situaties direct samen met een zeer lage grondwaterstand. Het bodemtype betreft een veenbodem (gerijpt veen), waarin de mineralisatie onder zuurstofrijke omstandigheden sterk toeneemt en bijgevolg veel voedingsstoffen vrijkomen.

De GLG en GVG blijken in natte natuurgebieden vaak kritische factoren te zijn voor het al dan niet voorspellen van vegetatie. Dit blijkt samen te hangen met het feit dat de berekende GLG en GVG in de beekdalen niet de werkelijke situatie goed weergeeft (model systematisch te lage standen in natuurgebieden). Tevens worden niet alle aanwezige kwelgebieden berekend.

Vanwege het overheersende belang van de waterhuishouding op de standplaats van de vegetatie, was een toetsing van de ecologische relaties in de kansrijkdommodule in dit stadium niet mogelijk.

3.3 RESULTATEN NA AANPASSING MIPWA-MODEL

Op basis van de eerste validatie heeft Deltares in samenwerking met KWR onderzocht wat de oorzaken zijn voor de afwijkende waterhuishouding in natuurgebieden. Hiervoor is gebruik gemaakt van zowel aanvullende hydrologische gegevens (peilbuizen in natuurgebieden, dieptes van lokale afwateringen), als van indicatiewaarden voor grondwaterstand afgeleid uit vegetatie-opnamen en -karteringen.

Uit deze analyse bleken twee factoren van groot belang (zie ook Hoogewoud, 2009). In de beekdalen werd de drainage sterk overschat, en in de infiltratiegebieden bleek de verbreiding van ondiep gelegen slecht doorlatende lagen onvoldoende in de modelschematisatie te zijn opgenomen. Om praktische redenen is besloten het probleem van de drainage in de beekdalen op te lossen, omdat hier grote tekortkomingen zijn geconstateerd die met relatief eenvoudig generiek door te voeren veranderingen kunnen worden verbeterd. In de beekdalen zijn de volgende aspecten verbeterd:

- insnijding van sloten in natuurgebieden (sloten in natuurgebieden zijn minder diep dan in landbouwgebieden en niet ingesneden tot door de keileem);
- aanwezigheid sloten en greppels (in de natuurgebieden zijn veel voormalige sloten gedempt);
- slootpeilen (peilen zijn in natuurgebieden vaak hoger dan in het model).

Het verkrijgen van een voldoende gedetailleerd beeld van de verbreiding van slecht doorlatende lagen ten behoeve van de hydrologische schematisatie vergt een uitgebreid aanvullend onderzoek, dat buiten de looptijd van deze studie valt.

Voor een goede schatting van de kwelflux naar maaiveld is aansluitend aan de uitvoer van de verbeterde versie van MIPWA een regenwaterlensmodule toegepast (zie H.4) en tevens is de kansrijkdommodule uitgebreid met relaties voor de vaststelling van lokale kwel die optreedt binnen het bovenste watervoerend pakket (zie paragraaf 2.4, stap 4).

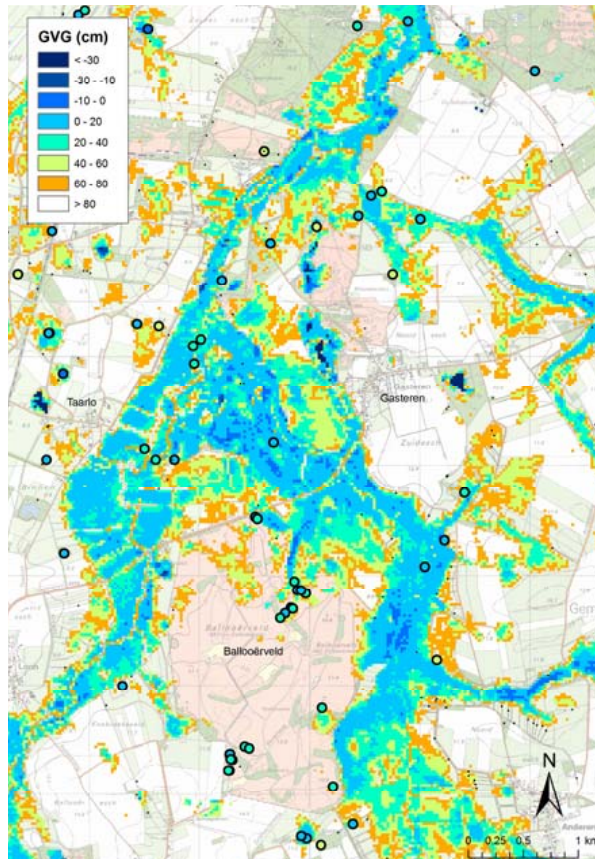
De aanpassingen zijn getoetst voor het centrale deel van de Drentsche Aa. Deze toetsing leverde het volgende resultaat:

- Toepassing van het aangepaste MIPWA-model en de beide extra kwelmodules leidt tot een berekening van plausibele kwelpatronen die bovendien goed aansluiten bij bestaande vegetatiepatronen (zie ook H.4).
- De uitkomsten voor zuurgraad en vochttoestand komen goed overeen met die geïndiceerd door de vegetatie (Figuur 3-1 en 3-2).
- De voedselrijkdom komt voor een groot deel eveneens overeen met de voedselrijkdom-indicatie van de vegetatie. Wel worden in de beekdalen met ondiepe grondwaterstanden en natuurbeheer iets voedselarmere omstandigheden berekend dan de huidige vegetatie indiceert. Daardoor wordt het aandeel Blauwgrasland overschat en het aandeel Dotterbloemhooiland onderschat (Figuur 3-3).
- Wanneer rekening wordt gehouden met de beperking dat niet altijd met zekerheid onderscheid kan worden gemaakt tussen Blauwgraslanden en Dotterbloemhooilanden, geeft de kansrijkdommodule een zeer goede voorspelling van de aanwezige vegetatiepatronen.

Wat de oorzaak is van de te lage berekende voedselrijkdom in de onbemeste natte kwelgebieden van de Drentsche Aa is niet duidelijk. Bij eerdere toepassingen van NATLES in onder meer Noord-Brabant werd deze afwijking niet gevonden (Runhaar et al. 2003). De oorzaak kan zijn dat geen rekening wordt gehouden met nutriëntenaanvoer via actuele en historische overstromingen, met bemesting door voormalig landbouwkundig gebruik en met verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid door voormalige ontwatering. Met name in ijzerrijke kwelmilieus is er een risico dat na vernatting fosfaat dat eerder via mineralisatie is vrijgekomen of extern is aangevoerd, langdurig verhoogd beschikbaar blijft. Omdat niet vastgesteld kan worden welke processen verantwoordelijk zijn voor de relatief hoge voedselrijkdom, is het niet mogelijk het model hierop aan te passen en kan op dit moment slechts worden geconcludeerd dat in het Drentsche Aa-gebied de kansrijkdom van Blauwgraslanden wordt overschat.

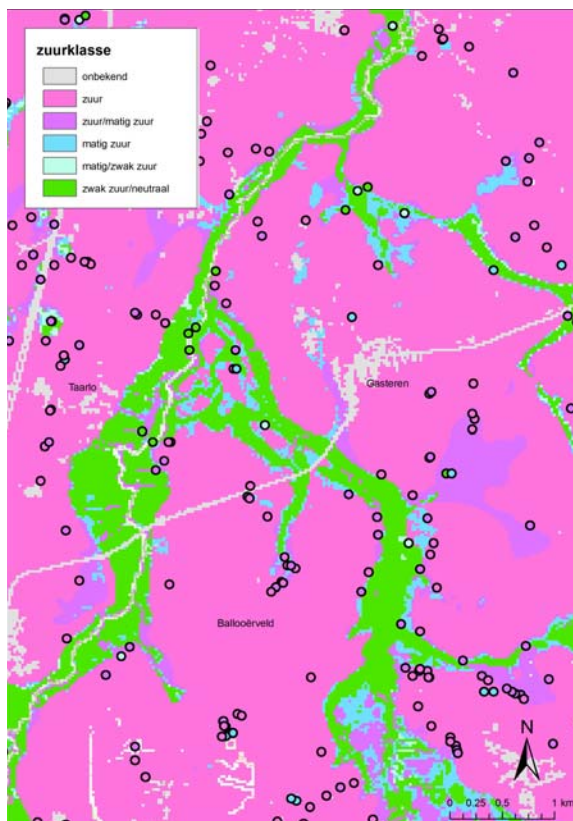
FIGUUR 3-1

GVG BEREKEND OP BASIS VAN INDICATIE VEGETATIE-OPNAMEN (CIRKELS) EN OP BASIS VAN MIPWA (VLAKDEKKEND)

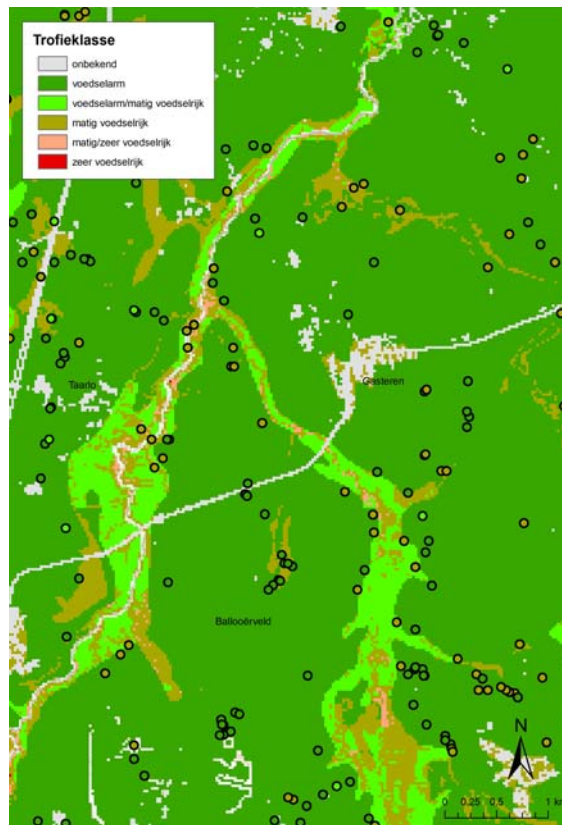


FIGUUR 3-2

ZUURKLASSE AFGELEID VAN DE ZUURINDICATIE VAN VEGETATIE-OPNAMEN (CIRKELS) EN BEREKEND OP BASIS VAN DE KANSRIJKDOMMODULE (VLAKDEKKEND)



FIGUUR 3-3 TROFIEKLASSE AFGELEID VAN DE ZUURINDICATIE VAN VEGETATIE-OPNAMEN (CIRKELS) EN BEREKEND OP BASIS VAN DE KANSRIJKDOMMODULE (VLAKDEKKEND)



4

BEPALING GRONDWATERAANVOER NAAR WORTELZONE

4.1 INLEIDING

In de meeste regionale hydrologische modellen wordt de kwel berekend als de hoeveelheid grondwater die een scheidende laag passeert. Voor voorspelling van de standplaatscondities en de vegetatiesamenstelling is echter alleen de hoeveelheid kwelwater die daadwerkelijk de wortelzone bereikt van belang. Voor het berekenen van de kwelinvloed in de wortelzone op regionale schaal zijn twee mogelijkheden. Allereerst zijn er door bijvoorbeeld Immerzeel (Immerzeel et al., 1996; Poot & Schot, 2000) en Van Walsum (2002) methodes ontwikkeld om als bewerking in het hydrologische model een schatting te maken van de hoeveelheid kwelwater die de wortelzone bereikt. Dat heeft als voordeel dat gebruik wordt gemaakt van de informatie die al is toegepast is bij de bouw van het hydrologisch model.

Een tweede optie is om achteraf op basis van berekende grondwaterstanden en kwelfluxen, in combinatie met informatie uit landelijke gegevensbestanden, een schatting te maken van de hoeveelheid kwelwater die de wortelzone bereikt. In dit hoofdstuk wordt hiervoor een eerste aanzet gepresenteerd die is gebaseerd op de door Kees Maas afgeleide analytische formule (De Raat, 1999) voor de maximale dikte van een neerslaglens. Deze dikte is een functie van de kwelintensiteit over de scheidende laag, de gemiddelde grondwateraanvulling, de slootafstand, en de verticale en horizontale doorlatendheid. Op basis van de maximale dikte van de neerslaglens wordt vervolgens middels het bijhouden van een waterbalans bepaald hoe lang het duurt voordat al het regenwater is afgevoerd. Vanaf dat moment wordt de hoeveelheid kwelwater berekend die de wortelzone daadwerkelijk (al dan niet via capillaire opstijging) kan bereiken. Ten slotte is voor een deel van het Drentse Aa gebied getest of de methode leidt tot realistische resultaten.

4.2 REKENMETHODE

4.2.1 BEREKENEN VOCHTPROFIEL EN BERGINGSVERMOGEN (STAP 1)

De eerste stap is het berekenen van een vochtprofiel bij statisch evenwicht afhankelijk van de opgegeven grondwaterstand (afkomstig uit regionaal model) en de bodemeigenschappen. Voor de bodemeigenschappen zijn de bodemeenheden van de 1:50.000 Bodemkaart geaggregeerd tot 31 unieke bodemeenheden. Vervolgens zijn aan de bodemeenheden bodemfysische eigenschappen op basis van de Staringreeks toegekend (Tabel 4-1).

TABEL 4-1

EIGENSCHAPPEN PER ONDERSCEIDEN BODEMEENHEID

Bodem eenheid	Omschrijving	Staring code	θ_{res} (-)	θ_{sat} (-)	α (cm-1)	n (-)	Anisotropie doorlatendheid (-)
1	leemarm fijn zand	B1	0,02	0,43	0,0234	1,801	0,1
2	leemarm fijn zand	B1	0,02	0,43	0,0234	1,801	0,1
3	leemarm fijn zand	B1	0,02	0,43	0,0234	1,801	0,1
4	zwak lemig fijn zand	B2	0,02	0,42	0,0276	1,491	0,1
5	zwak lemig fijn zand	B2	0,02	0,42	0,0276	1,491	0,1
6	zwak lemig fijn zand	B2	0,02	0,42	0,0276	1,491	0,1
7	sterk lemig fijn zand	B3	0,02	0,46	0,0144	1,534	0,1
8	sterk lemig fijn zand	B3	0,02	0,46	0,0144	1,534	0,1
9	sterk lemig fijn zand	B3	0,02	0,46	0,0144	1,534	0,1
10	zeer sterk lemig fijn zand	B4	0,02	0,46	0,0156	1,406	0,1
11	zeer sterk lemig fijn zand	B4	0,02	0,46	0,0156	1,406	0,1
12	zeer sterk lemig fijn zand	B4	0,02	0,46	0,0156	1,406	0,1
13	leemarm matig grof zand	B1	0,02	0,43	0,0234	1,801	0,1
14	leemarm matig grof zand	B1	0,02	0,43	0,0234	1,801	0,1
15	leemarm matig grof zand	B1	0,02	0,43	0,0234	1,801	0,1
16	zwak lemig matig grof zand	B2	0,02	0,42	0,0276	1,491	0,1
17	zwak lemig matig grof zand	B2	0,02	0,42	0,0276	1,491	0,1
18	zwak lemig matig grof zand	B2	0,02	0,42	0,0276	1,491	0,1
19	grof zand	B5	0,01	0,36	0,0452	1,933	0,1
20	grof zand	B5	0,01	0,36	0,0452	1,933	0,1
21	grof zand	B5	0,01	0,36	0,0452	1,933	0,1
22	lichte klei	B10	0,01	0,43	0,0064	1,210	0,1
23	lichte klei	B10	0,01	0,43	0,0064	1,210	0,1
24	lichte klei	B10	0,01	0,43	0,0064	1,210	0,1
25	zeer zware klei	B12	0,01	0,54	0,0239	1,094	0,1
26	zeer zware klei	B12	0,01	0,54	0,0239	1,094	0,1
27	zeer zware klei	B12	0,01	0,54	0,0239	1,094	0,1
28	siltige leem	B14	0,01	0,42	0,0051	1,305	0,1
29	siltige leem	B14	0,01	0,42	0,0051	1,305	0,1
30	siltige leem	B14	0,01	0,42	0,0051	1,305	0,1
99	overig	B16	0,01	0,80	0,0176	1,293	0,1

Het vochtprofiel bij statisch evenwicht is berekend met behulp van de volgende vergelijking (Van Genuchten, 1980):

$$\theta = \theta_{res} + \frac{\theta_{sat} - \theta_{res}}{(1 + |\alpha h|^n)^{\frac{1}{n}}} \quad [4.1]$$

waarin:

θ_{res} = Residueel vochtgehalte (-)

θ_{sat} = verzadigd vochtgehalte (-)

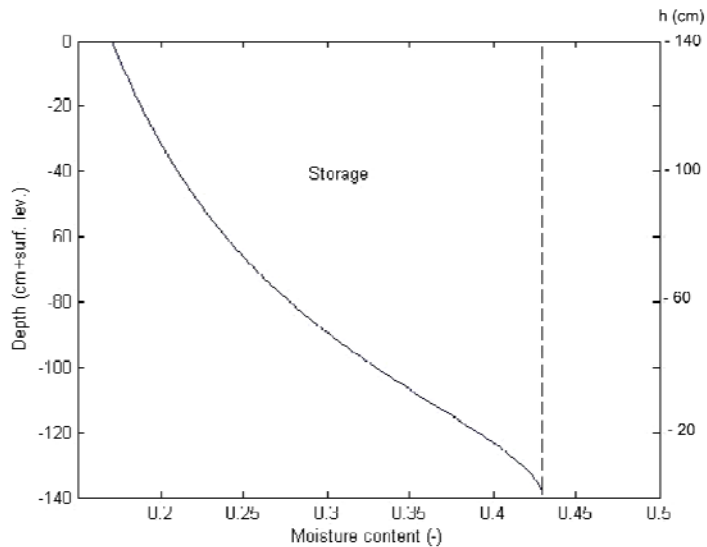
α = empirische vorm parameter (-)

h = drukhoogte (cm)

n = empirische vorm parameter (-)

Bij statisch evenwicht is de drukhoogte h in het bodemprofiel gelijk aan de afstand tot de grondwaterspiegel (Figuur 4-1). Uit het vochtprofiel bij statisch evenwicht wordt vervolgens het totale bergingsvermogen van het profiel berekend. Vooral nog is hierbij uitgegaan van een constante grondwaterspiegel over het jaar.

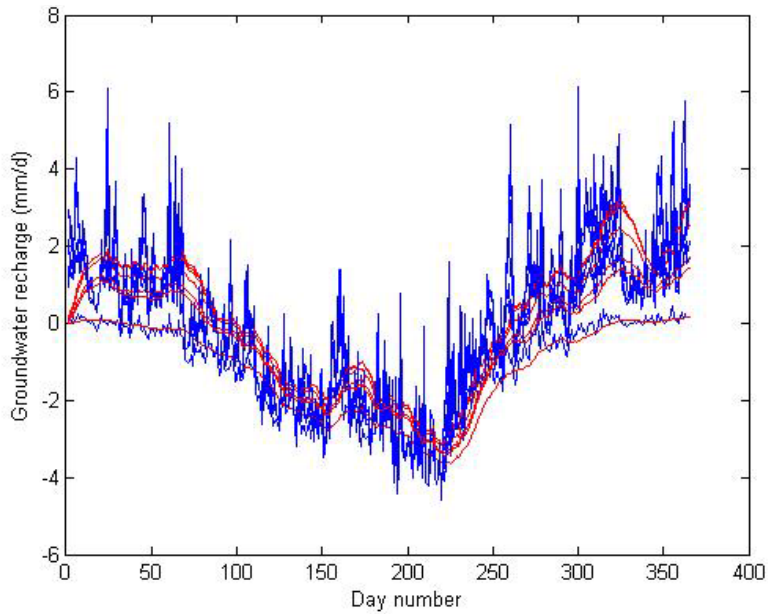
FIGUUR 4-1 VOORBEELD VAN EEN VOCHTPROFIEL EN HET BERGINGSVERMOGEN (STORAGE) BIJ STATISCH EVENWICHT (BODEM: LEEMARM FIJN ZAND; GRONDWATERSTAND = 140CM-MV)



4.2.2 BEREKENEN GRONDWATERAANVULLING EN RUNOFF (STAP 2)

Nu het totale bergingsvermogen van het profiel bekend is kan worden berekend wanneer en hoeveel water er oppervlakkig zal afstromen tijdens een regenperiode. Hierbij is aangenomen dat de berging na elke dag weer leeg is. Per dag wordt de grondwateraanvulling berekend als Grondwateraanvulling = neerslag - potentiële verdamping. De kwelgebieden worden dus gezien als potentieel verdampende graslanden (Eggelsman, 1981; Koerselman & Beltman, 1988; Schouwenaars, 1993; Jansen, 1994; Moors et al., 1995). Als de grondwateraanvulling per dag de waarde van de berging overschrijdt, wordt het overtollige water oppervlakkig afgevoerd. Dit geeft een voor oppervlakkige afstroming gecorrigeerde grondwateraanvullingsreeks. Uit deze reeks wordt de gemiddelde aanvulling berekend en een regimecurve opgesteld. De regimecurve geeft het gemiddelde verloop van de grondwateraanvulling over het jaar weer. In Figuur 4-2 zijn de regimecurves voor een aantal verschillende combinaties van bodemtype en grondwaterstand weergegeven.

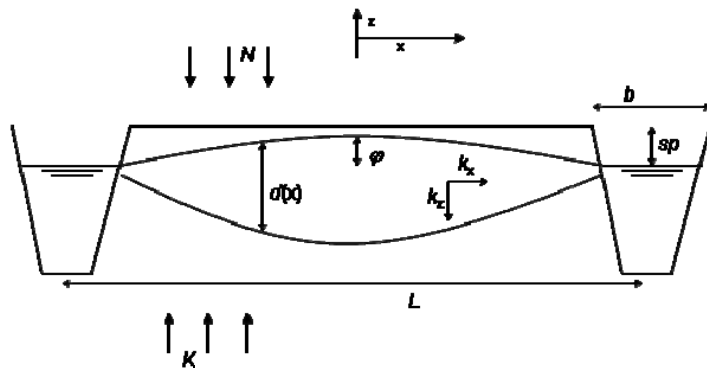
FIGUUR 4 2 REGIMECURVES GRONDWATERAANVULLING BEREKEND OP BASIS VAN 10 JAAR METEOROLOGISCHE GEGEVENS EN HET EFFECT VAN BERGINSGOVERSCHRIJDING (RODE LIJN IS EEN LOPEND GEMIDDELDE PER REGIME CURVE)



4.2.3 BEREKENING MAXIMALE DIKTE NEERSLAGLENS (STAP 3)

De maximale dikte van de neerslaglens bij jaargemiddelde grondwateraanvulling wordt berekend met behulp van de door Kees Maas afgeleide vergelijkingen voor een stationaire neerslaglens (De Raat, 1999). Voor de afleiding van de formules is uitgegaan van de in Figuur 4-3 weergegeven schematisatie.

FIGUUR 4 3 SCHEMATISATIE EN GEBRUIKTE VARIABELLEN



De dikte van de lens wordt berekend met de volgende vergelijking:

$$d(x) = -0.5 \frac{L}{\pi} \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} \ln\left(\frac{\sin((1 + \alpha)\xi)}{\sin((1 - \alpha)\xi)}\right) \tag{4.2}$$

Waarin:

$$\alpha = x^* \pi / L$$

$$\xi = N / (K + N)$$

Met formule 4.2 is het niet mogelijk om de maximale dikte in het midden van het perceel te berekenen, hiervoor is de volgende vergelijking afgeleid:

$$d_{\max} = \frac{L}{\pi} \sqrt{\frac{k_y}{k_x}} \operatorname{arctgh} \frac{R}{R+K} \quad [4.3]$$

waarin:

d_{\max} = maximale dikte neerslaglens (m)

L = slootafstand (m)

k_y = verticale doorlatendheid (m/d)

k_x = horizontale doorlatendheid (m/d)

R = gemiddelde grondwateraanvulling (m/d)

K = kwelintensiteit over een scheidende laag(m/d)

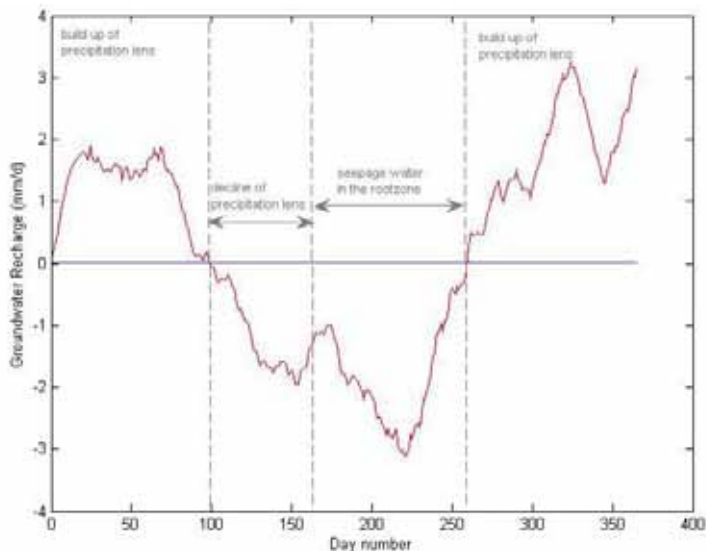
De maximale hoeveelheid af te voeren neerslagwater bedraagt: $d_{\max} * \theta_{\text{sat}}$ (m)

In vergelijking 4.3 is voor de grondwateraanvulling het langjarig gemiddelde van de voor runoff gecorrigeerde reeksen uit stap 2 genomen, voor de kwelintensiteit de door MIPWA berekende fluxen over de scheidende laag en voor de slootafstand de gemiddelde slootafstand per 25*25 m gridcel conform Van der Gaast en Stuyt (2000) en Van der Gaast en Massop (2003b).

4.2.4 BEREKENING MOMENT VAN DOORBRAAK EN FLUX NAAR DE WORTELZONE (STAP 4)

Voor de berekening van het moment van doorbraak van kwelwater door de neerslaglens wordt allereerst het moment in het jaar gezocht dat representatief is voor de gemiddelde grondwateraanvulling (snijpunt gemiddelde aanvulling met de regimecurve voor grondwateraanvulling, zie Figuur 4-4). De maximale dikte van de neerslaglens die op dit moment optreedt, wordt gelijk verondersteld aan de maximale dikte van de neerslaglens bij jaargemiddelde grondwateraanvulling volgend uit vergelijking 4.3.

FIGUUR 4-4 BEREKENING PERIODE WAARBIJ KWELWATER IN DE WORTELZONE KAN KOMEN (RODE LIJN IS GEMIDDELTE REGIMECURVE VOOR DE GRONDWATERAANVULLING, BLAUWE LIJN IS GEMIDDELTE GRONDWATERAANVULLING)



Vanaf dit moment wordt het cumulatieve neerslagoverschot/(-tekort) bij de berekende maximale hoeveelheid neerslagwater in de lens opgeteld. Op het moment dat de gehele lens is verdwenen wordt de flux naar de wortelzone berekend. Hierbij wordt rekening gehouden met het volgende:

- Ligging van de grondwaterspiegel
- Kritieke stijgafstand van het betreffende bodemtype (*Tabel 4-2*). Dit is de afstand tussen grondwaterspiegel en de onderkant van de wortelzone, waarbij een voor het gewas voldoende capillaire aanvoer kan worden gerealiseerd (capillaire flux 1,5 à 2 mm/d)
- Dikte van de wortelzone (vooralsnog is een standaard dikte van 30 cm aangehouden)
- Ligging van de onderkant van de neerslaglens

TABEL 4-2 KRITIEKE STIJGAFSTAND (CM) (LOCHER & DE BAKKER, 1990; HOUBEN, 1977)

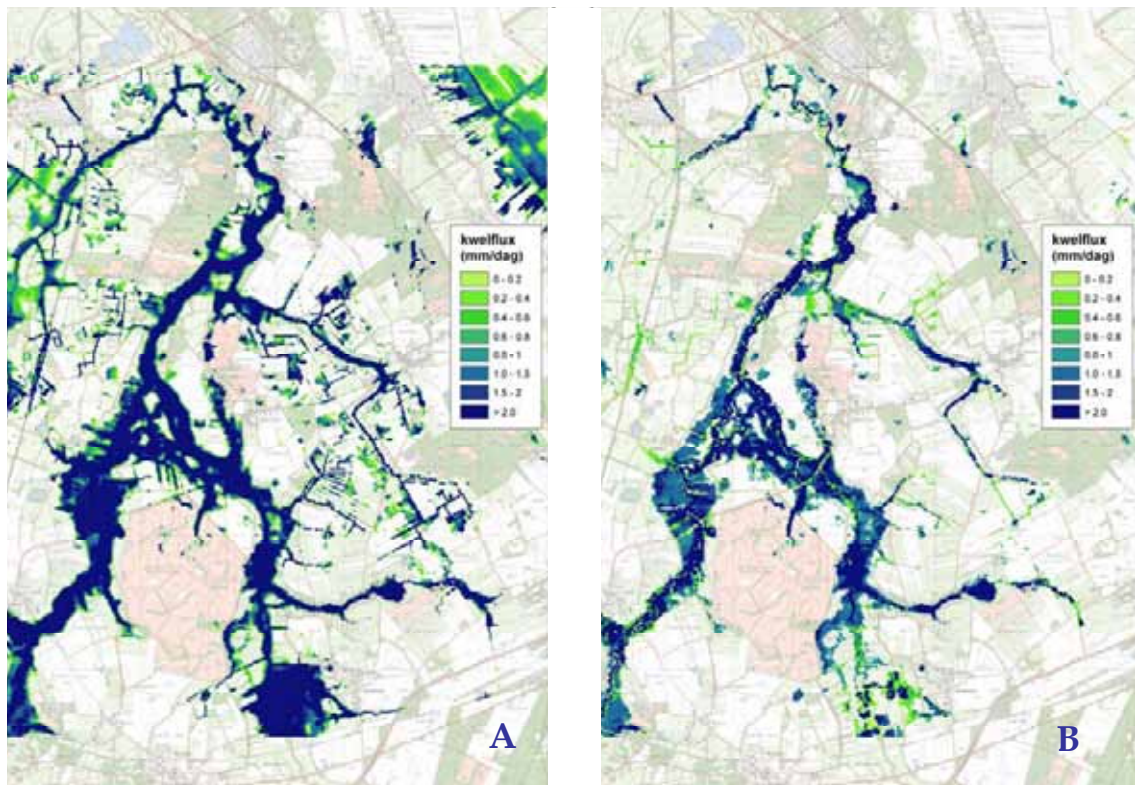
Aard van de ondergrond	Gemiddelde kritieke stijghoogte
kleiarm zeezand	40
kleilig zeezand	70
kleiarm, matig grof rivierzand	40
leemarm dekzand	70
zwak lemig, fijn dekzand	110
sterk lemig fijn dekzand	160
lichte zavel	130
zware zavel	90
lichte klei	70
matig zware klei	60
zeer zware klei	40
oud veenmosveen	30
zeggeveen	40

Voor de flux naar de wortelzone wordt er van uitgegaan dat de vegetatie goed van water is voorzien: de afstand van de grondwaterspiegel tot de onderkant van de wortelzone is kleiner dan de kritieke stijgafstand. De capillaire opstijging is daarbij gelijk verondersteld aan het neerslagtekort. Als niet aan de voorwaarde van de kritieke stijgafstand wordt voldaan, wordt de flux naar de wortelzone op 0 gezet (hangwater profiel). Als de onderkant van de berekende neerslaglens zich in de wortelzone bevindt, wordt de minimale flux naar de wortelzone gelijk gesteld aan de door het MIPWA model berekende kwelintensiteit. De flux naar de wortelzone wordt berekend over de periode vanaf het moment van doorbraak tot het moment dat de gemiddelde regimecurve voor grondwateraanvulling omschakelt van een neerslagtekort naar een neerslagoverschot. De methode genereert als uitvoer de maximale dikte van de neerslaglens, de periode (in dagen) dat de neerslaglens volledig verdwenen is, de gemiddelde flux naar de wortelzone over deze periode en de jaargemiddelde flux naar de wortelzone.

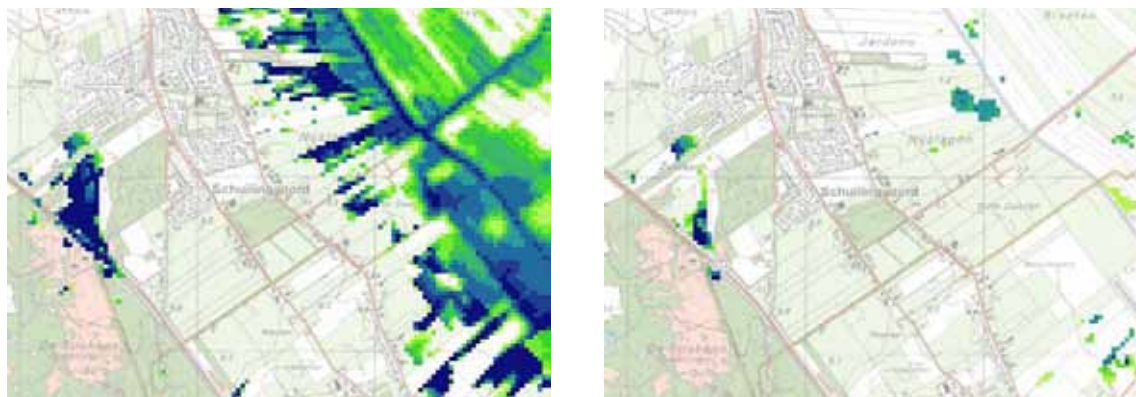
4.3 KWALITATIEVE TOETSING OP DATASET DRENTSCHE AA

Om te bepalen of de nabewerking met de neerslaglensmodule realistische resultaten geeft is de methode getoetst op een deel van het Drentsche Aa gebied. Hierbij is in kwalitatieve zin gekeken of de verkregen kwelpatronen een realistisch beeld geven. Bij gebrek aan gegevens is een kwantitatieve toetsing in deze fase niet mogelijk. In *Figuur 4-5* is (A) de kwelflux over de scheidende laag en (B) de door de neerslaglens module gecorrigeerde flux naar de wortelzone weergegeven.

FIGUUR 4-5 (A) BEREKENDE KWELFLUX OVER DE SCHEIDENDE LAAG VOLGENS HET MIPWA-MODEL EN (B) DE BEREKENDE FLUX VAN KWELWATER NAAR DE WORTELZONE VOLGENS NABEWERKING MET DE NEERSLAGLENS MODULE



FIGUUR 4-6 EFFECT LANDBOUW ONTWATERING OP DE VORMING VAN NEERSLAGLENZEN. LINKS BEREKENDE KWEL OVER DE SCHEIDENDE LAAG MET MIPWA MODEL, RECHTS BEREKENDE KWEL NAAR DE WORTELZONE

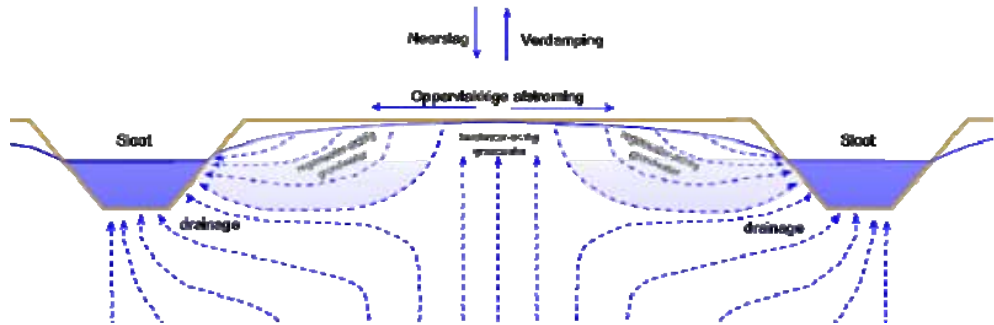


In sommige goed ontwaterde landbouwgebieden wordt door het MIPWA model een flinke kwelflux berekend. Een voorbeeld hiervan is het landbouwgebied ten oosten van Schuilingsoord. Uit de nabewerking met de neerslaglensmodule (rechter plaatje in Figuur 4-6) blijkt dat het kwelwater vrijwel nergens in de wortelzone kan komen. Diepe ontwatering leidt door verlaging van de freatische grondwaterstand tot een grotere flux over de scheidende laag (het potentiaal verschil wordt groter). Nabij sloten is de kwelflux over de scheidende laag dan ook het grootst (linker plaatje Figuur 4-6).

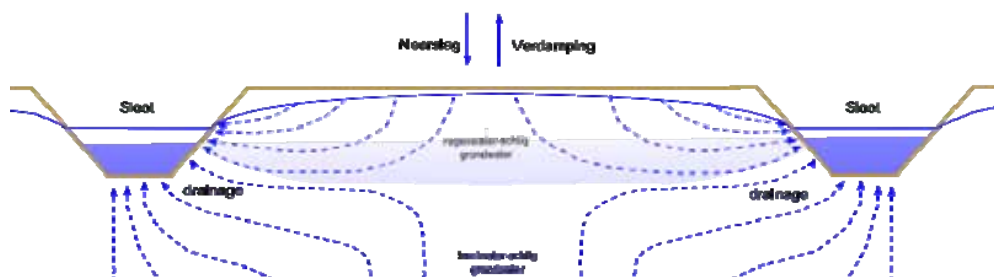
De diepe freatische grondwaterstanden leiden echter ook tot een betere infiltratiecapaciteit van de bodem en daarmee tot de vorming van neerslaglenzen. In situaties met ondiepe grondwaterstanden en oppervlakkige afstroming zal de neerslaglens in het midden van het perceel periodiek dun of geheel afwezig zijn, maar nabij de watergangen juist relatief dik

(Figuur 4-7) (Cirkel, 2003; Schot et al., 2004). In situaties met diepere grondwaterstanden en geen oppervlakkige afstroming is de lens permanent aanwezig en het dikste in het midden van het perceel (Figuur 4-8).

FIGUUR 4-7 NEERSLAGLENS BIJ DIEPE GRONDWATERSTANDEN EN OPPERVLAKKIGE AFSTROMING



FIGUUR 4-8 NEERSLAGLENS BIJ DIEPERE GRONDWATERSTANDEN EN GEËN OPPERVLAKKIGE AFSTROMING



De neerslaglensmodule blijkt deze patronen goed te reproduceren. In gebieden met landbouw ontwatering (dikke neerslaglens) wordt geen kwel naar de wortelzone berekend (patroon Figuur 4-8). In de nattere gebieden in het beekdal (bijvoorbeeld het gebied ten noordwesten van het Balloërveld) wordt nabij de ontwateringsmiddelen geen of zeer beperkte toestroom van kwelwater naar de wortelzone berekend terwijl op grotere afstand van de waterlopen er wel kwelwater in de wortelzone kan komen (patroon Figuur 4-7).

In kwantitatief opzicht leidt het toepassen van de neerslaglensmodule tot een reductie van de flux.

Bij grondwaterstanden beneden de wortelzone wordt de flux van kwelwater naar de wortelzone bepaald door de verdamping van de vegetatie. Dit zal in de meeste gevallen een reductie betekenen ten opzichte van de kwelflux berekend over de scheidende laag.

4.4 CONCLUSIES EN DISCUSSIE

De neerslaglens module is een bruikbaar instrument om ecologisch relevante kwelwaterpatronen te genereren op basis van breed beschikbare hydrologische modeluitkomsten (grondwaterstanden, kwel over een scheidende laag) en landelijke gegevensbestanden. In kwantitatieve zin geeft de nabewerking realistische resultaten; in hoeverre de fluxen ook daadwerkelijk overeenkomen met de werkelijkheid is in deze fase niet vast te stellen. De beschreven methode kent de volgende versimpelingen en beperkingen:

- Er is uitgegaan dat de neerslaglens pas weg is als de hoeveelheid neerslagwater bij maximale dikte van de lens geheel door verdamping uit de bodem is verdwenen; een drainage flux is vooralsnog niet meegenomen. Dit geeft mogelijk een onderschatting van de kwel aan maaiveld. Indien er per gridcel gegevens beschikbaar zijn over de drainageflux en weerstanden, kan ook deze component in de berekening worden opgenomen. De verhouding tussen drainage uit de neerslaglens en drainage van kwelwater kan worden afgeleid uit de bijdrage van beide componenten aan de opbolling.
- In deze eerste opzet is bij de berekening van het bergingsvermogen uitgegaan van een constante grondwaterstand. Een beter resultaat wordt verkregen bij gebruik van een regimecurve van de grondwaterstand.
- De methode is niet geschikt voor sterk hellende gebieden met een groot aandeel van laterale toestroming. In Nederlandse situaties zal dit meestal geen probleem vormen.

5

VERVAARDIGING WATERKANSENKAARTEN NOORD-NEDERLAND

Met uitzondering van de Waddeneilanden zijn voor het gehele beheergebied van de noordelijke waterschappen kanskaarten berekend op basis van de beschikbare modelresultaten van de huidige hydrologische situatie (hydrologisch model Regge en Dinkel + MIPWA 1.0, met medeneming van verbeterde hydrologische data voor het centrale deel van de Drentsche Aa). Voor de landbouwgebieden is uitgegaan van de toestand zonder bemestingsinvloed. Voor het beheersgebied van Waterschap Regge en Dinkel zijn tevens kanskaarten berekend op basis van de historische grondwaterkaart (Runhaar et al. 2003), eveneens uitgaande van de toestand zonder bemestingsinvloed. Deze kanskaarten geven een historisch referentiebeeld van de vegetatie.

De kanskaarten zijn opgesteld voor een selectie van natuurdoeltypen (indeling volgens Bal et al., 2001). De keuze van natuurdoeltypen is gemaakt door de waterschappen.

Voor de volgende natuurdoeltypen zijn kanskaarten geproduceerd:

Kruidachtige vegetaties

- 3.24 Moeras
- 3.25 Natte strooiselruigte
- 3.27 Trilveen
- 3.28 Veenmosrietland
- 3.29 Nat schraalgrasland
- 3.30 Dotterbloemgrasland van beekdalen
- 3.31 Dotterbloemgrasland van veen en klei
- 3.32 Nat, matig voedselrijk grasland
- 3.33 Droog schraalgrasland van de hogere gronden
- 3.38 Bloemrijk grasland van het zand- en veengebied
- 3.39 Bloemrijk grasland van het rivieren- en zeeleigebied
- 3.42 Natte heide
- 3.44 Levend hoogveen
- 3.45 Droge heide
- 3.49 Rivierduin en -strand

Struwelen en bossen

3.55	Wilgenstruweel
3.57	Elzen-essenhakhout en -middenbos
3.59	Eiken-haagbeukenhakhout en -middenbos van zandgronden
3.61	Ooibos
3.62	Laagveenbos
3.63	Hoogveenbos
3.64	Bos van arme zandgronden
3.65	Eiken- en beukenbos van lemige zandgronden
3.66	Bos van voedselrijke, vochtige gronden

De kanskaarten en invoerbestanden waarop de kaarten zijn gebaseerd zijn bij het project opgeleverd op een CD-rom. Deze CD-ROM bevat de volgende informatie:

INVOERBESTANDEN

- functionele bodemtypen voor de zuurgraad onder infiltratie-, kwel- en lokale kwel-omstandigheden, voor de voedselrijkdom (trofie) en voor de vochttoestand.
- watertype, onderverdeeld naar basenrijk water, basenarm water en zuur (infiltratie-)water.
- beheer, op basis van landgebruik.
- hydrologische informatie: GLG, GVG en kwelflux.

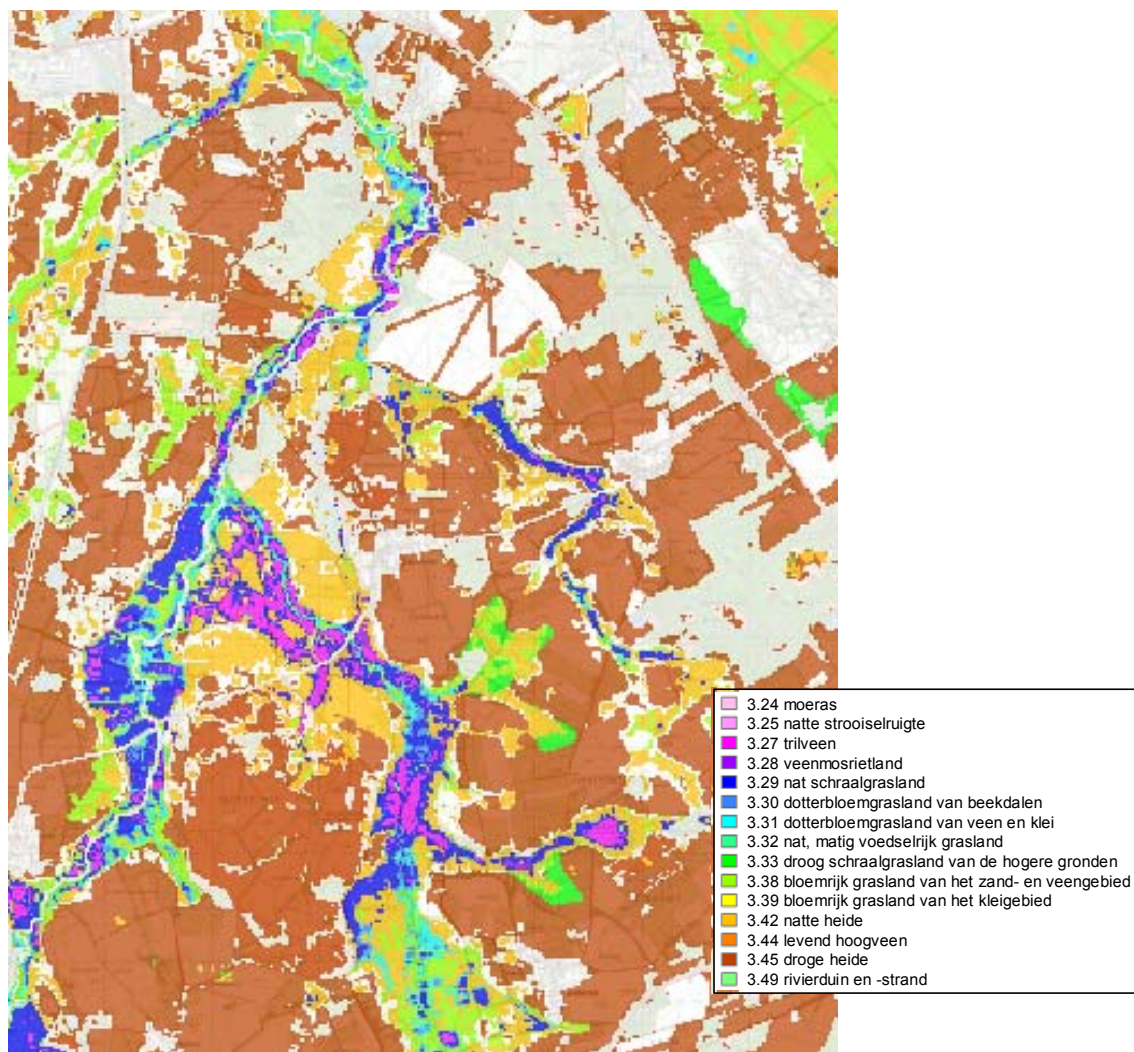
UITVOERBESTANDEN

- voorspelde standplaatscondities: droogtestress, voedselrijkdom en zuurgraad (inclusief onderverdeling naar zuurgraad afgeleid uit bodemeigenschappen, uit berekende regionale kwel en uit geschatte lokale kwel).
- potentiële kansrijkdom van 26 natuurdoeltypen voor elke afzonderlijke standplaatsfactor (GVG, GLG, droogtestress, zuurgraad en voedselrijkdom)
- overall potentiële kansrijkdom van 26 natuurdoeltypen op basis van de standplaatsfactoren en de vegetatiestructuur.
- natuurdoeltype met de hoogste potentiële kansrijkdom binnen elke modelcel.

Ter illustratie is in Figuur 5-1 is de hoogste potentiële kansrijkdom voor natuurdoeltypen van kruidachtige vegetaties weergegeven voor het centrale deel van de Drentsche Aa. Voor dit gebied is in MIPWA op basis van aanvullende lokale informatie de hydrologische schematisatie in de natuurgebieden van de beekdalen aangepast.

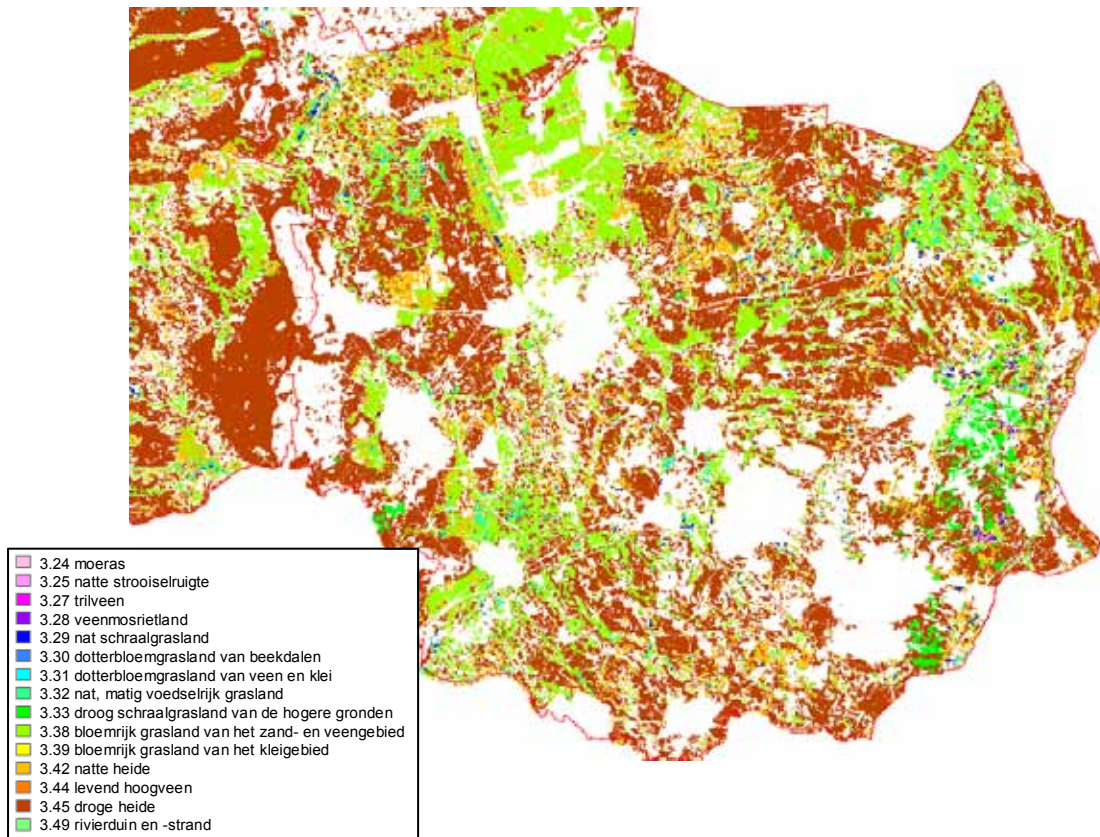
Tevens is in Figuur 5-2 de hoogste potentiële kansrijkdom voor natuurdoeltypen van kruidachtige vegetaties weergegeven voor het beheergebied van Waterschap Regge & Dinkel, voor twee hydrologische situaties: a) kansrijkdom gebaseerd op huidige situatie, hydrologisch model, en b) kansrijkdom gebaseerd op referentiegrondwaterstanden volgens de historische grondwaterkaart.

FIGUUR 5-1 HOOGSTE POTENTIËLE KANSRIJKDOM VOOR NATUURDOELTYPEN VAN KRUIDACHTIGE VEGETATIES IN HET CENTRALE DEEL VAN DE DRENTSCHE AA

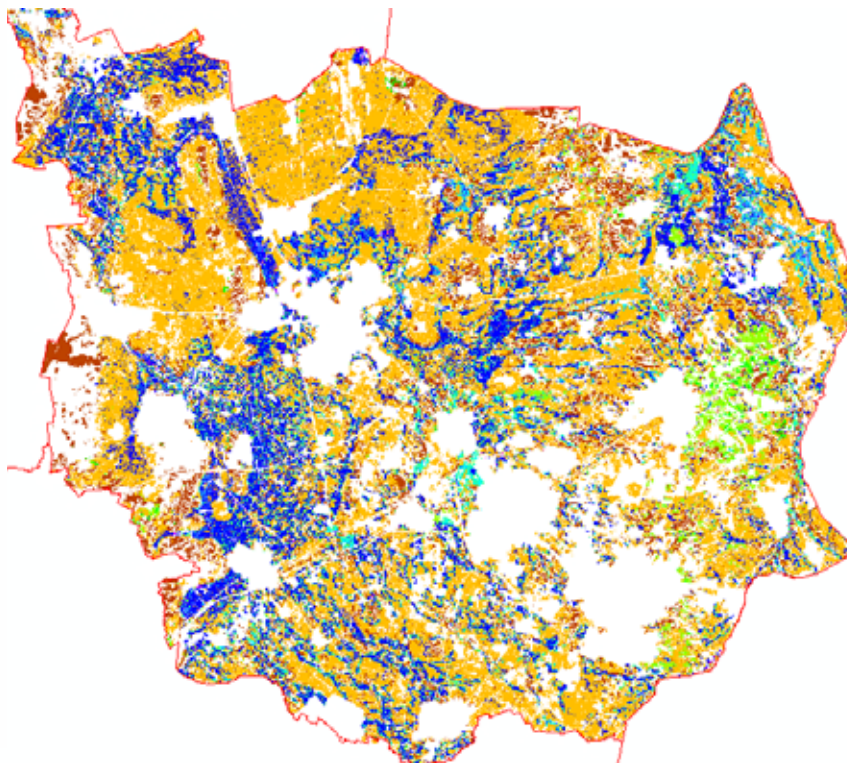


FIGUUR 5-2 HOOGSTE POTENTIËLE KANSRIJKDOM VOOR HET BEHEERGEBIED VAN WATERSCHAP REGGE & DINKEL

A. KANSRIJKDOM GEBASEERD OP HYDROLOGISCH MODEL



B. KANSRIJKDOM GEBASEERD OP HISTORISCHE GRONDWATERKAART



Een belangrijke beperking van de nu vervaardigde kansrijkdomkaarten is dat wordt uitgegaan van de huidige hydrologische condities, die veelal zijn afgestemd op landbouwkundig gebruik. Daardoor worden de potenties voor natuurontwikkeling onderschat. Dat kan worden afgelezen uit de bovenste kaart uit Figuur 5-2 (huidige hydrologie), die in de vergelijking met de onderste kaart (geschatte historische grondwaterstanden) geringe potenties aangeeft. Beide kaarten samen geven een indicatie van de mogelijke potenties. De potenties bij de huidige grondwaterstanden geven aan wat minimaal mogelijk is, en de potenties bij de historische grondwaterstanden wat maximaal mogelijk.

6

CONCLUSIE, DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN

Op basis van de toetsingsresultaten is gebleken dat de Kansrijkdommodule Waternood goed bruikbaar is voor de voorspelling van de potentiële plantengroei in beekdalen en hogere, droge gronden. Toetsing van de modelresultaten was niet voor alle situaties mogelijk omdat in sommige gebieden de grondwaterstanden niet correct worden berekend, of geen natuurlijke vegetaties voorkomen die kunnen worden gebruikt om de juistheid van voorspelde vegetatiepatronen te toetsen. Dat laatste speelt met name een rol in de laagveen- en klei-gebieden, waar alleen recent ontwikkeld natuur op voormalige landbouwgronden voor komt.

Een betrouwbare ecologische voorspelling stelt hoge eisen aan de uitkomsten van hydrologische modellen. Afwijkingen in de grondwaterstand van enkele decimeters leiden tot grote verschillen in de kansrijkdom van grondwaterafhankelijke vegetatietypen. De ervaring leert dat de meeste hydrologische modellen niet zonder meer geschikt zijn voor ecologische toepassingen. Een validatie op basis van een vergelijking tussen voorspelde en waargenomen vegetatiepatronen blijkt een krachtig hulpmiddel om te bepalen op welke punten modelaanpassingen nodig zijn, en zou volgens ons standaard onderdeel moeten zijn in het opzetten van een hydro-ecologisch modelinstrumentarium.

Een aandachtspunt is de modellering van de zuurbuffering door kwel. In hydrologische, bodemchemische en ecologische modellen wordt uitgegaan van heel verschillende concepten en definities van kwel, waardoor de resultaten uit de verschillende modellen niet goed op elkaar aansluiten. De vertaling van kweldruk over een hydrologisch scheidende bodemlaag naar de kwel naar de wortelzone is onontbeerlijk voor een betrouwbare uitspraak van de zuurbuffering. In onderhavige studie is deze vertaling buiten het hydrologisch model uitgevoerd, met behulp van een post processor. Het verdient de voorkeur om in hydrologische modellen direct de kwel naar de wortelzone te berekenen, omdat dan direct gebruikt gemaakt kan worden van de geohydrologische schematisatie van het gebied, in plaats van toepassing van generieke informatiebronnen. In hoeverre dit leidt tot een beter resultaat is evenwel op voorhand niet te zeggen.

Verdere verbetering van de voedselrijkdom-modellering in (potentieel) voedselarme natte, kwelgevoede ecosystemen vergt zowel proceskennis als vlakdekkende informatie over onder meer overstromingen (actuele en historische aanvoer van nutriënten en slib), nutriëntenlast door historisch landgebruik (bemesting, versterkte mineralisatie), aanvoer van eutroof grondwater en veranderde beschikbaarheid bij verandering redoxpotentiaal.

Een belangrijke inhoudelijke verbetering van de ecologische berekeningen in de kansrijkdommodule is mogelijk door de vervanging van huidige expertregels over de zuurgraad in kwelsituaties door reprofuncties afgeleid uit een model waarin zowel bodemchemische als de hydrologische processen realistisch worden gemodelleerd. Met name de afname van infiltratie van regenwater in langdurig met grondwater verzadigde bodems kan leiden tot een andere zuurbuffering via grondwater dan momenteel is afgeleid uit het SMART-model.

De kansrijkdommodule is nu gebruikt voor het maken van kansrijkdomkaarten. Deze kaarten hebben echter grote beperkingen. De berekende kanskaarten gaan uit van de huidige, op de landbouw afgestemde hydrologie met een landgebruik conform natuurbeheer. In de praktijk zal bij natuurbeheer in grondwaterafhankelijke ecosystemen eveneens de afvoer van grondwater via het oppervlaktewatersysteem worden herzien. De kanskaarten geven derhalve een onderschatting van de daadwerkelijke mogelijkheden voor natuur. Zodra de verbeteringen in het hydrologisch instrumentarium generiek zijn doorgevoerd, wordt daarom aanbevolen om kanskaarten op te stellen op basis van een referentiesituatie of een haalbaar geacht vernattingsscenario. De voornaamste toepassing van de kansrijkdommodule ligt ons inziens niet in het maken van kansrijkdomkaarten, maar in het doorrekenen van hydrologische scenario's die worden gebruikt voor de bepaling van het gewenste grond- en oppervlaktewaterregime.

7

LITERATUUR

- Bal, D., Beije, H.M., Fellingner, M., Haveman, R., Opstal, A.J.F.M. van & Zadelhoff, F.J. van (2001). Handboek natuurdoeltypen; 2e geheel herz. ed. EC-LNV, 2001. Rapp. EC-LNV 2001/020. Wageningen.
- Brouwer, F., H.L. Boogaard & R.C.M. Merkelbach, 2003. Waterkansenkaarten voor de functie landbouw. Een methode voor het vaststellen van geschiktheden en kwetsbaarheden van relevante gewasteelten voor Noord Nederland. Rapport 692. Alterra, Wageningen.
- Cirkel, D.G., 2003. Neerslaglenzen in natte natuurgebieden, een modelstudie naar vorm en functioneren van neerslaglenzen in blauwgraslanden en trilvenen. Afstudeerscriptie Wageningen Universiteit, Wageningen.
- Delft, S.P.J. van, J.P. Mol-Dijkstra, P.C. Janssen en J. Kros, 2004. Reprofuncties voor de voorspelling van de zuurgraad ten behoeve van ecohydrologische modellering en geschiktheidsbeoordeling. Rapport 1103. Alterra, Wageningen.
- Eggelsman, R., 1981. Oekologische Aspekte von antropogen beeinflussten und unbeeinflussten Mooren Norddeutschlands. Universität Oldenburg, Bremen.
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries (1991). De vegetatieontwikkeling van beekdalsystemen. Een landschapsoecologische studie van enkele Drentse beekdalen. (Proefschrift). Historische uitgeverij Groningen.
- Gaast, J.W.J. van der en L.C.P.M. Stuyt, 2000. Drainagevergunningen. Methodiek voor de beoordeling van aanvragen voor de aanleg van buisdrainage. Alterra-rapport 12Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- Gaast, J.W.J. van der en H. Th. L. Massop, 2003. Spreidingslengte voor het beheersgebied van waterschap Veluwe, Een maat voor het bufferzone beleid. Alterra-rapport 653, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- Genuchten, M. Th. van, 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:892-898.
- Hoek, D. van der, S.P.J. van Delft, R.H. Kemmers, J.P. Mol-Dijkstra, P.W.F.M. Hommel, R. de Waal & A. Corporaal, 2008. De regulatie van de zuurhuishouding in de bodem van grondwaterafhankelijke vegetaties. Rapport 1675, Alterra Wageningen.
- Hoogewoud, J. (2009). GWNatura2000; Verbeteringen aan het regionale grondwatermodel MIPWA ten behoeve van Natura2000 toepassingen – deel 1: aanpassing van de grondwaterstanden in de Drentsche Aa. Deltares, Utrecht.
- Houben, J.M.M.Th, 1979. Bodemgesteldheid en diepte van beworteling. Rapport 1459, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Immerzeel, C.H. van, Vegter, U. en P.P. Schot, 1996. Toepassing van een neerslaglenzenmodel bij hydro-ecologische herstelprojecten; in: H,O, jrg 26, nr 10, pag 293-296.

- Jansen, A.J.M., A.P. Grootjans, R.H.Kemmers & G. van Wirdum (2000): Veenvormende vegetaties in de Drentse Aa. Advies Deskundigenteam natte Schraallanden. KIWA-rapport, KOA-rapport 00.132, 44pp.
- Jansen, P.C., 1994. Verdamping van korte vegetaties in natte natuurgebieden H2O (28) 1995, nr. 15.
- Jansen, P.C., F. de Vries en J. Runhaar, 1999. Grondwaterkarakteristieken van bodemeenheden. Het oorspronkelijke grondwaterregime ontleend aan bodemkenmerken. Rapport 694. Staring Centrum, Wageningen.
- Jansen, P.C. en J. Runhaar, 2001. Droogtestress als functie van grondwaterstand en bodemtype, Rapport 367, Alterra, Wageningen.
- Kemmers, R.H. (1990). Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren en korte vegetaties. De stalenmethode. DLO-Staring Centrum, rapport 64.1. Wageningen.
- Klijn, F., J. Runhaar & M. van 't Zelfde, 1997. Ecoseries-2.1: verbetering en operationalisatie van een classificatie van ecoseries voor DEMNAT-2.1, DEMNAT-2.1 rapport 2, RIZA nota 96.060, Lelystad, ISBN 903695021x
- Koerselman, W. & B. Beltman, 1988. De verdamping van moerasvegetaties, H2O (21) 1988, nr. 8.
- Kros, J., G.J. Reinds, W. de Vries, J.B. Latour en M.J.S. Bollen, 1995. Modelling of soil acidity and nitrogen availability in natural ecosystems in response to changes in acid deposition and hydrology. Wageningen, SC-DLO Report 95.
- Locher, W.P. & H. de Bakker (1990) Bodemkunde van Nederland, Malmberg Den Bosch
- Moors, E., J.N.M. Stricker and G.D. van de Abeele, 1995. Evapotranspiration of cut-over bog covered by *Molinia Caerulea*. Report Department of water resources, Wag. Agric.Univ.
- Poot, A. & P. Schot, 2000. Neerslaglenzen: vorm en dynamiek, Stromingen 6 nr 4.
- Raat, G.A. de, 1999. Neerslaglenzen in kwelgebieden SWI 99.157 Kiwa N.V. Nieuwegein.
- Runhaar, J., 1989. Toetsing van het ecotopensysteem 2: Rapportage van het veldwerk. CML-mededeling 48b. Centrum voor Milieukunde, Leiden.
- Runhaar J., J.C. Gehrels, G. van der Lee, S.M. Hennekens, W. Wamelink, W. van der Linden en P.G.B. van der Louw, 2002. Doelrealisatie natuur. Waterlood-rapport deel 5. STOWA, Utrecht, rapport 2002-26.
- Runhaar, J., G.W.W. Wamelink, S.M. Hennekens en J.C. Gehrels, 2003. Realisatie van natuurdoelen als functie van de hydrologie. Landschap 20(3): 143-153.
- Runhaar, J. en S.M. Hennekens, 2005. Hydrologische randvoorwaarden natuur versie 2. Gebruikershandleiding bij applicatie Hydrologische Randvoorwaarden Natuur versie 2 die wordt verspreid via de website www.synbiosys.alterra.nl/waternood/.
- Runhaar, J., H.L. Boogaard, S.P.J van Delft en S. Weghorst, 1999. Natuurgericht Landevaluatie-systeem (NATLES). Rapport 704. Staring Centrum, Wageningen.
- Runhaar, J., H. Kuijpers, H.L. Boogaard, P.C. Jansen en E.P.A.G. Schouwenberg 2003. Natuurgericht Landevaluatiesysteem (NATLES) versie 2.1. Alterra-rapport 550. Alterra Wageningen.
- Runhaar, J. en S.M. Hennekens, 2005. Hydrologische randvoorwaarden natuur. Gebruikershandleiding bij applicatie Hydrologische Randvoorwaarden Natuur versie 2 die wordt verspreid via de website www.synbiosys.alterra.nl/waternood/

- Runhaar, J., J. Clement, P.C. Jansen, S.M. Henekens, E.J. Weeda, G.W.W. Wamelink en E.P.A.G. Schouwenberg, 2005. Hotspots floristische biodiversiteit. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-rapport 9.
- Runhaar, J., P.C. Jansen, H. Timmermans, F.P. Sival en W.C. Knol, 2003. Historische waterhuishouding en historisch grondgebruik in het waterschap Regge en Dinkel. Rapport 801. Alterra, Wageningen.
- Runhaar, J. & J.P.M. Witte, 2006. Waterlood natuur-terrestrisch versie 3. Voorstudie naar uitbreiding module natuur-terrestrisch. Rapport 2006-22. Stowa, Utrecht.
- Runhaar, J. (2010 in prep). Invloed grondwaterstanden op standplaatscondities en vegetaties. KWR, Nieuwegein.
- Schipper, P.C. & J.G. Streefkerk, 1993. Van stroomdal naar droomdal. Integratie van hydrologisch en oecologisch onderzoek ten behoeve van het beheer in de Drentse A. Staatsbosbeheer Driebergen, afdeling Terreinbeheer.
- Schot, P.P., S.C. Dekker & A. Poot, 2004. The dynamic form of rainwater lenses in drained fens, *Journal of Hydrology* 293: 74-84.
- Schouwenaars, J.M., 1993. De verdamping van pijpestrootje (*Molinia caerulea*) en veenmos (*Sphagnum papillosum*) in hoogveengebieden en haar betekenis voor het waterbeheer, *H2O* (26) 1993, nr. 14.
- Sluijs, P. van der, 1987. Grondwatertrappen. In: W.P. Locher en H. de Bakker (eds), *Bodemkunde van Nederland I: Algemene bodemkunde*. Malmberg, Den Bosch.
- Verweij, P.J.F.M., 2005. OSIRIS Manual. Working Paper 2005-16. Wageningen Software Labs BV, Wageningen University & Research Centre.
- Walsum, P.E.V. van, P.F.M. Verdonschot & J. Runhaar, 2001. Effects of climate and land-use change on lowland stream ecosystems. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change, Report no 410.200.067. RIVM, Bilthoven.
- Witte, J.P.M., M. de Haan, B. Raterman & C. Aggenbach, 2006. PROBE — Versie 1: effecten van grondwaterbeheer, atmosferische depositie, maaien en plaggen. Kiwa rapport KWR 06.036, Nieuwegein.
- Witte, J.P.M., 2004. Waterkansenkaart Natuur. Voorstel voor een methode. Rapport KW 04.079. KIWA, Nieuwegein.
- 't Zelfde, M. F. van, de Vries, W. Tamis en F. Klijn, 1997. Vertaaltabellen bodem voor MOZART-SMART-DEMNET.

BIJLAGE 1

AFLEIDING ZUURGRAAD UIT DE ECOSERIE-KANSRIJKDOMTABELLEN

Voor de bepaling van de zuurgraad onder infiltratie-omstandigheden wordt gebruik gemaakt van de tabel 'zuurin' uit Natles versie 2.1. Deze tabel is primair opgezet voor toepassing in hoog-Nederland en is als gevolg daarvan niet voldoende gedifferentieerd waar het gaat om in laag-Nederland voorkomende klei- en leemgronden. Daarom is besloten de tabel verder uit te breiden zodanig dat deze in heel Nederland toepasbaar is.

Een van de bronnen die is gebruikt bij deze uitbreiding is de ecoserie-indeling door Klijn et al. (1997). Door Klijn zijn alle bodemtypen ingedeeld naar 46 ecologische relevante bodemeenheden, de ecoserie-bodem. Per combinatie van ecoserie-bodem, grondwatertrap en aanwezigheid kwel/infiltratie wordt in de bijbehorende ecoserie-kansrijkdomtabellen aangegeven wat de kans is op het voorkomen van bepaalde standplaatstypen, uitgaande van een min of meer natuurlijke beheer zonder bemesting (figuur 1). Hieruit kan worden afgeleid wat gemiddeld genomen de zuurgraad is op deze bodemeenheden. Voor de bepaling van de zuurgraad is uitgegaan van de meest recente versie van de ecoserie-kansrijkdomtabellen uit het project 'Hotspots Floristische Biodiversiteit' (Runhaar et al. 2005).

FIGUUR 1
VOORBEELD KANSRIJKDOMTABEL ECOSERIES WAARIN PER ECOSERIE_BODEMTYPE EN PER GRONDWATER- EN KWELKLASSE WORDT AANGEGEVEN WELKE STANDPLAATSTYPEN TE VERWACHTEN ZIJN, IN EN SCHAAL VAN '+' (MOGELIJK) TOT 5 (VRIJWEL ALTIJD AANWEZIG BINNEN ECOSERIES BEHORENDE TOT HET ECOSERIETYPE)

Ecoserie_bodem: kalkloze zandgronden met een dunne bovengrond

Gwt: kwel:

	zoet						brak	zilt	
	voedselarm			matig voedselrijk					zeer vr
	zuur	zw zr	bas	(zw) zr	bas	-			
water	+	1	+	2	2	2	+	-	-
nat	2	3	+			2	+	-	-
vochtig	+	+	+	+	-	+	+	-	-
droog	-	-	-			-	-	-	-

Ga naar ecoserie_bodem type:

Record: van 698

Om een vergelijking uit te kunnen voeren met de voorspelde zuurgraad in infiltratie-omstandigheden volgens NATLES dienen de bodemtypen op de 1:50.000 bodemkaart te worden ingedeeld naar ecoserie-bodemtype. Daarvoor is gebruik gemaakt van de vertaaltabel van Van 't Zelfde et al (1997). In de vertaaltabel echter zitten fouten bij de indeling in veengronden waardoor eutrofe veengronden en bodemcomplexen uit beekdalen (bijvoorbeeld ABv) zijn ingedeeld bij oligotroof veen (Runhaar et al. 2005). Hiervoor is gecorrigeerd, gebruik makend van een omzettingstabel uit het Hotspots-project.

In Tabel 1 is voor ecoseries zonder kwel en met matig diepe grondwaterstanden per ecoserie_ bodem eenheid aangegeven welk deel van de aangegeven standplaatstypen correspondeert met resp. zure, zwak tot matig zure en neutraal tot basische standplaatsen, met in de laatste kolom de daaruit afgeleide zuurgraadklasse volgens de in NATLES gebruikte zuurklasse-indeling.

TABEL 1 INDELING ECOSERIE_BODEMS NAAR ZUURGRAAD

Ecoserie_bodem		% zuur	% zwuur	% bas	zuurklasse
101	primair oligotroof niet veraard veen	93	3	1	1
102	primair oligotroof veen	77	5	1	1
104	primair meso-eutroof veen	4	4	4	4
105	primair meso-eutroof veen met zanddek	3	7	4	2
108	veen met kleidek	0	3	4	4
110	veen op zand	18	16	3	2
111	veen op zand met zanddek	18	16	3	2
201	kalkloze en kalkarme lichte klei en zavel	0	0	4	4
202	kalkloze en kalkarme lichte klei en zavel op zand	0	0	4	4
203	kalkloze en kalkarme zware klei	0	0	21	4
204	kalkhoudende en kalkrijke lichte klei en zavel	0	0	98	7
205	kalkhoudende en kalkrijke lichte klei en zavel op zand	0	0	98	7
206	kalkhoudende en kalkrijke zware klei	0	0	95	7
207	kalkloze en kalkarme lichte klei en zavel op veen	0	0	4	4
208	kalkloze en kalkarme zware klei op veen	0	0	16	4
209	moerige zeeklei	0	0	6	4
210	kalkarme kalkverweringsgronden	2	58	7	5
211	kalkrijke kalkverweringsgronden	0	3	96	7
212	oude sterk verweerde kleigronden	47	36	3	2
213	oude en sterk verweerde kleigronden met zanddek	46	36	4	2
214	kalkloze en kalkarme zware klei op zand	0	0	20	4
215	kalkhoudende en kalkrijke zware klei op zand	0	0	95	7
230	buitendijkse kleigronden langs zoete wateren	0	0	67	6
231	buitendijkse kleigronden langs zoute wateren				7
301	moerige zandgronden	46	17	3	2
303	moerige zandgronden met kleidek	0	3	4	4
304	kalkloze zandgronden met eerdlaag of matig dik humeus pakket	48	37	1	2
306	kalkhoudende zandgronden met eerdlaag of matig dik humeus pakket	0	16	50	6
307	kalkloze zandgronden met een dunne bovengrond	91	5	1	1
309	lemige kalkloze zandgronden met een dunne bovengrond	91	5	1	1
310	kalkhoudende zandgronden met een dunne bovengrond	0	17	70	6
311	lemige kalkhoudende zandgronden met een dunne bovengrond	0	16	70	6
312	kalkloze humeuze zandgronden	94	4	1	1
313	lemige kalkloze humeuze zandgronden	90	7	1	1
314	kalkloze zandgronden zonder bovengrond	88	9	1	1
315	lemige kalkloze zandgronden zonder bovengrond	88	9	1	1
316	kalkarme zandgronden zonder bovengrond	4	46	47	6
317	kalkhoudende zandgronden zonder bovengrond	0	8	91	7
318	kalkloze zandgronden met kleidek	0	3	6	4
320	kalkhoudende zandgronden met kleidek	0	2	51	6
330	buitendijkse zandgronden langs zoete wateren	0	3	52	6
331	buitendijkse zandgronden langs zoute wateren	0	16	68	6
401	grindgronden	92	3	2	1
501	kalkarme loessgronden	0	16	23	5
502	kalkhoudende loessgronden	0	3	81	7

TABEL 2 ZUURGRAADINDELING PER FUNCTIONELE BODEMEENHEID VOOR RESPECTIEVELIJK LANDBOUW- EN NATUURGEBIEDEN. AANGEGEVEN ZIJN DE CORRESPONDERENDE FUNCTIONELE BODEMEENHEDEN UIT NATLES EN ECOSERIE-BODEM EENHEDEN UIT DEMNAT. VOOR BETEKENIS CODES ZUURKLASSE ZIE TABEL 2 1

Functioneel bodemtype zuurgraad-infiltratie		Funcbod Natles	Ecoserie bodem	Zuurklasse landbouw	Zuurklasse natuur
101	primair oligotroof niet veraard veen		V01	3	1
102	primair oligotroof veen		V02	3	1
103	primair oligotroof veen met zanddek			3	1
104	primair meso-eutroof veen		V04	5	2
105	primair meso-eutroof veen met zanddek		V05	4	2
108	veen met kleidek		V08	5	4
110	veen op zand		V10	4	2
111	veen op zand met zanddek		V11	4	2
201	kalkloze en kalkarme lichte klei en zavel		K01	5	4
202	kalkloze en kalkarme lichte klei en zavel op zand		K02	5	4
203	kalkloze en kalkarme zware klei		K03	5	4
204	kalkhoudende en kalkrijke lichte klei en zavel		K04	7	7
205	kalkhoudende en kalkrijke lichte klei en zavel op zand		K05	7	7
206	kalkhoudende en kalkrijke zware klei		K06	7	7
207	kalkloze en kalkarme lichte klei en zavel op veen		K07	5	4
208	kalkloze en kalkarme zware klei op veen		K08	5	4
209	moerige zeeklei		K09	5	4
210	kalkarme kalkverweringsgronden		K10	5	5
211	kalkrijke kalkverweringsgronden		K11	7	7
212	oude sterk verweerde kleigronden		K12	4	2
213	oude en sterk verweerde kleigronden met zanddek		K13	4	2
214	kalkloze en kalkarme zware klei op zand		K14	5	4
215	kalkhoudende en kalkrijke zware klei op zand		K15	7	7
301	Moerige zandgronden	200		5	2
302	Moerige zandgronden met een kleidek	210		5	4
305	moerige podzolgronden			4	1
310	Moderpodzolgronden	310		5	1
320	Humuspodzolgronden	320		5	1
321	Humuspodzolgronden in grof zand	321		3	1
330	Hoge enkeerdgronden	330		3	1
335	Lage enkeerdgronden	335		5	3
340	Kalkloze zandgronden	340		5	1
341	Kalkloze zandgronden met een kleidek	341		6	4
350	Kalkhoudende zandgronden	350		7	7
351	kalkhoudende zandgronden met een kleidek			7	6
400	leemgronden	400		0	0
410	brikgronden	410		6	4
420	tuineerdgronden in leem	420		5	3
430	poldervaaggronden in leem	430		5	4
440	ooivaaggronden in leem	440		7	5
501	grindgronden		G01	1	1

In de uiteindelijke indeling van functionele bodemeenheden naar zuurgraad zijn bovenstaande zuurgraadindelingen niet zonder meer over genomen. Zo is bij 'primair meso-eutroof veen' uitgegaan van een lagere zuurgraad onder infiltratie-omstandigheden, omdat hier in de ecoserie-kansrijkdomtabellen impliciet wordt rekening gehouden met buffering door zijdelings indringend oppervlaktewater, die in de kansrijkdommodule wordt behandeld als een vorm van lokale kwel.

