

Verdrogingskartering in natuurgebieden

Verdrogingskartering in natuurgebieden

Proefkartering Beekvliet

S.P.J. van Delft

J. Holtland

J.R. Runhaar

P. Mekking

P.C. Jansen

Alterra-rapport 566.2

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002
Staatsbosbeheer, Driebergen, 2002

REFERAAT

Delft, S.P.J. van, J. Holtland, J.R. Runhaar, P. Mekking, P.C. Jansen, 2002. *Verdrogingskartering in natuurgebieden; Proefkartering Beekvliet*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte; Driebergen, Staatsbosbeheer. Alterra-rapport 566.2. 108 blz.; 20 fig.; 4 tab.; 32 ref.

In dit rapport is, voor het proefgebied Beekvliet, een methode uitgewerkt om de mate van verdroging voor middelgrote natuurgebieden (enkele honderden ha) vast te stellen. Door een combinatie van een hoogtekarte, een bodemkarte, profielbeschrijvingen en grondwaterstandsmetingen in 171 boorgaten en in 18 peilbuizen zijn kaarten afgeleid van de GHG, GVG en GLG in een niet verdroogde referentieperiode en de actuele toestand. Tevens is voor beide periode de kwelkans bepaald. Door vergelijking van deze kaarten is de mate van verdroging afgeleid. Op basis van vegetatiekaarten is voor een deel van het gebied een indicatie voor de GHG en GLG bepaald. Voor toekomstige verdrogingskarteringen wordt een combinatie van interpretatie van vegetatiegegevens en abiotische gegevens voorgesteld.

Trefwoorden: verdroging, bodem, grondwater, vegetatie, natuur

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 27,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 566.2. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

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

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

Inhoud

Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	19
1.1 Doelstelling en achtergrond	19
1.2 Opzet van de verdrogingskartering en indeling van het rapport	21
1.3 Begrippenkader	21
2 Gebiedbeschrijving	23
2.1 Gebiedsbegrenzing	23
2.2 Geologie	24
2.2.1 Dekzanden en Fluvioperiglaciale afzettingen	25
2.2.2 Holocene	25
2.3 Bodem	25
2.4 Hydrologie	28
3 Materiaal en methode	31
3.1 Methode op hoofdlijnen	31
3.2 Gegevensverzameling	33
3.2.1 Basisgegevens	33
3.2.2 Selectie peilbuizen	34
3.2.3 Veldwaarnemingen	34
3.2.3.1 Waarnemingen in boorgaten	34
3.2.3.2 Kartering kwelverschijnselen	35
4 Referentie grondwaterregime	37
4.1 Grondwaterstanden	37
4.1.1 Referentie grondwaterstanden volgens de Brabantse methode	37
4.1.1.1 Correctie voor veldschattingen	42
4.1.2 Referentiegrondwaterstanden door interpolatie van veldschattingen	43
4.1.3 Vergelijking van de methoden	45
4.1.4 Resultaten Referentie grondwaterstanden	46
4.2 Kwelkansen	47
4.2.1 Methode voor het bepalen van de kwelkansen	47
4.2.2 Referentie kwelkansen	47
4.2.2.1 Kwelkansen voor bodemeenheden	47
4.2.2.2 Historisch grondgebruik	48
4.2.2.3 Profielkenmerken in boorpunten	50
5 Actuele grondwaterregime	51
5.1 Actuele grondwaterstanden	51
5.1.1 Methode voor het bepalen van actuele grondwaterstanden	51
5.1.1.1 Tijdreeksanalyse voor peilbuizen	51
5.1.1.2 Voorspelling GXG in boorgaten	52
5.1.1.3 Interpolatie tussen boorgaten	53

Kaarten, bijgeleverd op CD-ROM

- 1 Overzichtskaart
- 2 Bodemkaart
- 3 Historisch grondgebruik
- 4 Hoogtekaart
- 5 Locaties peilbuizen en Boorpunten
- 6 Kartering kwelverschijnselen
- 7a Referentie GHG
- 7b Referentie GVG
- 7c Referentie GLG
- 7d Referentie kwelkansen
- 8a Actuele GHG
- 8b Actuele GVG
- 8c Actuele GLG
- 8d Actuele kwelkans
- 9a Verandering GHG
- 9b Verandering GVG
- 9c Verandering GLG
- 9d Verandering kwelkans
- 10 Beoordeling meetdichtheid
- 11a Vegetatieindicatie GHG
- 11b Vegetatieindicatie GLG
- 12 Vergelijking GXGveg - GXGidw

Woord vooraf

Omdat bij terreinbeherende instanties behoefte is aan een goede afstemming van de methodiek voor verdrogingskartering op verschillende schaalniveaus en bij verschillende terreingrootte is door Alterra, in samenwerking met verschillende partners een tweetal proefkarteringen uitgevoerd. In het voor u liggende rapport wordt verslag gedaan van de kartering die uitgevoerd is in het landgoed Beekvliet in de Gelderse Achterhoek. In opdracht van Staatsbosbeheer heeft Alterra een kartering uitgevoerd op basis van abiotische standplaatskenmerken (bodem en grondwater). Tegelijkertijd is door Staatsbosbeheer een interpretatie gemaakt van bestaande vegetatiekaarten waarbij de voorkomende vegetatietypen vertaald zijn naar een indicatie voor GHG en GLG. Beide karteringen worden in dit rapport besproken.

Bij de opzet en uitvoering van het project is er overleg geweest tussen Alterra, Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten. Hierdoor hopen we een karteringsmethode ontwikkeld te hebben die voldoende antwoord geeft op de vragen die voor het terreinbeheer van belang zijn. Zoals uit het rapport mag blijken, kan de methode op een aantal punten nog verbeterd worden, maar biedt deze goede mogelijkheden om de verdroging van een natuurgebied vlakdekkend in kaart te brengen.

Bij de uitvoering van dit project zijn diverse mensen betrokken geweest. Het veldwerk is grotendeels uitgevoerd door Peter Mekkink. De tijdreeksanalyse van de grondwaterstanden in peilbuizen is uitgevoerd door Peter Jansen en de voorspelling van GXG-waarden in de boorgaten door Jan Cees Voogd. Bas van Delft heeft de verdere verwerking van de bodem- en grondwatergegevens, het GIS-werk en het grootste deel van de rapportage uitgevoerd. Binnen Alterra is het project inhoudelijk begeleid door Han Runhaar en Tom Hoogland. Dick Brus heeft in een aantal gevallen adviezen gegeven over statistische bewerking van gegevens. De interpretatie van de vegetatiekaarten en de rapportage daarover is uitgevoerd door Jan Holtland (Staatsbosbeheer).

Externe begeleiding is gegeven door Jan Streefkerk (Staatsbosbeheer) en Nicko Straathof (Natuurmonumenten).

Samenvatting

Inleiding

Bij de terreinbeherende instanties, waterschappen en provincies is behoefte aan inzicht in de mate van verdroging van natuurgebieden. In dit rapport wordt een methode gepresenteerd om de mate van verdroging vlakdekkend in kaart te brengen in kleinere en middelgrote terreinen (enkele ha tot enkele honderden ha).

Om de mate van verdroging af te kunnen leiden is vlakdekkende informatie nodig over het actuele grondwaterregime (AGR) en over het referentie grondwaterregime (RGR) waarmee het grondwaterregime beschreven wordt in een niet verdroogde referentieperiode. Door deze met elkaar te vergelijken is het mogelijk de verdroging vlakdekkend vast te stellen.

In het projectvoorstel zijn de volgende vragen geformuleerd:

- Welke informatie moet verzameld worden om voor middelgrote gebieden het referentie grondwaterregime (RGR) en het actuele grondwaterregime (AGR) vlakdekkend in kaart te kunnen brengen en daaruit de verdroging af te leiden.
- Wat is de optimale balans tussen het aantal peilbuizen in een gebied en het aantal tijdelijke meetpunten (boorgaten).
- Welke betrouwbaarheid is gewenst en haalbaar.
- Hoe verhouden de kaarten van het actuele grondwaterregime (AGR) en de verdroging zich ten opzichte van de uit de vegetatiekarteringen af te leiden kaarten van de vochttoestand.

In dit rapport is voor het proefgebied Beekvliet een aanpak uitgewerkt om bovenstaande vragen te beantwoorden.

Gebiedsbeschrijving

De verdrogingskartering omvat 186 ha van het object 'Beekvliet' bij Borculo (kaart 1).

De ondiepe ondergrond van het studiegebied bestaat tot 10 à 12 meter diepte voornamelijk uit dekzanden en fluvioperiglaciale afzettingen die behoren tot de Formatie van Twente. Het Pleistocene dekzandlandschap wordt bepaald door min of meer vlakke dekzandgebieden, met hoge ruggen van Jong dekzand. In de beekdalen komen ook Holocene afzettingen voor, die bestaan uit beekleem, broekveen en zeggeveen en behoren tot de Formatie van Singrave.

Op de hoogste dekzandruggen en koppen komen enkeerdgronden en laarpodzolgronden voor, en in de lage delen beekerdgronden en vlakvaaggronden (kaart 2). In het tussenliggende traject komen veldpodzolgronden voor. In enkele laaggelegen plekken komen broekerdgronden en een enkele veengrond voor.

Rond 1900 kwamen in Beekvliet op grote schaal natte gebieden voor, die door ontwatering grotendeels zijn verdwenen (kaart 3). De afwatering geschiedt in Noordelijke richting via enkele beken die deels nog dezelfde loop volgen als rond 1900 en via de Afwatering van Schuurman die in de loop van de 20^e eeuw is gegraven (kaart 1). Het gebied helt flauw van het Zuidzuidoosten naar het Noordnoordwesten, waardoor ook de belangrijkste grond- en oppervlaktewaterstromingen in die richting verlopen (kaart 4). In de laagste delen van Beekvliet komt regionale kwel voor. De betekenis van lokale kwel is beperkt.

Materiaal en methode

Voor het vaststellen van de RGR zijn twee verschillende methoden vergeleken. Bij de eerste methode (de 'Brabant methode') wordt de RGR afgeleid van referentiewaarden voor bodemeenheden, gecombineerd met een gedetailleerd hoogtebestand. De tweede methode gaat uit van in boorgaten geschatte waarden voor de RGR, die met behulp van hetzelfde hoogtebestand worden geïnterpoleerd. Voor de AGR is van één methode uitgegaan, die gebaseerd is op de voorspelling van GXG-waarden (GHG, GVG en GLG) in boorgaten aan de hand van gerichte metingen in boorgaten en peilbuizen. Deze voorspellingsmethode is ontwikkeld voor karteringen van de grondwaterdynamiek (Finke et al. 1999 en 2002). Deze voorspelde waarden zijn op vergelijkbare wijze geïnterpoleerd als bij de RGR. In een vergelijkbaar project is deze methode vergeleken met een kartering waarbij de AGR is afgeleid uit dezelfde voorspelde GXG-waarden, in combinatie met een groot aantal hulpvariabelen, waardoor met een minder dicht meetnet volstaan zou kunnen worden (Van Delft et al. 2002a).

Als basis hebben we gebruik gemaakt van de digitale bestanden van de Topografische kaart van Nederland, het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN, kaart 4) en de bodemkaart schaal 1 : 10 000 (kaart 2). Voor een deel van het gebied, waar geen 1 : 10 000 bodemkaart beschikbaar was hebben we gebruik gemaakt van de Bodemkaart 1 : 50 000.

In het grondwaterstandenarchief van NITG-TNO (DINO) hebben we een selectie gemaakt van 18 peilbuizen waarvan we de grondwaterstanden vanaf 1990 opgevraagd hebben (kaart 5).

In de periode van 7 augustus tot 4 september 2001 zijn 171 boringen verricht tot maximaal 180 cm – mv. (kaart 5) Hiervan zijn profielbeschrijvingen gemaakt. Na minimaal 1 dag is in de boorgaten de grondwaterstand gemeten, terwijl op dezelfde dag in de peilbuizen ook de grondwaterstand is gemeten. In februari 2002 zijn dezelfde gaten opnieuw uitgeboord en opgemeten. In een aantal boorgaten is de EGV gemeten.

In april 2002 is een kartering van zichtbare kwelverschijnselen uitgevoerd in alle waterlopen binnen Beekvliet, waarbij gelet is op roestneerslag op de bodem en het voorkomen van ijzerbacteriefilmpjes op het wateroppervlak (kaart 6). Op een aantal plaatsen is de EGV van het oppervlaktewater gemeten.

Referentie grondwaterregime

Voor het bepalen van de referentiegrondwaterstanden hebben we twee methoden vergeleken, de 'Brabantse methode' en een methode die is gebaseerd op het schatten van de referentiegrondwaterstand in boorgaten.

De 'Brabantse methode' is voor de provincie Noord-Brabant ontwikkeld door het Centrum voor Milieukunde Leiden en het TNO-Instituut voor Grondwater en Geo-energie (Van Ek et al., 1997). Op basis van referentiewaarden voor de GXG per bodemeenheid wordt een vlakdekkende voorspelling gedaan van de GXG in een niet verdroogde referentiesituatie. Omdat bij grenzen van bodemeenheden onnatuurlijke sprongen in het grondwaterstandsverloop zouden voorkomen en omdat het grondwaterstandsverloop vlakker is dan het maaiveld, is een vereffening toegepast volgens een methode die is ontwikkeld door Waterschap Reest en Wieden (Projectgroep GGOS en classificatie, 1999). Op de aldus verkregen kaarten is nog een correctie toegepast voor schattingen van de oude GXG die, op basis van de profielbeschrijvingen, gedaan zijn voor de boorgaten.

De tweede methode gaat uit van de hiervoor genoemde veldschattingen en de hoogtekaart. Door inverse afstand gewogen interpolatie (IDW) van de GXGoud ten opzichte van NAP is een vlakdekkende schatting gemaakt van de GXGref.

Uit vergelijking van de twee methodes blijkt dat de 'Brabantse methode' te weinig differentiatie weergeeft in de grondwaterstanden. Voor natte delen worden te droge standen voorspeld, en voor droge delen te ondiepe. Bij interpolatie van de schattingen in boorgaten lijkt de variatie beter tot uiting te komen. Daarom hebben we voor deze laatste methode gekozen (kaart 7a, 7b en 7c).

In de referentieperiode kwamen in het broekbos in het noorden, enkele veengronden langs de Visserij en het Stelkampsveld GHG-waarden aan of boven maaiveld voor, met een GLG tussen 15 en 50 cm – mv. Ook in de beekdalen kwam de GHG aan of boven maaiveld, terwijl de GLGref 80 tot 120 cm – mv. was (50 – 80 in de laagste plekken). In de dekzandgebieden varieerde GHGref van 15 tot 80 cm – mv en GLGref van 100 tot meer dan 200 cm – mv. In de hoge ruggen waren de grondwaterstanden dieper.

Voor een inschatting van de verbreiding van kwelgebieden in de referentiesituatie hebben we gebruik gemaakt van de bodemkaart en een tabel met kwelkansen bij verschillende bodemeenheden (Van Ek et al., 1997; Jansen et al., 1999; kaart 7d). De kwelkansen zijn vergeleken met het grondgebruik omstreeks 1900 en met profielkenmerken in de boorgaten die op (voormalige) kwel wijzen.

Volgens deze analyse kwam in de beekdalen vrijwel overal kwel voor, en in de dekzandruggen met podzol- en enkeerdgronden alleen infiltratie (kaart 7d). In de overgangsgebieden zijn de kwelkansen minder duidelijk. Het patroon van de gebieden met een hoge kwelkans komt grotendeels overeen met de (natte) graslanden en broekbossen rond 1900. Infiltratiegebieden vallen samen met bouwland, droge- en natte hei en bossen buiten de beekdalen. Ook het voorkomen van kalkrijke en

ijzerrijke lagen in de boorgaten komt goed overeen met de gebieden waar een hoge kwelkans is aangegeven.

Actuele grondwaterregime

Voor het bepalen van de actuele grondwaterstanden hebben we gebruik gemaakt van de gegevens van peilbuizen, weergegevens, metingen in boorgaten en de hoogtekaart.

Om klimaatonafhankelijke grondwaterkarakteristieken af te leiden voor de peilbuizen hebben we een tijdreeksanalyse uitgevoerd met het programma KALMAX uit het pakket VIDENTE (Bierkens & Bron, 2000). Daarbij hebben we grondwaterstandsmetingen in de peilbuizen gebruikt voor de periode van 1990 t/m 2000 en neerslaggegevens van de weerstations Rekken en Hupsel en verdampinggegevens van weerstation Twente vanaf 1970.

Op de dagen dat in de boorgaten gerichte metingen zijn verricht hebben we ook de peilbuizen opgemeten. Met deze gegevens zijn regressierelaties afgeleid waarmee de GXG in de boorgaten is voorspeld. Door inverse afstand gewogen interpolatie (IDW) van de GXG waarden ten opzichte van NAP tussen de boorgaten is deze voorspelling vlakdekkend toegepast.

Het oostelijk deel van Beekvliet is het droogste (kaart 8a, 8b en 8c). Afgezien van enkele lage plekken komt de GHG bijna nergens ondieper voor dan 60 cm – mv. Meestal is de GHG dieper dan 80 cm en onder de ruggen dieper dan 200 cm – mv. De GLG is in het oosten overal dieper dan 140 cm – mv. en onder de ruggen dieper dan 200 (300) cm – mv. In het westelijk deel komen nog wel natte gronden voor. In de natste delen komen nog GHG-waarden aan of boven maaiveld voor met een GLG tussen 15 en 60 cm – mv. In de beekdalen komen nauwelijks grondwaterstanden aan maaiveld voor en de GLG varieert van 70 tot 120 cm – mv.

Voor het bepalen van de actuele kwelkansen hebben we de kwelkansen zoals bepaald voor de referentiesituatie vergeleken met de waterkwaliteit in de boorgaten, de actuele GHG, de pH-KCl van de bovengrond en kwelverschijnselen in het oppervlaktewater. Op basis hiervan is vastgesteld wat de actuele kwelkans is. Hieruit blijkt dat de actuele kwel beperkt is tot de lage delen van de dalen van de Visserij en de Oude beek en Stelkampsveld, in een smalle strook om de vennen (kaart 8d).

Mate van verdroging

De veranderingen van de grondwaterstanden hebben we bepaald door de GXG in de referentieperiode af te trekken van de actuele GXG. Omdat de GVGref niet uit de boorgaten is af te leiden hebben we deze berekend met een formule die is afgeleid op basis van een groot aantal peilbuizen (Van der Sluijs, 1990). Voor een zinvolle vergelijking hebben we de GVGact op dezelfde wijze afgeleid.

In de natste delen van Beekvliet is een lichte vernatting opgetreden als gevolg van waterconservering (kaart 9a, 9b en 9c). De beekdalen zijn over het algemeen licht, en plaatselijk matig of sterk verdroogd, vooral voor de GHG (10 – 80 cm verlaging). De sterkste verdroging komt voor in het midden en oosten van Beekvliet, in de

omgeving van de afwatering van Schuurman. Over het algemeen is de oostelijke helft meer verdroogd dan de westelijke helft.

De verandering van kwelkans is op vergelijkbare wijze bepaald, door te berekenen hoeveel klassen de kwelkans veranderd is. In de beekdalen is de kwelkans over het algemeen sterk afgenomen (kaart 9d). In de lage delen van Stelkampsveld is de kwelkans toegenomen door het afgraven van gronden.

Effect meetdichtheden

Voor de planning van toekomstige verdrogingskarteringen is het van belang te weten hoeveel waarnemingen nodig zijn om een goede beoordeling van de verdroging te geven.

Het effect van het aantal peilbuizen op de voorspelling van de GXG is onderzocht door te berekenen hoe de standaardfout zou veranderen bij een variabel aantal peilbuizen. Deze blijkt sterk toe te nemen als het aantal peilbuizen kleiner is dan 10.

Om het effect van het aantal boorgaten op de geïnterpoleerde GXG-waarden te onderzoeken hebben we een kwalitatieve vergelijking van het kaartbeeld bij verschillende boordichtheden toegepast en een kwantitatieve benadering op basis van crossvalidatie.

Bij de vergelijking van het kaartbeeld blijkt dat verschillen zich vooral voordoen in de nattere delen, waar als gevolg van een geringere dichtheid de klasse ≤ 0 toeneemt ten kostte van de klassen 0 – 15 en 15 – 30 cm – mv. Dit komt omdat over grotere afstanden wordt geïnterpoleerd.

Bij crossvalidatie wordt de interpolatie net zo vaak herhaald als dat er boorpunten betrokken zijn in de interpolatie. Hierbij wordt steeds één boorpunt weggelaten uit de interpolatie. Voor dit punt wordt verschil (residu) bepaald tussen de geïnterpoleerde waarde en de voorspelde waarde in het punt (kaart 10). Deze residuen zijn voor verschillende boordichtheden vergeleken. Hieruit blijkt dat voor relatief vlakke delen de boordichtheid niet veel invloed heeft op de residuen. Bij reliëfrijke delen nemen de residuen sterk toe als de boordichtheid kleiner is dan 1 boring per 2,5 ha.

Door bij het plannen van de boringen het gebied eerst te stratificeren naar reliëfklassen, kan een variabele boordichtheid gehanteerd worden. In reliëfrijk terrein moet deze minimaal 1 boring per 2,5 ha bedragen, in vlakke gebieden zal de dichtheid afhankelijk moeten zijn van de grootte van een aaneengesloten vlak gebied en de diepte van het grondwater.

Vegetatieanalyse

Sinds 1988 laat Staatsbosbeheer gedetailleerde vegetatiekarteringen uitvoeren door ecologische adviesbureaus volgens een nauwkeurig geformuleerde systematiek. Op basis van deze karteringen kan een landschapsecologische analyse uitgevoerd worden die o.a. inzicht geeft in (grond-)waterstanden en -stromingen, zuurgraad en

trofieniveau. Voor Beekvliet zijn inmiddels twee van dergelijke karteringen beschikbaar uit 1991 en 1999.

De afgelopen jaren is een methodiek ontwikkeld om vegetatiekarteringen te interpreteren naar de meest sturende factoren (vochttoestand, zuurgraad en trofieniveau). In het kader van het meetnet verdroging is een dergelijke interpretatie uitgevoerd, waarbij voor de lokale vegetatietypen de GHG en de GLG is afgeleid. Op zich zijn dit niet de meest sturende factoren, omdat de vochttoestand op gronden met diepere grondwaterstanden ook bepaald wordt door bodemfysische eigenschappen van de bodem. Op natte standplaatsen kunnen soms ook andere variabelen dan de GXG, zoals topstanden meer bepalend zijn voor de vegetatie.

Voor de interpretatie is gebruik gemaakt van een aantal verschillende bronnen en hulpmiddelen:

- Interpretatie van het karterend bureau
- Indicatorenreeks Staatsbosbeheer en KIWA
- Interpretatie van Rossenaar et al., 1997
- Vegetatietypologie Staatsbosbeheer
- Project terreincondities Staatsbosbeheer
- Ellenberg

Door deze informatie deels digitaal en deels analoog te combineren is per lokaal type een zo nauwkeurig mogelijke inschatting gemaakt van de meest sturende waterstandsparameters die voor dit project zijn herleid tot GHG en GLG. Als een relatie met de GXG te onzeker is, is deze niet opgenomen.

Voor de typen waar deze inschatting gemaakt kon worden is op basis van de vegetatiekaart de GHG en de GLG in kaart gebracht.

Alleen de relatief natte delen van Beekvliet hebben een indicatie voor de GHG gekregen via de vegetaties. De waterstanden in de buurt van het maaiveld worden het scherpst geïndiceerd. De legenda is daarom in dat bereik het fijnst verdeeld (kaart 11a en 11b).

In tegenstelling tot de bodem vertellen veel vegetaties niet veel over het verleden. De meeste elzenbossen in Beekvliet hebben echter wel kenmerken die duiden op een natter verleden.

Om de interpretatie van de vegetatietypen zo betrouwbaar mogelijk te houden is kritisch gekeken naar de spreiding in het opnamemateriaal. Als een goede interpretatie van een type niet mogelijk was, is deze achterwege gelaten. Toch kunnen de gepresenteerde kaarten fouten bevatten die het gevolg zijn van fouten in de kartering, hetgeen achteraf moeilijk is vast te stellen. De betrouwbaarheid van de interpretaties is het grootst voor standen in de buurt van het maaiveld. GLG's dieper dan 60 cm – mv. moeten als een globale indicatie gezien worden.

Bij de interpretatie is deels afhankelijk van de persoon die hem uitvoert, maar dit effect wordt gecompenseerd door het gebruik van verschillende hulpmiddelen. Er worden steeds meer van deze hulpmiddelen ontwikkeld, waardoor de herhaalbaarheid en controleerbaarheid in de nabije toekomst sterk zal toenemen.

Discussie

Bij het bepalen van de RGR is de keuze gevallen op een methode waarbij de GXGoud geschat wordt in boorgaten en vervolgens geïnterpoleerd. Dit vereist wel een goede veldbodemkundige kennis.

De methode voor het bepalen van actuele GXG-waarden via interpolatie tussen boorgaten is geschikt voor middelgrote gebieden. Voor grote gebieden (> 1000 ha) zal deze aanpak te arbeidsintensief zijn, waardoor een benadering zoals bij Gd-karteringen meer in aanmerking komen.

De verdroging is in kaart gebracht door middel van veranderingen in de GXG en kwelkansen. Het verdient aanbeveling te onderzoeken hoe meer relevante variabelen als vochtbeschikbaarheid of inundatieduur in kaart gebracht kunnen worden. Voorwaarde is wel dat dit zowel voor de actuele situatie als de referentiesituatie afgeleid moet kunnen worden.

Uit vergelijking van de GXG-waarden op basis van grondwaterstandsmetingen met die op basis van vegetatie-interpretatie (kaart 12), blijkt dat voor de GHG de verschillen gering zijn (figuur 20). De verschillen voor de GLG zijn veel groter. Over het algemeen is de GLG op basis van de vegetatie veel te ondiep geschat.

In gebieden met weinig natte tot vochtige locaties heeft de interpretatie van de vegetatie in relatie tot GXG weinig zin. Andersom vormen voor gebieden met een grote natte component, vegetatiekarteringen een belangrijke extra gegevensbron, die een goede aanvulling vormt op de abiotische benadering.

Voor toekomstige verdrogingskarteringen kan een gecombineerde aanpak voorgesteld worden op voorwaarde dat er tenminste één goede vegetatiekartering beschikbaar is en een voldoende adequaat peilbuizennet. De kartering kan dan in drie stappen uitgevoerd worden:

stap 1: Op basis van digitale hoogtekarten, peilbuizen en vegetatieanalyse een beeld opbouwen van de te verwachten GXG's en het aangeven van zwakke plekken in het geheel.

stap 2: Een (globale) analyse van GXGref op basis van historische gegevens zoals ingrepen in de waterhuishouding, historische kaarten, oude gegevens van flora en vegetatie en aangeven van zwakke plekken in dat geheel.

stap 3: Gericht inzetten van de boorpunten methode.

1 Inleiding

1.1 Doelstelling en achtergrond

Het doel van het onderzoek waarover in dit rapport verslag gedaan wordt, is het ontwikkelen van een methode om de mate van verdroging in kleinere en middelgrote terreinen (enkele ha tot enkele honderden hectaren), met voldoende betrouwbaarheid en detail, vlakdekkend in kaart te brengen. Hierbij is het met name van belang te weten welke inspanning noodzakelijk is om een dergelijke kartering tot stand te brengen.

Bij de terreinbeherende instanties, waterschappen en provincies is behoefte aan inzicht in de mate van verdroging van natuurgebieden. Binnen het meetnet verdroging (MBI: MilieuBeleidsIndicator Verdroging; Runhaar et al., 2000) is een methode ontwikkeld om de mate van verdroging te volgen in de locaties die deel uitmaken van het meetnet. Er is echter ook expliciete behoefte aan vlakdekkende informatie.

Om de mate van verdroging af te kunnen leiden is vlakdekkende informatie nodig over het actuele grondwaterregime (AGR), maar ook over de niet verdroogde referentiesituatie. In het kader van MBI en GGOR zijn methoden ontwikkeld om uit bodemeigenschappen het referentie grondwaterregime (RGR) af te leiden. Voor het afleiden van de AGR kan gebruik gemaakt worden van methodes die zijn ontwikkeld voor het afleiden van de grondwaterdynamiek (Gd). Door het combineren van deze methoden is het in principe mogelijk om de verdroging vlakdekkend vast te stellen.

In deze studie is nagegaan op welke manier een Gd-kartering en de bepaling van het referentie grondwaterregime gecombineerd kunnen worden om vlakdekkende uitspraken te doen over de mate van verdroging in natuurterreinen. Hierbij is ook aandacht besteed aan de vraag welke meetdichtheid nodig is om uitspraken te kunnen doen op een voor terreinbeheerders en waterschappen benodigd detailniveau.

De afgelopen jaren is voor een aantal waterschappen de actuele grondwaterdynamiek (Gd) in kaart gebracht, waarbij gerichte opnamen in boorgaten gerelateerd worden aan het grondwaterstandsverloop in peilbuizen en een aantal hulpvariabelen (o.a. maaiveldhoogte, bodemkenmerken en ontwateringpatronen; o.a. Finke et al., 1999 en 2002). Deze Gd-karteringen die zeer grote gebieden beslaan, hebben een te grove schaal om voor natuurterreinen een uitspraak te kunnen doen over de mate van verdroging op een voor het beheer zinvolle schaal. Om hieraan tegemoet te komen worden methodes ontwikkeld om de verdroging meer gedetailleerd in beeld te brengen. Voor een proefgebied van 704 ha in het stroomgebied van de Strijper Aa (NBr) is een verdrogingskartering uitgevoerd die gebaseerd is op een 'mini Gd-kartering' (Van Delft et al. 2002a). De hiervoor te ontwikkelen methode moet toepasbaar zijn voor grotere terreinen (vanaf enkele honderden hectaren). Voor

kleinere terreinen is de methode te bewerkelijk en daardoor te duur, omdat de te verrichten inspanningen niet recht evenredig toenemen met de oppervlakte. De methode maakt gebruik van veel hulpinformatie en statistische methoden, om met een beperkt aantal waarnemingen toch vlakdekkende uitspraken te kunnen doen.

Voor kleine gebieden (tot enkele ha), kan in veel gevallen volstaan worden met de MBI-methode, waarbij alleen voor de peilbuizen en de directe omgeving de referentie-grondwatersituatie wordt bepaald en verdrogingsrelaties worden opgesteld, die geldig zijn voor de omgeving van de peilbuizen.

Voor middelgrote gebieden, zoals Beekvliet is behoefte aan een aangepaste methode waarmee de verdroging vlakdekkend in kaart gebracht kan worden. Hierbij zal in grotere mate gebruik gemaakt worden van metingen in het veld en minder van hulpinformatie.

In het projectvoorstel zijn de volgende vragen geformuleerd:

- Welke informatie moet verzameld worden om voor middelgrote gebieden het referentie grondwaterregime (RGR) en het actuele grondwaterregime (AGR) vlakdekkend in kaart te kunnen brengen en daaruit de verdroging af te leiden.
- Wat is de optimale balans tussen het aantal peilbuizen in een gebied en het aantal tijdelijke meetpunten (boorgaten).
- Welke betrouwbaarheid is gewenst en haalbaar.
- Hoe verhouden de kaarten van het actuele grondwaterregime (AGR) en de verdroging zich ten opzichte van de uit de vegetatiekarteringen af te leiden kaarten van de vochttoestand.

In dit rapport is voor het proefgebied Beekvliet een aanpak uitgewerkt om bovenstaande vragen te beantwoorden. Op hoofdlijnen komt deze aanpak overeen met die welke voor grotere natuurgebieden wordt gevolgd. Het belangrijkste verschil komt voort uit het verschil in oppervlakte. Voor grotere gebieden is een methode getest waarbij veel gebruik gemaakt wordt van hulpinformatie en statistiek, waardoor bezuinigd kan worden op het aantal meetpunten in het veld (Van Delft et al., 2002a). Bij kleinere en middelgrote gebieden is het verzamelen van gegevens in het veld minder kostbaar terwijl voor het verzamelen van hulpinformatie en de statistische verwerking juist relatief veel tijd nodig is. Door de grotere dichtheid van de tijdelijke meetpunten kan bezuinigd worden op de hoeveelheid hulpinformatie en de statistische verwerking. In dit geval willen we spreken van een 'beperkte Gd-kartering'. Deze benadering is uitgewerkt voor Beekvliet.

Om een antwoord te kunnen geven op de laatste van bovenstaande vragen, is door Staatsbosbeheer een interpretatie gemaakt van beschikbare vegetatiekaarten naar een indicatie voor GHG en GLG.

1.2 Opzet van de verdrogingskartering en indeling van het rapport

De verdrogingskartering is onder te verdelen in drie stappen. De eerste stap is het vaststellen van het referentie grondwaterregime zonder verdroging (RGR). In de tweede stap is het actuele grondwaterregime (AGR) bepaald. Hierna is door vergelijking van RGR en AGR de mate van verdroging vlakdekkend afgeleid.

In hoofdstuk 2 wordt een korte beschrijving gegeven van het onderzoeksgebied. De methode wordt op hoofdlijnen toegelicht in 3.1, waarna in 3.2 de verzamelde gegevens beschreven worden. In de hoofdstukken 4 en 5 worden de methodes beschreven die gebruikt zijn om de RGR en de AGR af te leiden. Tevens worden hierbij de resultaten besproken. In hoofdstuk 6 beschrijven we hoe hieruit de verdrogingskaart is afgeleid. Het effect van de meetdichtheden op de resultaten wordt beschreven in hoofdstuk 7. De methode en de resultaten van de interpretatie van de vegetatiekaarten wordt apart besproken in hoofdstuk 8. In het laatste hoofdstuk (9) wordt een aantal overwegingen ten aanzien van de verdrogingskartering in middelgrote natuurgebieden besproken.

Bij dit rapport hoort een CD-ROM, waarop de kaarten zijn geleverd, als Arcview bestanden. Deze kaarten zijn te bekijken door het Arcview project 'Rapport566_2.apr' in de map 'kaarten\' te openen. De kaarten zijn opgenomen als 'view' met het nummer en de titel van de kaart. Tevens is voor elke kaart een Layout aangemaakt die naar een printer of plotter verzonden kan worden. Om de gridbestanden te raadplegen heeft u Arcview nodig met de extensie 'Spatial Analyst'. Indien u beschikt over Arcview zonder deze extensie kunt u de kaarten raadplegen in de het project 'Rapport566_2img.apr' in de map 'kaartenimg\''. Voor lezers die niet over Arcview beschikken zijn de kaarten tevens opgenomen als JPG-afbeeldingen in de map JPG\.

1.3 Begrippenkader

In dit rapport wordt een aantal afkortingen en begrippen gebruikt die hieronder worden gedefinieerd:

Grondwaterstand is de stijghoogte ten opzichte van het maaiveld in een boorgat of een peilbuis met ondiepe filterdiepte (in het algemeen minder dan 5 meter onder het maaiveld);

RGR staat voor het Referentie GrondwaterRegime. Hieronder verstaan wij een grondwaterregime, dat representatief is voor de periode vóór de veranderingen in de waterhuishouding die sinds de jaren 50 van de 20^{ste} eeuw zijn doorgevoerd. Verondersteld wordt dat de bodemvorming zoals deze in eenheden van de bodemkaart tot uiting komt indicatief is voor de RGR.

AGR staat voor het Actuele GrondwaterRegime. Dit beschrijft het grondwaterstandsverloop zoals zich dat thans voordoet.

HW3 respectievelijk LW3 zijn het gemiddelde van de drie hoogste respectievelijk laagste grondwaterstanden die in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) worden gemeten, uitgaande van een tweewekelijkse meetfrequentie;

VG3 is de gemiddelde grondwaterstand op de meetdata 14 maart, 28 maart en 14 april in een bepaald kalenderjaar;

GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) is gedefinieerd als het gemiddelde van de HW3 over een aaneengesloten periode van tenminste acht jaar waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden. In dit rapport zijn alle gepresenteerde GHG's berekend over 30 jaar (de klimaatperiode);

GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) is gedefinieerd als het gemiddelde van de LW3 over een aaneengesloten periode van tenminste acht jaar waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden. In dit rapport zijn alle gepresenteerde GLG's berekend over 30 jaar (de klimaatperiode);

GVG (Gemiddeld VoorjaarsGrondwaterstand) is gedefinieerd als het gemiddelde van de VG3 over een aaneengesloten periode van tenminste acht jaar waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden. In dit rapport zijn alle gepresenteerde VVG's berekend over 30 jaar (de klimaatperiode);

GXG staat in dit rapport voor GHG, GVG en GLG samen;

GXGref staat voor de GXG bij de RGR;

GXGoud staat voor de GXGref zoals deze in een boorgat is geschat aan de hand van fossiele hydromorfe kenmerken;

GXGact staat voor de GXG bij de AGR;

De *Gt* (GrondwaterTrap) is een typische combinatie van GHG- en GLG-klassen welke op thematische kaarten kan worden aangegeven;

De *duurlijn* geeft aan welk deel van het jaar een bepaalde grondwaterstand wordt overschreden;

De *regimecurve* geeft aan wat de verwachte grondwaterstand is op een bepaalde datum in een toekomstig jaar;

De *kwelkans* beschrijft in kwalitatieve zin de kans op het voorkomen van kwel;

De *gd* (GrondwaterDynamiek) is een verzamelterm voor GXG, Gt, duurlijn, regimecurve en kwelklasse.

2 Gebiedbeschrijving

2.1 Gebiedsbegrenzing

In overleg met Staatsbosbeheer is de begrenzing van het studiegebied vastgesteld. Het betreft 186 ha van het object 'Beekvliet', ten zuiden van de weg van Barchem naar Borculo (zie figuur 1). Aan de oostzijde wordt het gebied begrensd door de Slinge die soms ook als Lebbinkbeek wordt aangeduid. Voor de gebiedsbeschrijving beschouwen we een wat groter gebied, omdat daarmee de landschappelijke relaties beter tot uiting gebracht kunnen worden. Het studiegebied ligt op de kaartbladen 34C en 34D van de Topgrafische kaart van Nederland. De begrenzing hiervan komt overeen met figuur 1. Als in de tekst wordt gesproken over 'Beekvliet' bedoelen we de 186 ha waarvoor de verdrogingskartering is uitgevoerd. Als het hele gebied van figuur 1 bedoeld wordt, spreken we over 'het studiegebied'.



Schaal 1 : 25 000

- Hoofdafwatering
- Sloten
- Water
- Beekvliet

Figuur 1 Overzicht van het studiegebied van de proefkartering Beekvliet. (zie kaart 1 op CD-ROM)

2.2 Geologie

De geologische opbouw van het gebied wordt hier kort besproken voor zover het relevant is voor het begrip van de patronen in bodem en landschap. Vooral de aan of nabij het oppervlak gelegen afzettingen zijn in dit verband belangrijk. Deze afzettingen stammen voornamelijk uit het Pleistoceen, hoewel de bovenste lagen gedeeltelijk in het Holoceen gevormd zijn. De diepere ondergrond bestaat tot 30 à 35 meter diepte uit grof, grindrijk zand van de Formatie van Kreftenheye. Deze beschrijving is gebaseerd op de toelichting bij de Bodemkaart (Stiboka, 1979), op de beschrijving van de bodemgesteldheid van een aantal gebieden in het Waterschap

Rijn en IJssel (Kleijer, 2000) en op de ecohydrologische systeembeschrijving van Beekvliet (Rossenaar et al., 1997).

2.2.1 Dekzanden en Fluvioperiglaciale afzettingen

De ondiepe ondergrond van het studiegebied bestaat tot 10 à 12 meter diepte voornamelijk uit dekzanden en fluvioperiglaciale afzettingen die behoren tot de Formatie van Twente. Vooral in het Vroeg-Weichselien werd door sneeuwsmelwater en water, afkomstig van de zomers ontdooide bovenlaag van de permafrostbodem, veel materiaal verplaatst. Deze fluvioperiglaciale afzettingen bestaan uit zand en leem, dat enige overeenkomst met löss vertoont. De Oude dekzanden stammen uit het Midden-Weichselien en zijn door verstuiwing van zandige afzettingen ontstaan en zijn over het algemeen sterk lemig. In het Laat-Weichselien is opnieuw verstuiwing opgetreden, waarbij Jong dekzand werd afgezet, deels in ruggen en koppen. Deze afzettingen zijn meestal leemarm of zwak lemig.

In het Weichselien is hiermee de basis gelegd voor het latere landschap. Dit heeft zich in het Holocene ontwikkeld binnen de kaders van het Pleistocene dekzandlandschap dat bepaald werd door min of meer vlakke dekzandgebieden met hoge ruggen van Jong dekzand. Deze ruggen grenzen vaak aan beekdalen, waardoor mag worden aangenomen dat ze ontstaan zijn op de grens tussen wel en niet stuivende delen. Op de hoogtekkaart (kaart 4) zijn de beekdalen en dekzandruggen duidelijk herkenbaar.

2.2.2 Holocene

Holocene afzettingen zijn in het studiegebied alleen terug te vinden in de beekdalen en andere laagtes in het dekzandgebied. Plaatselijk is enkele decimeters beekleem afgezet. Hier en daar is dit pakket dikker dan 40 cm. In afvoerlose laagten is plaatselijk broekveen en zeggeveen gevormd, variërend in dikte van enkele decimeters tot meer dan 40 cm, maar nergens meer dan 120 cm. Deze afzettingen worden allen tot de Formatie van Singrave gerekend.

2.3 Bodem

De bodemkaart (figuur 2; kaart 2) weerspiegelt in grote lijnen de geologische opbouw van het gebied. Op de hoogste dekzandruggen en koppen zijn enkeerdgronden (bEZ.. en zEZ..) en laarpodzolgronden (cHn..) ontstaan door het gebruik van deze droge delen van het landschap als bouwland. Hierbij zijn de oorspronkelijke ruggen vaak nog aanzienlijk verder opgehoogd, tot meer dan 1 meter boven het oorspronkelijke maaiveld (zie figuur 3). De lage delen in het dekzandlandschap zijn op de bodemkaart te herkennen als langgerekte vlakken met beekerdgronden (pZg.), deels met een kleidek (toevoeging k.). De bodemkaart geeft hier ook vlakvaaggronden (Zn..) weer. In dit gebied zijn dat zandgronden die in dezelfde

landschappelijke positie voorkomen als beekerdgronden, maar niet aan het criterium van een eerdlaag (> 15 cm) voldoen om als beekerdgrond geclassificeerd te worden. Bij detailkarteringen worden deze gronden als beekvaaggrond (Zg.) ingedeeld. De delen tussen de dekzandruggen met enkerdgronden en de beekdalen worden gekenmerkt door podzolgronden. Het Stelkampsveld bestaat geheel uit podzolgronden, hoewel deze waarschijnlijk deels afgegraven zijn (Van Kootwijk, 1985). In de lagere delen van dit terrein ontbreekt een duidelijke Bh-horizont. Meestal komt er wel een BC-horizont voor, waarop dan een minerale of moerige bovengrond ontwikkeld is. Zéér lokaal ontbreekt ook de BC-horizont, waardoor het profiel als beekerdgrond of beekvaaggrond beschouwd moet worden. In enkele laaggelegen plekken binnen de beekdalen komen broekerdgronden (vWz) en een enkele veengrond (hVz) voor.



Schaal 1 : 25 000

Gecombineerde bodemkaart

	ABv		pZn21		Hn21
	hVz		Zn21		Hn23
	kVc		Zn23		cHn21
	wWp		Rn62C		cHn23
	wWz		pZg21		bEZ23
			pZg23		zEZ21
					zEZ23
					Hd21

Figuur 2 Bodemkaart van het studiegebied en omgeving (schaal 1 : 25 000) (kaart 2).



Figuur 3. Steilrand op de overgang tussen een langgerekte laagte met beekeerdgronden (pZg23) en enkeerdgronden (zEZ21) bij de hoeve Dammerman. Op de voorgrond is een diepe sloot te zien die deel uitmaakt van de Afwatering van Schuurman.

2.4 Hydrologie

De informatie in deze paragraaf is voornamelijk gebaseerd op een ecohydrologische studie die door Rossenaar et al. (1997) is uitgevoerd.

Rond 1900 kwamen in het gebied op grote schaal natte gebieden voor, langs de beken en in overige lage terreindelen (zie figuur 4; kaart 3). Door ontwatering ten behoeve van de Landbouw zijn de natte gebieden grotendeels verdwenen. Deze problemen worden onderkend en vanwege de hoge natuurwetenschappelijke waarde van met name het Stelkampsveld, is door Waterschap De Berkel aan het gebied Beekvliet de functie ‘water voor natuur van het hoogste ecologische niveau’ toegekend.

waterhuishouding beperkt, vergeleken met de invloed van regionaal grondwater. Uit vergelijking van stijghoogten in het freatisch grondwater en grondwater op ca 10 meter kan opgemaakt worden dat in de laagste delen van Beekvliet regionale kwel voorkomt. In de hogere terreindelen vindt infiltratie plaats. Vanuit de ruggen vindt in de winterperiode enige toestroming van lokaal grondwater plaats naar de aangrenzende lagere delen. Het verschil in stijghoogte bij Stelkampsveld bedraagt dan 0,2 tot 0,3 m. De overgangsgebieden staan beurtelings onder invloed van lokale en regionale kwel in droge periodes en wegzijging in natte periodes.

Over het grondwaterstandsverloop van vóór 1950 is niets bekend. Wel is door Van Kootwijk (1985) een analyse gemaakt van twee TNO-buizen die respectievelijk vanaf 1952 en 1968 gemeten zijn. Hieruit blijkt dat de hoogste stand van het freatisch niveau in een infiltratiegebied in de buurt van de Visserij met ca 25 cm gedaald is tussen 1953 en 1983. Sinds 1976 worden de grondwaterstanden in Stelkampsveld intensief gemeten. In die periode lijkt er geen trendmatige verandering in de grondwaterstanden te hebben plaatsgevonden.

3 Materiaal en methode

3.1 Methode op hoofdlijnen

In figuur 5 wordt de methode op hoofdlijnen schematisch weergegeven. In het bovenste vak is aangegeven welke gegevens verzameld zijn. Deels zijn dit basisgegevens die uit bestaande bestanden kunnen worden afgeleid. Verder zijn in het veld aanvullende gegevens verzameld. De verzamelde gegevens over maaiveldhoogte, bodem, grondwater en het voorkomen van kwel zijn in de eerste fase van de verwerking geïnterpreteerd om het grondwaterregime in de referentieperiode (RGR) en voor de actuele situatie (AGR) vast te stellen. Dit geldt zowel voor de grondwaterstanden (GXG) als voor de kwelkansen.

Voor het bepalen van de RGR hebben we de 'Brabantse methode' vergeleken met een interpolatie dmv. 'Inverse Distance Weighting' (IDW). Bij de Brabantse methode worden GXG waarden afgeleid uit een combinatie van referentiewaarden per bodemeenheid en de hoogtekaart (zie 4.1.1). Bij interpolatie wordt gebruik gemaakt van schattingen van de oude GXG aan de hand van profielbeschrijvingen (zie 4.1.2). Door deze schattingen op basis van de hoogtekaart om te rekenen naar NAP en vervolgens de interpolatie uit te voeren ontstaat een beeld van het referentiegrondwaterregime ten opzichte van NAP. De kwel in de referentieperiode hebben we afgeleid uit kwelkansen voor de bodemeenheden in het gebied (zie 4.2).

Bij het bepalen van de AGR is voor de boorgaten een voorspelling gedaan van de actuele GXG waarden. Hiervoor zijn voor de peilbuizen klimaatonafhankelijke GXG waarden berekend (5.1.1). Vervolgens is voor de dagen dat gerichte grondwaterstandsmetingen verricht zijn een relatie gezocht tussen de grondwaterstand op die dagen en de GXG. Op basis van die relatie en de gerichte metingen in de boorgaten wordt de GXG in de boorgaten voorspeld (5.1.1.2). Om een vlakdekkende voorspelling te doen van de GXG zijn de voorspelde GXG waarden in de boorgaten doormiddel van IDW-interpolatie vlakdekkend toegepast (5.1.1.3). De actuele kwel is vastgesteld door de kwelkansenkaart te vergelijken met actuele grondwaterstanden en veldwaarnemingen (5.2)

Om de mate van verdroging af te leiden zijn de GXG waarden en de kwelkansen voor beide perioden van elkaar af getrokken. Tevens is op basis van vegetatiekaarten de indicatie voor de actuele GHG en GLG afgeleid.

In dit project is de mate van verdroging afgeleid, uitgedrukt in cm verlaging van de GXG of als verandering van de kwelkans. Een waardering in de zin van 'sterk' of 'minder sterk verdroogd' is hierbij niet gegeven.

3.2 Gegevensverzameling

3.2.1 Basisgegevens

Bij het afleiden van de RGR en de AGR is gebruik gemaakt van bestaande basisgegevens en van veldwaarnemingen. De volgende basisgegevens zijn gebruikt:

topografische kaart

Als basis voor de kaarten die in dit rapport zijn opgenomen is gebruik gemaakt van de digitale bestanden van de Topografische kaart van Nederland, schaal 1 : 10 000 (Top10 vector bestand). De attribootinformatie van het vlakkenbestand is gebruikt om terreindelen te selecteren die uitgesloten moeten worden van de analyse (bebouwing, wegen, dijken, wateroppervlakten). Op basis hiervan hebben we een uitsnede (clip) gemaakt uit de bodemkaart (figuur 2; kaart 2).

In het lijnenbestand zijn de waterlopen geselecteerd om de kwelverschijnselen in kaart te kunnen brengen (figuur 1; kaart 1 en kaart 8d).

Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN)

De maaiveldhoogte is gebiedsdekkend vastgelegd op de hoogtekaart (kaart 4) die is gebaseerd op het AHN. Van kaartblad 34C was het AHN beschikbaar in een gridbestand met een celgrootte van 5 x 5 meter, van het oostelijk deel (kaartblad 34D) was alleen een bestand met een celgrootte van 25 x 25 meter beschikbaar. Dit grid hebben we vereffend door middel van 'Focal Mean' met een straal van 2 cellen. Hierbij wordt voor elke 5 x 5 meter cel de gemiddelde hoogte berekend binnen 10 meter. De middelste cel van een oorspronkelijke 25 x 25 meter cel blijft hierdoor onveranderd, de omliggende cellen worden wel aangepast.

In het AHN bestand kwamen gaten voor waar geen hoogte bepaald is. Als dit voorkomt binnen delen van het gebied die uitgesloten zijn van de analyse (bebouwing, wateroppervlakten) is dat geen probleem. Daarbuiten ontstaan echter wel problemen bij het vereffenen van de RGR (zie 4.1.1). Om dat te voorkomen hebben we voor deze 'No Data' cellen een hoogte berekend op basis van de gemiddelde hoogte van de buurcellen.

Bodemkaart

Als basis voor het afleiden van de RGR dient de bodemkaart. Van een groot deel van het gebied is een bodemkaart schaal 1 : 10 000 beschikbaar (Kleijer, 2000). Voor de rest van het gebied hebben we gebruik gemaakt van de bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000 (Stiboka, 1979). De mate van detail van deze kaart is eigenlijk niet voldoende om te gebruiken op een kaartschaal 1 : 10 000. Het gaat hier echter om een deel van het studiegebied dat buiten het deelgebied Beekvliet valt. De eenheden van de gedetailleerde bodemkaart zijn vertaald naar de eenheden van de bodemkaart van Nederland. Voor een toelichting op de bodemeenheden verwijzen we naar de toelichting op de bodemkaart schaal 1 : 50 000 (De Bakker en Schelling, 1989; Bodemkaart, 1979) Omdat op een aantal plaatsen de begrenzing van vlakken met water niet overeenkwam met de topografische kaart zijn deze vlakken aangepast aan

de topografische kaart schaal 1 : 10 000. De bodemkaart wordt in figuur 2 weergegeven op schaal 1 : 25 000.

3.2.2 Selectie peilbuizen

In het grondwaterstanden archief NITG-TNO (DINO) is een selectie gemaakt van beschikbare buizen binnen het gebied. Hierbij werden de volgende criteria gehanteerd:

- Filterdiepte maximaal 6 meter
- Opnamefrequentie minimaal 18 keer per jaar
- Een aaneengesloten meetreeks van minimaal (1,5) 4 jaar doorlopend tot minimaal een half jaar voor het begin van de kartering

Op basis van het eerste criterium is een selectie gemaakt van buizen in DINO, waarna gecontroleerd is of ze aan de andere criteria voldoen. Hierna bleef een selectie van 18 buizen over. Bij controle in het veld bleek dat voor een deel van de buizen de coördinaten in DINO niet overeenkwam met de werkelijke positie in het veld. Dit kan problemen opleveren bij het afleiden van de AGR. De locatie van de buizen is door Staatsbosbeheer opnieuw ingemeten en zonodig aangepast in DINO.

De ligging van de buizen is weergegeven in kaart 5. De verdeling van de buizen over het studiegebied is niet homogeen. Vanwege de hoge natuurwetenschappelijke waarde van Stelkampsveld die sterk afhankelijk is van de hydrologie is de dichtheid van het meetnet hier zeer hoog. Hier staan 8 buizen. De overige buizen staan verspreid in de ruimere omgeving van Stelkampsveld. In het oostelijke, zuidelijke en westelijke deel van Beekvliet ontbreken bruikbare buizen.

Voor de geselecteerde buizen is een tijdreeksanalyse uitgevoerd om een klimaatsonafhankelijke schatting van de grondwaterdynamiek af te leiden. Tijdens de veldwerkperiode zijn op de dagen dat de grondwaterstanden in de boorgaten gemeten zijn, tevens de standen in deze buizen opgemeten.

3.2.3 Veldwaarnemingen

Om gebiedsdekkend de RGR en de AGR in kaart te kunnen brengen zijn in een min of meer regelmatig grid van 1 punt per ha boringen uitgevoerd. Aanvullend zijn zichtbare kwelverschijnselen in waterlopen in kaart gebracht en waterkwaliteitsmetingen verricht.

3.2.3.1 Waarnemingen in boorgaten

In de periode van 7 augustus tot 4 september 2001 zijn 171 boringen verricht tot maximaal 180 cm – mv. De ligging van deze boorpunten staat op kaart 5. Van deze

boringen zijn profielbeschrijvingen gemaakt, waarbij speciaal aandacht is besteed aan de volgende kenmerken:

- Hydromorfe kenmerken, zowel actueel als fossiel
- Het voorkomen van ijzerrijke horizonten
- Het voorkomen van kalkrijke horizonten
- De pH van de bovenste horizonten, bepaald met indicatorstrookjes. Deze geven een indicatie voor de pH-KCl van de grond.
- Het humusprofiel.

Uit de hydromorfe kenmerken hebben we, voor zover mogelijk, een inschatting gemaakt van de huidige en de oude GHG en GLG. Het voorkomen van ijzerrijke en kalkrijke horizonten is een aanwijzing voor het voorkomen van kwel. Zeker het ondiep voorkomen van kalkrijke lagen wijst op actuele kwel, omdat bij een profiel waar vroeger wel kwel voorkwam, maar waar nu infiltratie overheerst, de kalk als eerste zal uitspoelen. Hierbij is ook de pH van de bovengrond vaak een goede indicator voor de aanwezigheid van kwel. Het humusprofiel is beschreven omdat dit vaak een goede indicatie geeft van de toestand van de standplaats ten aanzien van verdroging en verzuring (Van Delft, 2001; Van Delft et al., 2002b).

In de boorgaten zijn na minimaal 1 dag de grondwaterstanden gemeten. Deze grondwaterstanden zijn gebruikt om de actuele GLG te voorspellen op basis van de metingen in de peilbuizen op dezelfde dagen en de voor deze buizen afgeleide GLG. In een aantal gevallen is ook de EGV van het water in het boorgat gemeten. In februari 2002 zijn dezelfde gaten opnieuw uitgeboord en opgemeten om de GHG te kunnen voorspellen.

De waarnemingen in de boorgaten zijn opgenomen in aanhangsel 1.

3.2.3.2 Kartering kwelverschijnselen

In april 2002 is een kartering van zichtbare kwelverschijnselen uitgevoerd in alle waterlopen binnen Beekvliet. Hierbij is gelet op roestneerslag op de bodem en het voorkomen van ijzerbacteriefilmpjes op het wateroppervlak (zie figuur 6). Tevens is op een aantal plaatsen de EGV van het oppervlaktewater gemeten. De gekarteerde kwelverschijnselen zijn weergegeven in kaart 8d.



Figuur 6 IJzerbacteriefilm op het water in De Visserij.

4 Referentie grondwaterregime

4.1 Grondwaterstanden

Voor het bepalen van de referentie grondwaterstanden hebben we twee methoden vergeleken, de 'Brabantse methode' en een methode die is gebaseerd op het schatten van de referentiegrondwaterstand in boorgaten.

4.1.1 Referentie grondwaterstanden volgens de Brabantse methode

Door het Centrum voor Milieukunde Leiden en het TNO-Instituut voor Grondwater en Geo-energie is voor de provincie Noord-Brabant een methode ontwikkeld waarmee de natuurlijke referentie-situatie bepaald kan worden op basis van abiotische kenmerken als bodem(genese), maaiveldhoogte en positie in het watersysteem (Van Ek et al., 1997). Uitgangspunt is dat de veelal fossiele hydromorfe bodemkenmerken een goed beeld geven van de vroegere hydrologische situatie. Met name in de pleistocene gebieden lijkt dat het geval te zijn. In de volgende paragrafen wordt uitgelegd hoe deze methode is toegepast om uit de bodemkaart het Referentie GrondwaterRegime (RGR) af te leiden.

De GXG in de referentieperiode is afgeleid van referentiewaarden voor de voorkomende bodemeenheden en de maaiveldhoogte volgens het AHN-bestand.

Door Van Ek et al. (1997) zijn bodemeenheden die in Noord-Brabant voorkomen hydrologisch gekarakteriseerd op basis van bodemkundige literatuur en deskundigenoordeel. Door Jansen et al. (1999) is deze lijst uitgebreid voor ontbrekende eenheden van de bodemkaart schaal 1 : 50 000. Bij de hydrologische karakterisering is uitgegaan van een 'natuurlijke' situatie waarin pedogenese en hydrologie in evenwicht verkeren. De referentie GXG (GXGref) is per bodemeenheid gekarakteriseerd in termen van percentielen. Voor de bodemeenheden binnen het studiegebied zijn de referentiewaarden weergegeven in tabel 1.

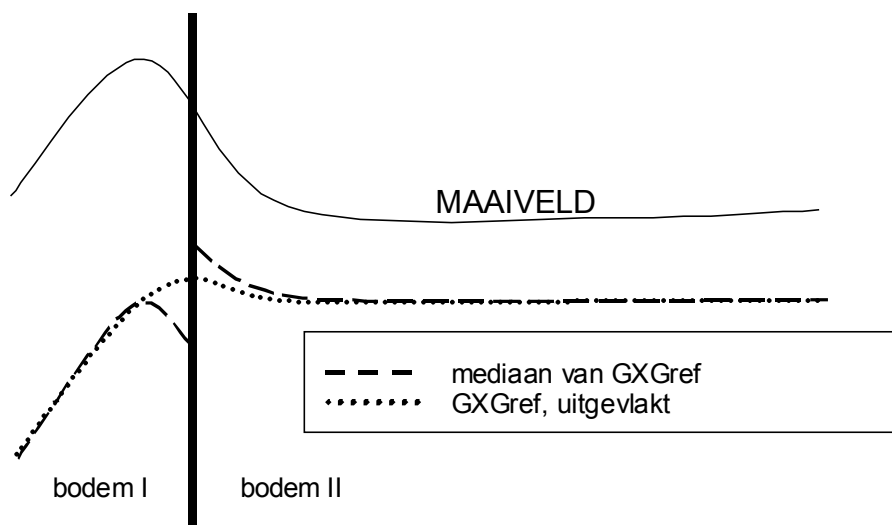
Tabel 1 referentiewaarden voor de GXG bij bodemeenheden in het studiegebied.

Bodem- eenheid	GHG		GVG			GLG			
	P10	P50	P90	P10	P50	P90	P10	P50	P90
<i>Veengronden</i>									
ABv	-12	1	14	-6	11	29	25	45	80
hVz	-12	-2	9	-7	7	22	24	40	68
kVc	-12	-2	9	-7	7	22	24	40	68
<i>Moerige gronden</i>									
vWp	-7	5	13	0	17	27	32	60	76
vWz	-12	-2	9	-7	7	22	24	40	68
<i>Gooreerd-, vlakvaag- en poldervaaggronden</i>									
pZn21	2	9	26	17	27	46	64	79	110
Zn21	5	19	36	17	38	59	60	100	147
Zn23	5	19	36	17	38	59	60	100	147
Rn62C	3	14	40	14	29	60	56	80	120
<i>Beekeerdgronden</i>									
pZg21	-11	2	12	-1	16	30	36	60	84
pZg23	-11	2	12	-1	16	30	36	60	84
<i>Veldpodzolgronden</i>									
Hn21	14	27	40	31	48	67	88	120	152
Hn23	14	27	40	31	48	67	88	120	152
<i>Laarpodzolgronden</i>									
cHn21	14	27	40	31	48	67	88	120	152
cHn23	14	27	40	31	48	67	88	120	152
<i>Enkeerdgronden en haarpodzolgronden</i>									
bEZ23	40	63	135	57	82	163	120	143	230
zEZ21	40	63	135	57	82	163	120	143	230
zEZ23	40	63	135	57	82	163	120	143	230
Hd21	91	135	179	113	163	213	174	230	286

Vereffening

Door de GXGref af te trekken van de maaiveldhoogte in het AHN bestand wordt een absolute GXGref ten opzichte van NAP verkregen. Als gevolg van de scherpe overgangen tussen de bodemeenheden kunnen de overgangen tussen de vlakken met verschillende referentiegrondwaterstanden groot zijn. Daarnaast wordt geen rekening gehouden met differentiatie binnen het vlak als gevolg van oneffenheden in het maaiveldverloop (figuur 7).

Om een meer realistisch beeld te krijgen wordt het grondwaterstandsverloop uitgevlakt (vereffend). Daarvoor wordt gebruik gemaakt van een door het Waterschap Reest en Wieden ontwikkelde GIS-bewerking van gridbestanden van de maaiveldhoogte en de referentiegrondwaterstanden (Projectgroep GGOS en classificatie, 1999). Als gridgrootte is 5 x 5 m gekozen.



Figuur 7 Uitvlakking van de referentiegrondwaterstand

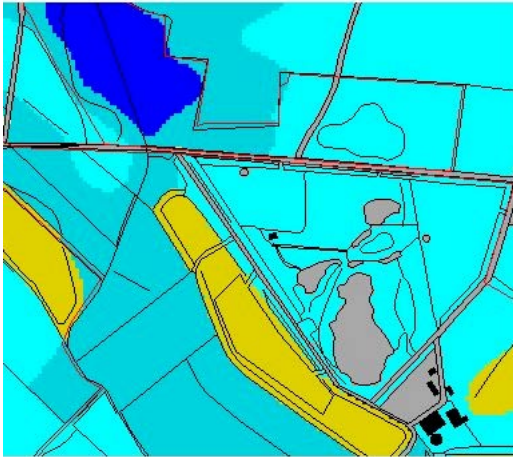
Deze bewerking is in een aantal stappen verdeeld:

1. Bij de eerste bewerking worden de referentiekaarten die uit de bodemkaart van figuur 2 zijn afgeleid vergrid. Voor ieder grid wordt de referentiegrondwaterstand van de maaiveldhoogte afgetrokken en zo de stand ten opzichte van NAP berekend. Als referentiegrondwaterstand is voor de mediane stand (50-percentiel) gekozen. Dat wil zeggen dat binnen de betreffende bodemeenheid 50 % van de oppervlakte een diepere en 50 % een ondiepere GXGref zal hebben.
2. Vervolgens wordt binnen het GIS de 'focal mean' berekend. Bij die bewerking wordt om elke gridcel een cirkel met een bepaalde zoekstraal getrokken en voor de gridcellen binnen die cirkel de gemiddelde grondwaterstand berekend. De gemiddelde stand wordt aan de centrale gridcel toegekend. De mate van afvlakking is afhankelijk van de grootte van de zoekstraal. Hier is gekozen voor een zoekstraal van 25 m. Er wordt gebruik gemaakt van een gewogen gemiddelde, waarbij aan de bodemtypen met een grote spreiding in de karakteristieke grondwaterstanden een lager gewicht is toegekend. De spreiding wordt gedefinieerd als het verschil tussen de hoogst mogelijke grondwaterstand (90 percentiel) en de laagst mogelijke grondwaterstand (10 percentiel). Dit zijn P90 en P10 in tabel 1. Aan het kleinste verschil wordt een hoog gewicht toegekend (waarde 10) en aan het grootse verschil een laag gewicht (waarde 1). Aan tussenliggende verschillen wordt een evenredige waarde toegekend. Bij de berekening van de uitvlakking wordt de NAP-hoogte van de grondwaterstand in de gridcellen binnen de zoekcirkel vermenigvuldigd met de gewichtsfactor. De som van deze gridcellen wordt gedeeld door de som van de gewichtsfactoren en levert een gewogen gemiddelde op voor de middelste gridcel. De gewogen berekening van de uitvlakking zorgt ervoor dat bij een klein verschil tussen hoogste en laagste stand de aanpassing het kleinst is en dat de aanpassing toeneemt naarmate het verschil groter wordt.

3. Als laatste stap in de berekening wordt de uitgevlakte grondwaterstand ten opzichte van NAP weer omgerekend naar de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld. De bewerkingen worden uitgevoerd voor de GHG en GLG.

Voor een detailgebiedje rond het Stelkampsveld wordt in figuur 8 aan de hand van de bewerkingsfasen voor de GHG geïllustreerd wat het effect van de vereffening is. De referentiegrondwaterstand zoals die uit de bodemkaart is afgeleid volgt de grenzen van de bodemeenheden en laat grote vlakken zien die in dezelfde grondwaterklassen vallen (figuur 8A). Vervolgens wordt de grondwaterstand tov van maaiveld van de maaiveldhoogte tov van NAP afgetrokken waardoor een gedifferentieerd beeld van de grondwaterstand tov NAP ontstaat (figuur 8B). De grondwaterstand tov NAP wordt vereffend wat een gelijkmatiger beeld oplevert (figuur 8C). Tot slot wordt de vereffende grondwaterstand tov NAP weer omgerekend naar de grondwaterstand tov maaiveld (figuur 8D).

A. Referentie GHG, relatief



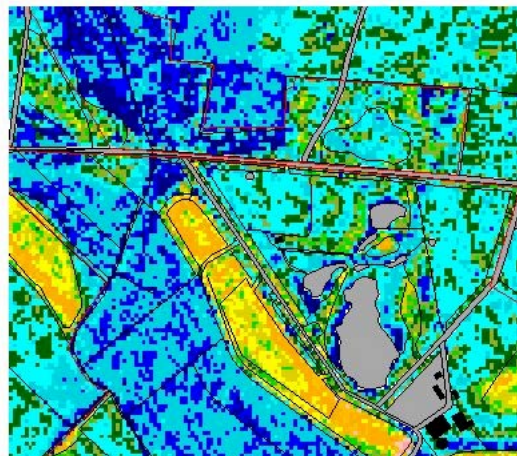
B. Referentie GHG, absoluut



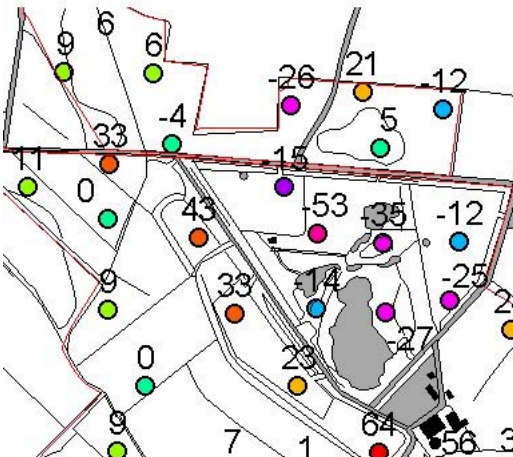
C. Referentie GHG, absoluut, na vereffening



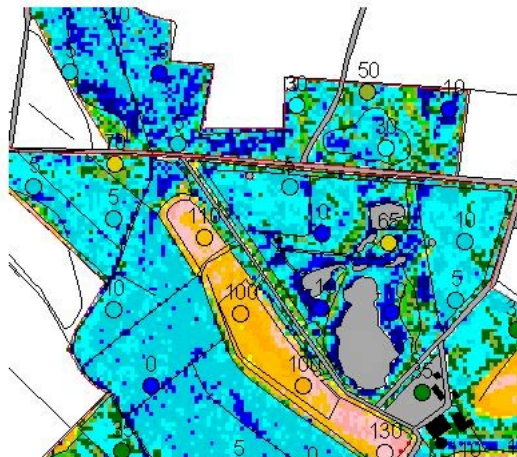
D. Referentie GHG relatief na vereffening



E. Referentie GHG, residu per boorpunt



F. referentie GHG, gecorrigeerd



Figuur 8 Uitwerking van de vereffening van de GHG en de correctie voor veldschattingen in een deelgebied. (legenda's zie figuur 8)

4.1.1.1 Correctie voor veldschattingen

De GXGref zoals die bepaald is volgens de in de vorige paragraaf beschreven methode, is afgeleid van landelijk geldende verdelingen van GXGref zoals weergegeven in tabel 1. Door locale verschillen kunnen hier echter afwijkingen in zitten binnen een concreet studiegebied. In Beekvliet komen bijvoorbeeld hoge enkeerdgronden voor, waardoor de in het veld uit fossiele hydromorfe kenmerken afgeleide GXGoud dieper is dan de mediaan in tabel 1. Omdat bij de profielbeschrijvingen de GXGoud geschat is, kan per boorpunt bepaald worden wat de afwijking is tussen deze geschatte GXGoud en de GXGref zoals die is afgeleid. Deze afwijkingen noemen we residuen. In figuur 8E zijn voor een aantal van deze boorpunten de residuen geplot. Hier is te zien dat in Stelkampsveld, GHGref te diep is in verhouding tot de geschatte GHGoud. In de enkeerdrug ten Zuidwesten van Stelkampsveld is dit juist andersom.

Deze residuen zijn gebruikt om de schatting van GXGref te verbeteren. Hiervoor hebben we binnen Beekvliet door middel van kriging de residuen vlakdekkend geschat en opgeteld bij de reeds bepaalde GXGref.

Kriging op residuen

Kriging is een geostatistische interpolatiemethode waarbij ervan uit gegaan wordt, dat punten op een korte afstand minder van elkaar zullen verschillen dan punten op grotere afstand (Isaaks & Mohan Srivastava, 1989; Deutsch & Journel, 1998). Het verband tussen deze verschillen (de variantie) en de afstand wordt uitgedrukt in een zgn. experimenteel semivariogram. Door de punten van dit semivariogram wordt een functie gefit die dit verband beschrijft. Bij kriging worden de parameters van deze functie gebruikt om door middel van interpolatie de waarden voor de punten waar geen waarneming gedaan is te voorspellen.

De residuen voor de GXGref zijn sterk gecorreleerd aan de bodemeenheid (zie tabel 2). Daarnaast kunnen ruimtelijke patronen voorkomen in de residuen die het gevolg zijn van andere factoren. Door de invloed van de bodemtypen, zal een eventuele ruimtelijke variatie onvoldoende in beeld komen. Daarom hebben we de residuen volgens vergelijking 1 gestandaardiseerd voor het gemiddelde en de standaardafwijking van de residuen per groep van bodemeenheden. Hiermee wordt de invloed van de bodemeenheden op de residuen uitgeschakeld.

Tabel 2 Gemiddelde en standaardafwijking van afwijkingen tussen GXGref en GXGoud

Bodemgroep	Residuen GHG		Residuen GLG	
	Gemiddeld	s.d.	Gemiddeld	s.d.
Veengronden	3,0	3,6	8,7	20,8
Moerige gronden	14,2	29,0	31,3	36,4
Gooreerd- vlakvaag- en poldervaaggronden	13,1	40,8	8,5	43,8
Beekeerdgronden	15,1	22,2	44,7	29,4
Veldpodzolgronden	1,8	23,7	9,3	33,6
Laarpodzolgronden	4,3	27,8	15,6	25,7
Enkeerd- en haarpodzolgronden	50,5	34,6	86,2	39,7

$$S_{res} = \frac{res - res_{Gem}}{resSD} \quad (1)$$

waar:

S_{res} = gestandaardiseerde residu voor het boorpunt

res = residu voor het boorpunt

res_{Gem} = gemiddelde van de residuen binnen een groep bodemeenheden

$resSD$ = standaardafwijking van de residuen binnen een groep bodemeenheden

Om te onderzoeken of gestandaardiseerde residuen een ruimtelijk patroon vertonen is met geostatistische software van GSLIB (Deutsch. & Journel, 1998) een semivariogram afgeleid. Met GENSTAT hebben we een exponentieel model gefit door dit semivariogram. De parameters van dit model hebben we gebruikt om met geostatistische software van GSLIB een kriging uit te voeren, waarbij voor de plekken waar geen waarneming gedaan is een gestandaardiseerde residu geschat is.

Het grid met gestandaardiseerde residuen hebben we geïmporteerd in Arcview en terug gerekend naar normale residuen. We hebben dit grid beperkt tot Beekvliet omdat daarbuiten geen boringen verricht zijn. Door de geïnterpoleerde residuen op te tellen bij de GXGref zoals die is afgeleid van de bodemkaart is de definitieve GXGref bepaald. Het verschil tussen de oorspronkelijke GHGref en GHGref na correctie blijkt uit vergelijking van figuur 8D en 8F. In figuur 8F is tevens de geschatte GHGoud geplote in kleuren die overeen komen met de legenda voor de GHGref (voor legenda's zie figuur 9). Door deze correctie is de GHG in Stelkampsveld ondieper geworden en onder de enkeerdruk dieper. Hierdoor zijn de verschillen ten opzichte van GHGoud kleiner geworden.

4.1.2 Referentiegrondwaterstanden door interpolatie van veldschattingen

De tweede methode die we gebruikt hebben om GXGref te bepalen gaat uit van veldschattingen van GXGoud in de boorgaten en de hoogtekaart. Deze schattingen zijn gebaseerd op profielkenmerken (zie 3.2.3.1). Door inverse afstand gewogen interpolatie (IDW) van de GXGoud ten opzichte van NAP is een vlakdekkende schatting gemaakt van de GXGref. De methode is relatief eenvoudig en wordt op vergelijkbare wijze uitgevoerd als de interpolatie van de berekende GXG voor het actuele grondwaterregime (AGR). De gevolgde methode wordt geïllustreerd in figuur 9.

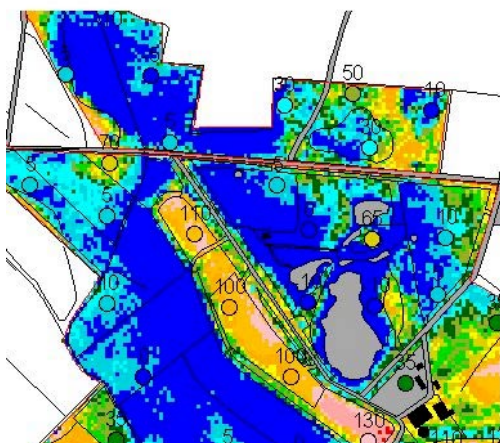
A. Hoogtekaart met veldschatting GHGoud



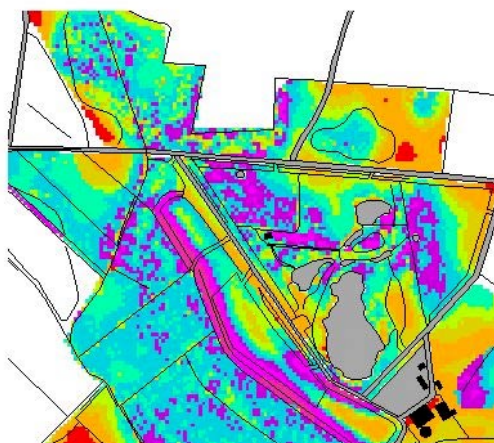
B. Referentie GHG, geïnterpoleerd tov NAP



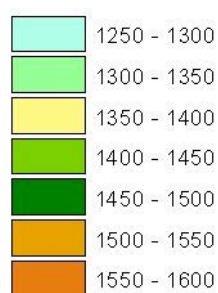
C. Referentie GHG, relatief na interpolatie



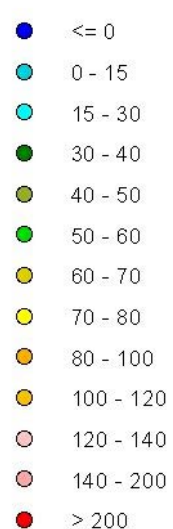
D. Verschil met Brabantmethode (8C - 7F)



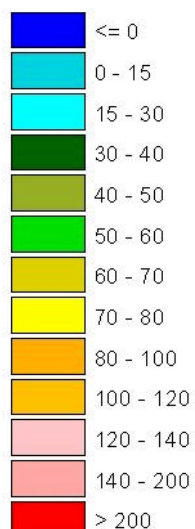
Hoogte (cm + NAP)
7B, 7C, 8A, 8B



GHGoud (cm - mv.)
7F, 8A, 8C



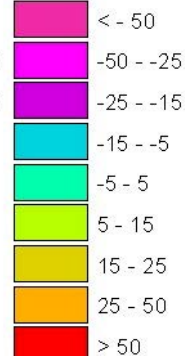
GHG (cm - mv.)
7A, 7D, 7F, 8C



Residuen GHG
7E

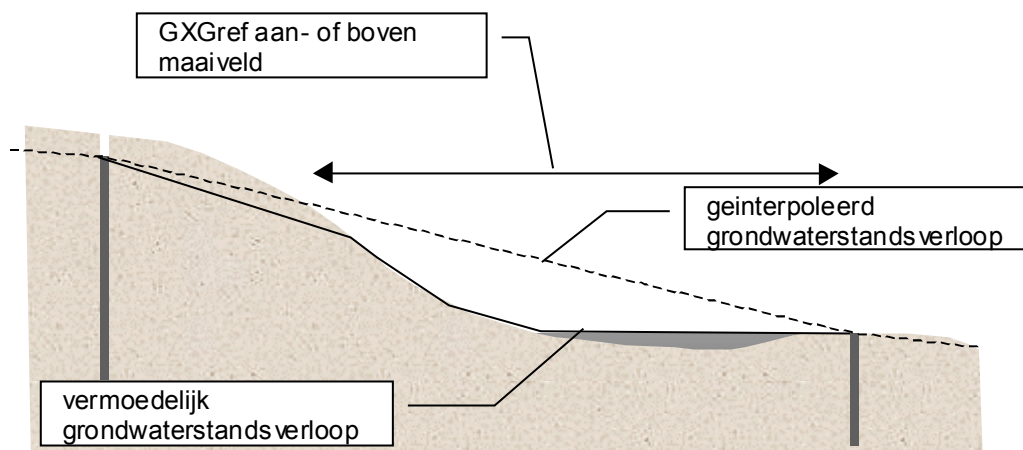


Verschil 8C - 7F
8D



Figuur 9. Interpolatie referentie GHG en vergelijking met de Brabantse methode

In figuur 9A zijn de veldschattingen van de GHGoud geplot op de hoogtekaart. Door in de boorpunten de GHGoud af te trekken van de maaiveldhoogte wordt GHGoud ten opzichte van NAP berekend. Middels IDW (Inverse Distance Weighting) wordt hieruit een vlakdekkende kaart van de referentie GXG gemaakt. IDW is een interpolatiemethode waarbij voor elke cel een waarde berekend wordt op basis van het gewogen gemiddelde van een aantal (N) meetpunten dat het dichtst bij de cel ligt. De waarden in de meetpunten wordt gewogen volgens de afstand tot de cel. Hierdoor is de invloed van meetpunten verder weg kleiner dan die van nabij gelegen meetpunten. Het aantal omringende boorpunten dat in de middeling wordt betrokken hebben we gevarieerd per GXG-variabele. Het uitgangspunt is dat het GHG-vlak sterker beïnvloed zal worden door hoogteverschillen op korte afstand dan het GLG-vlak, dat een meer geleidelijk verhang kent. Voor de GHG hebben we 5 punten in de omgeving van een cel gemiddeld, voor de GVG 10 en voor de GLG 25 punten. In figuur 9B is de GHGref in de omgeving van Stelkampsveld ten opzichte van NAP weergegeven. Onder de hoge terreindelen is een opbolling te zien van de GHGref en in het broekbos, waar het maaiveld ook het laagst is, komen de laagste waarden voor. In de laatste stap wordt de GXG terug gerekend naar maaiveld door de absolute GXGref af te trekken van de maaiveldhoogte (figuur 9C). In lage terreingedeelten kan het voorkomen dat daarbij GXG waarden boven maaiveld voorspeld worden. Dit kan terecht zijn, bij afvoerloze laagtes, maar zal onterecht zijn bij plekken waar afvoer naar het oppervlaktewater heeft plaatsgevonden. Met de gebruikte methode is niet goed te voorspellen wat de werkelijke stand boven maaiveld zal zijn geweest (zie figuur 10). Daarom hebben we voor alle cellen waar dit zich voor doet, de GXGref afgetopt op maaiveldniveau. Hier is overal de waarde 0 gegeven (eigenlijk ≤ 0).



Figuur 10 Grondwaterstanden boven maaiveld bij interpolatie tussen boorpunten.

4.1.3 Vergelijking van de methoden

In figuur 9D zijn de GHGref waarden voor beide methoden van elkaar af getrokken. In vergelijking met de Brabant methode geeft de interpolatie een gedifferentieerder beeld van de GXG (vergelijk figuur 8F en 9C). De lage terreindelen zijn natter en op

de hogere delen komen diepere GXG waarden voor. Volgens de Brabant methode komen in de lage delen voornamelijk GHGref waarden voor tussen 0 en 30 cm – mv. Voor het broekbos lijkt dat zeer onwaarschijnlijk, maar ook voor de gronden in de beekdalen zouden ondiepere waarden verwacht kunnen worden. Door het gebruik van de mediaan voor de GXGref wordt waarschijnlijk onvoldoende recht gedaan aan de verschillen binnen een vlak met een bepaalde bodemeenheid, dit ondanks de vereffening en de correctie voor de veldschattingen. Uit de percentielwaarden in tabel 1 blijkt dat in elk geval in een deel van de veengronden, moerige gronden en beekerdgronden GHG waarden boven maaiveld verwacht mogen worden. Bij de door interpolatie bepaalde GHGref lijkt deze variatie veel beter tot uiting te komen. Om deze reden hebben we gekozen om de bepaling van de GXGref te baseren op deze methode. De Brabant methode lijkt meer geschikt voor grotere gebieden, waar het schatten van GXGoud in boorgaten met een voldoende dichtheid te arbeidsintensief zou worden. De Brabant methode zou nog wel verbeterd kunnen worden door meer rekening te houden met de variatie in maaiveldhoogte binnen een bodemvlak.

Voor de GHGref, GVGref en GLGref zijn de resultaten weergegeven in kaart 7a, 7b en 7c.

4.1.4 Resultaten Referentie grondwaterstanden

In deze paragraaf worden de resultaten besproken voor het referentie grondwaterregime (RGR). Voor de referentiegrondwaterstanden worden alleen de resultaten besproken die bepaald zijn op basis van interpolatie van veldschattingen. De afwegingen voor deze keuze zijn beschreven in 4.1.3.

In kaart 7a, 7b en 7c zijn referentiegrondwaterstanden voor de GHG en GLG (GXGref) in Beekvliet weergegeven.

De natste delen van het gebied waren het broekbos in het noorden, enkele veengronden langs de Visserij in het zuidwesten en het Stelkampsveld. De GHGref komt hier aan of boven maaiveld, terwijl de GLGref varieert tussen 15 en 50 cm – mv. Ook in delen van de beekdalen, waar voornamelijk beekerd- en gooreerdgronden voorkomen kwam de GHGref aan of boven maaiveld, of in elk geval niet veel dieper dan 15 à 30 cm – mv. De GLGref in de beekdalen was 80 tot 120 cm – mv, afgezien van de laagste plekken, waar waarden van 50 tot 80 cm – mv. voorkwamen. In de dekzandgebieden met veldpodzolgronden variëren de grondwaterstanden sterk. De GHGref bedraagt 15 tot 80 cm – mv. en de GLGref 100 tot meer dan 200 cm – mv. De diepste grondwaterstanden komen voor onder de hoge ruggen met enkeerdgronden. De GHGref is hier vrijwel overal dieper dan 120 cm – mv. en de GLGref dieper dan 200 cm – mv.

4.2 Kwelkansen

4.2.1 Methode voor het bepalen van de kwelkansen

Voor een inschatting van de verbreiding van kwelgebieden in de referentiesituatie hebben we gebruik gemaakt van de bodemkaart en een tabel met kansen op het voorkomen van kwel bij verschillende bodemeenheden. De resultaten hiervan zijn vergeleken met gegevens over historisch grondgebruik en profielkenmerken in de boorgaten.

Kwelkansen voor bodemeenheden

Door van Ek et al. (1997) zijn bij de hydrologische karakterisering van bodemeenheden in Noord-Brabant, naast referentiewaarden voor de GXG ook kwelkansen toegekend aan bodemeenheden (zie ook 4.1.1). Deze lijst is later door Jansen et al. (1999) uitgebreid voor ontbrekende eenheden van de bodemkaart schaal 1 : 50 000. Er worden 5 klassen onderscheiden, uiteenlopend van “Alleen infiltratie” tot “Overduidelijk invloed van (permanente) kwel”. Op basis van deze tabel hebben we de kwelkansenkaart afgeleid voor het studiegebied (figuur 11).

Historisch grondgebruik

De kaart met kwelkansen hebben we kwalitatief vergeleken met de topografische kaart van ca 1900.

Profielkenmerken in boorpunten

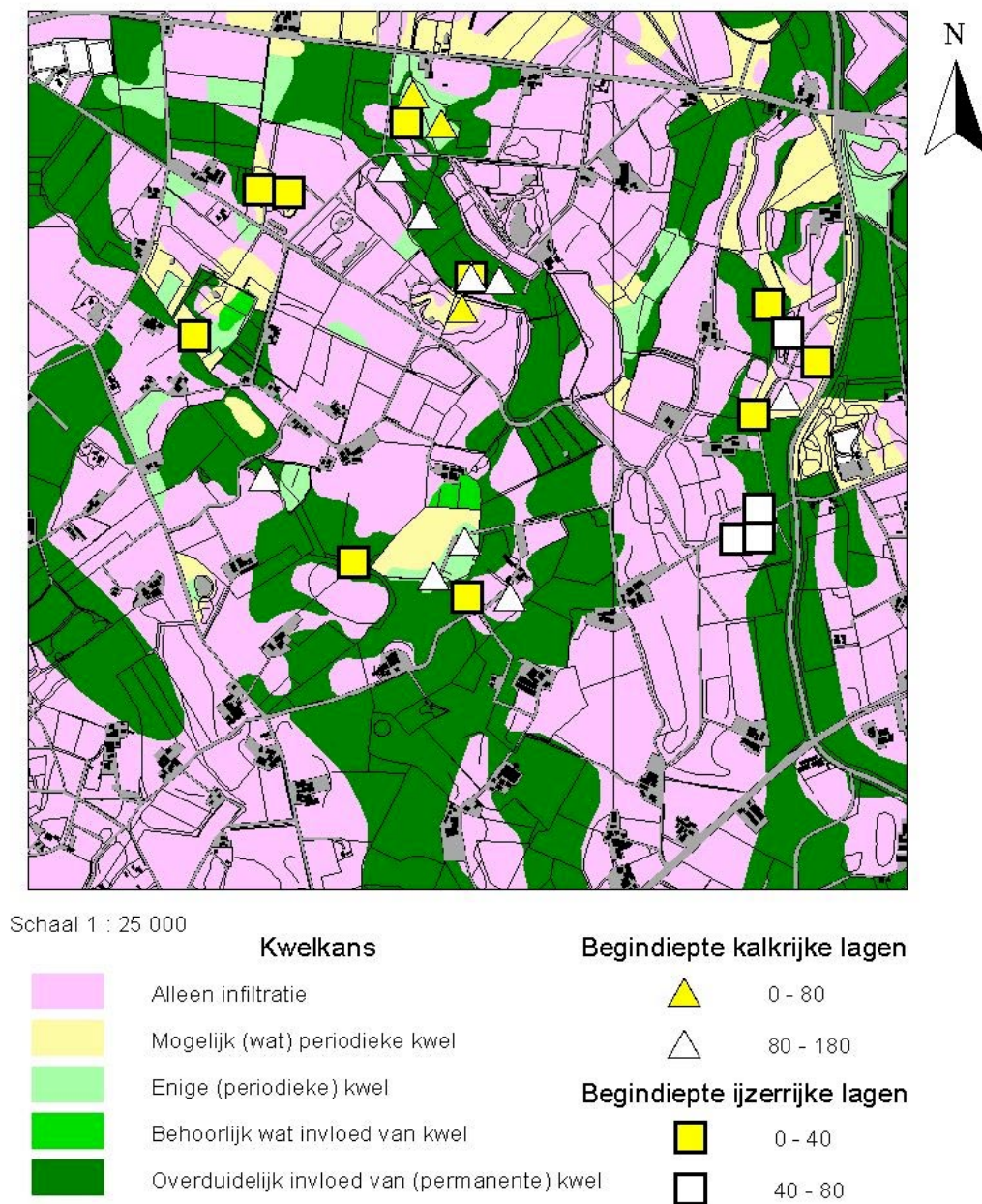
Het voorkomen van ijzerrijke en/of kalkrijke lagen ondiep in het profiel is een sterke aanwijzing voor het voorkomen van kwel. Op plaatsen waar deze lagen nu nog aanwezig zijn, mag verondersteld worden, dat dat in de referentiesituatie ook reeds het geval was. In figuur 11 hebben we voor de boorgaten in Beekvliet deze informatie opgenomen in twee diepteklassen.

4.2.2 Referentie kwelkansen

4.2.2.1 Kwelkansen voor bodemeenheden

In figuur 11 zijn de kwelkansen zoals ze zijn afgeleid van de bodemeenheden weergegeven. Hierin is duidelijk de beekdalstructuur van het studiegebied te herkennen. Volgens deze analyse kwam in de referentieperiode in de beekdalen vrijwel overal duidelijk kwel voor. Dit komt overeen met de beekerdgronden die hier voorkomen (zie figuur 2). In de dekzandruggen met podzol- en enkeerdgronden kwam alleen infiltratie voor. In de overgangsgebieden met gooreerd- en vlakvaaggronden zijn de kwelkansen minder duidelijk. Omdat het Stelkampsveld geheel uit veldpodzolgronden bestaat, is hier volgens de kwelkansenkaart alleen infiltratie mogelijk. Dit zal ook zeker gelden voor de periode waarin de podzols gevormd zijn, maar als gevolg van het afgraven van een deel van het terrein is hier nu plaatselijk sprake van periodieke lokale kwel. Omdat de bodemkaart maatgevend is

voor de referentieperiode gaan we er van uit dat het in die periode inderdaad een infiltratiegebied was.



Figuur 11 Kwelkansen gebaseerd op bodemeenheden. (kaart 7d)

4.2.2.2 Historisch grondgebruik

Door de kaart met kwelkansen in figuur 11 te vergelijken met de topografische kaart van ca 1900 (figuur 4) kunnen we toetsen of de aangegeven kwelkans overeenkomt met het historische grondgebruik. Door Van Ek et al. (1997) wordt het voorkomen

Figuur 12 Vergelijking van kwelkansen met historisch grondgebruik.

Alterra-rapport 566.2

4.2.2.3 Profielkenmerken in boorpunten

In figuur 11 zijn voor boorpunten waar kalkrijke of ijzerrijke lagen voorkomen de begindieptes weergegeven in twee klassen. De verbreiding van deze punten komt goed overeen met de gronden met een grote kans op kwel in de referentiesituatie. De begindiepte van kalkrijke lagen is over het algemeen groot (> 80 cm – mv.), behalve bij twee punten in het broekbos in het noorden van Beekvliet, waar op 50 cm – mv. kalkrijk materiaal is aangetroffen. Of in de referentieperiode kalk ook ondieper en op meer plaatsen voor kwam is uit deze informatie niet af te leiden, omdat kalk relatief snel oplost en uitspoelt. IJzer lost minder snel op en komt in ijzerrijke lagen vaak in vrij grote hoeveelheden voor. Daarom zullen ijzerrijke lagen langer herkenbaar blijven, ook al is de kwel inmiddels over gegaan in infiltratie. In het oostelijk deel van Beekvliet, dicht bij de Slinge, komen een aantal punten voor in podzolgronden, waar tussen 25 en 70 cm – mv. ijzerrijke lagen voorkomen. Dit zijn waarschijnlijk zeer natte podzolgronden geweest, op de overgang naar het beekdal. In het westen komt binnen enkele vlakvaaggronden binnen 10 cm – mv. ijzerrijk materiaal voor. Deze gronden hebben volgens de kwelkanskaart mogelijk wat periodiek kwel gekend. Het voorkomen van ijzer in de bovengrond lijkt dit te bevestigen.

5 Actuele grondwaterregime

5.1 Actuele grondwaterstanden

5.1.1 Methode voor het bepalen van actuele grondwaterstanden

Voor het bepalen van de actuele grondwaterstanden hebben we gebruik gemaakt van de gegevens van peilbuizen, weergegevens, metingen in boorgaten en de hoogtekaart.

5.1.1.1 Tijdreeksanalyse voor peilbuizen

Om klimaatonafhankelijke grondwaterkarakteristieken af te leiden voor de peilbuizen hebben we een tijdreeksanalyse uitgevoerd met het programma KALMAX uit het pakket VIDENTE (Bierkens & Bron, 2000). Hiervoor hebben we in DINO een selectie gemaakt van grondwaterstandsmetingen in de periode 1990 t/m 2000. Voor de bepaling van het neerslagoverschot hebben we gebruik gemaakt van neerslaggegevens van de weerstations Rekken en Hupsel en verdampingsgegevens van het weerstation Twente vanaf 1970. Met behulp van deze meetreeksen is een relatie afgeleid tussen 14 daagse grondwaterstandsmetingen in de peilbuizen en het neerslagoverschot in de periode sinds de vorige meting. Die relatie is vervolgens toegepast over de gehele tijdreekslengte (30 jaar) van neerslagoverschotten om klimaatrepresentatieve tijdreeksen van grondwaterstanden te genereren, waaruit dan de GHG, GVG, GLG (maar ook andere kenmerken van de Gd zoals regimecurve, duurlijn en kwelklasse) kunnen worden afgeleid (Knotters en Van Walsum 1994). Hierbij is voor elke peilbuis de klimaatonafhankelijke GHG, GVG en GLG berekend, met een schatting van de standaardafwijking. Uit de duurlijn is het aantal inundatiedagen berekend. Door vergelijking van de voorspelde grondwaterstanden met de gemeten grondwaterstanden is een correlatiecoëfficiënt bepaald, waaruit blijkt hoe goed de gevonden relatie past bij de metingen. De resultaten van de tijdreeksanalyse staan in tabel 3.

Tabel 3 Klimaatonafhankelijke karakteristieken van de geselecteerde peilbuizen. Bij de bepaling van het effect van de meetdichtheid zijn de grijs gemarkeerde buizen weggelaten (zie 2.4.3).

Code in Code SBB DINO	GHG	GVG	GLG	sdGHG	sdGVG	sdGLG	inundatie (dagen)	correlatie coëfficiënt
34c7001 B001	11,4	37,1	95,0	3,09	3,30	3,32	0	0,62
34c7003 B005a	58,0	94,4	157,2	2,70	2,97	2,95	0	0,85
34c7011 B014	-1,1	29,4	84,0	1,84	1,92	2,02	30	0,87
34c7012 B015	50,1	80,8	142,9	2,14	2,22	2,35	0	0,90
34c7016 B021	57,2	91,4	162,6	2,33	2,40	2,56	0	0,92
34c7026 B023	162,1	193,3	271,9	2,35	2,34	2,55	0	0,94
34c7029 B027	64,8	95,5	158,4	1,99	2,05	2,20	0	0,93
34c7031 B029	57,5	88,6	154,2	2,04	2,09	2,24	0	0,93
34c7032 B030	157,9	194,3	266,8	2,97	3,20	3,27	0	0,88
34c7034 B032	94,7	130,1	198,9	2,23	2,31	2,46	0	0,92
34c7035 B033	226,4	254	338,5	3,91	3,86	4,03	0	0,79
34c7036 B034	45,7	78,0	136,8	2,24	2,40	2,47	1	0,87
34c7044 B035	7,6	37,6	98,0	2,28	2,42	2,51	18	0,89
34c7037 B036	58,5	91,5	156,4	2,31	2,42	2,54	0	0,92
34c7038 B037	11,4	44,0	101,4	2,18	2,33	2,39	13	0,88
34c7039 B038	74,6	110,4	191,1	2,93	3,04	3,20	0	0,92
34c7048 B039	-59,3	-39,7	5,8	2,38	2,51	2,55	308	0,86
34c7047 B043a	-55,3	-31,6	27,8	1,97	1,97	2,12	240	0,93

Er is een redelijke spreiding van de karakteristieken van de peilbuizen. De natste buizen zijn B039, in het broekbos in het noorden en B043a in het grote ven van Stelkampsveld. Beide buizen hebben een GHG ver boven maaiveld (> 50 cm), waardoor de locatie gedurende een groot deel van het jaar geïnundeerd is. Enkele buizen hebben een GHG in de buurt van maaiveld en een GLG rond een meter diepte. Hier komen gedurende 2 à 3 weken per jaar standen boven maaiveld voor. De buizen B023, B030 en B033 staan op de droogste plaatsen met GHG waarden dieper dan 150 (200) en GLG waarden dieper dan 250 (300) cm – mv.

5.1.1.2 Voorspelling GXG in boorgaten

Op de dagen dat in de boorgaten gerichte metingen zijn verricht hebben we ook de peilbuizen opgemeten. Hierdoor is het mogelijk om in de buizen voor de dag van de gerichte opname een regressierelatie te bepalen tussen de op die dag gemeten grondwaterstand en de berekende GXG (zie 5.1.1.1). Een variant hierop is het bepalen van zowel de zomer- als de wintergrondwaterstand enerzijds als de GXG anderzijds. Deze relatie heeft de algemene vorm van vergelijking 2.

$$GXG = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \varepsilon \quad (2)$$

waarbij x_1 de wintergrondwaterstand, x_2 de zomergrondwaterstand en de GXG de GHG, GVG of GLG in een peilbuis; β_i ($i = 0, 1$ of 2) zijn de regressieparameters en ε is de fout bij de regressie.

We hebben eerst bepaald welk model voor de voorspelling van de GXG het best is: één van de twee modellen gebaseerd op 1 gemeten stand (in dit geval geldt: $\beta_2 = 0$), of het model gebaseerd op 2 gemeten standen. Daarna wordt het gekozen regressiemodel gefit. Deze relatie wordt dan toegepast op de gemeten grondwaterstanden in boorgaten van de gerichte opname, hetgeen resulteert in een voorspelling van de GXG. Ook de onzekerheid van deze voorspelling wordt berekend met de variantie van de voorspelfout. De op deze manier voorspelde klimaatrepresentatieve GXG waarden voor de boorgaten zijn opgenomen in aanhangsel 2.

Bij het toepassen van de regressievergelijking kunnen er 2 bijzondere omstandigheden optreden. Deze omstandigheden en hoe daarmee wordt omgegaan worden hieronder kort geschetst.

1. De gemeten grondwaterstand in een boorgat is dieper dan de maximale boordiepte van 180 cm. In dat geval spreekt men van een “gecensureerde waarneming”: de precieze waarde is onbekend, maar wel is bekend dat de waarneming “dieper dan” een grenswaarde is. Na detectie van een gecensureerde waarneming wordt eerst een zgn. *maximum likelihood* schatting gemaakt van de grondwaterstand. Daarbij wordt de code ‘>180 cm’ vervangen door de meest waarschijnlijke diepte groter dan 180 cm. Dit getal wordt vervolgens ingevoerd in de regressievergelijking. De check op gecensureerde waarnemingen en de vervanging met het meest waarschijnlijke getal is standaard ingebouwd in het GENSTAT-programma waarmee de GXG wordt voorspeld.
2. De in het veld gemeten standen zijn veel natter of droger dan de standen die in de DINO-peilbuizen zijn gemeten. Dit verschijnsel heet ‘extrapolatie’ en kan met behulp van een statistisch criterium worden gesignaleerd. Dit criterium is bij de interpolatie tussen boorgaten gebruikt om te bepalen of een boorgat gebruikt wordt bij de interpolatie (zie 5.1.1.3).

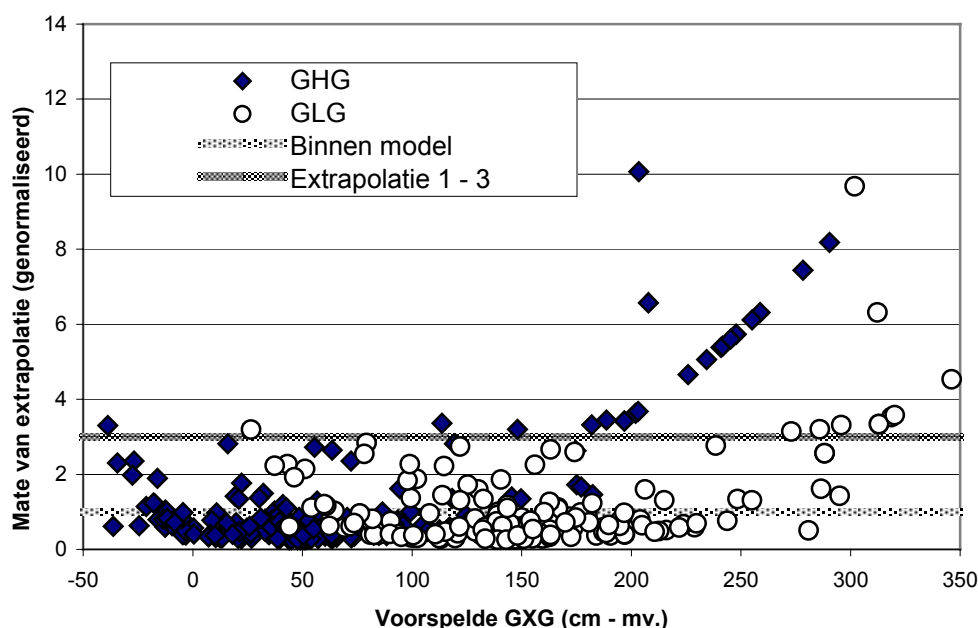
5.1.1.3 Interpolatie tussen boorgaten

Om een vlakdekkend beeld te krijgen van de GXG is een inverse afstand gewogen interpolatie (IDW) uitgevoerd op vergelijkbare wijze als voor de RGR (zie 4.1.2). Hierbij zijn punten waarbij een sterke interpolatie is toegepast weggelaten, omdat hierbij te diepe GXG waarden voorspeld werden onder ruggen.

Vergelijking van GXG waarden ten opzichte van NAP gaf te zien dat bij boorpunten met sterk geëxtrapoleerde GXG waarden onder ruggen, diepere grondwaterstanden voor zouden komen dan in aangrenzende laagtes. Daarom zijn deze punten weggelaten uit de analyse. De mate van extrapolatie zoals die in aanhangsel 2 is aangegeven, is afhankelijk van het aantal waarnemingen en het aantal gerichte metingen dat gebruikt is in het model. Daarom hebben we deze waarde eerst genormaliseerd. De genormaliseerde mate van extrapolatie volgt uit vergelijking 3.

$$MeGXGN = \frac{MeGXG}{2 \cdot (Nm / Nobs)} \quad (3)$$

Waarin $MeGXGN$ staat voor de genormaliseerde mate van extrapolatie van de GXG, $MeGXG$ de mate van extrapolatie, N_m het aantal gerichte metingen en N_{obs} het aantal waarnemingen in het model. Indien deze waarde groter is dan 1, valt de voorspelling van GXG buiten het geldigheidsbereik van het model en is sprake van extrapolatie, waardoor de voorspelling kritisch bekeken moet worden. Voor boorpunten waarbij $MeGXGN > 3$ bleek dat GXG waarden in het algemeen te diep voorspeld werden. Deze hebben we bij de interpolatie weggelaten. Deze punten zijn in aanhangsel 2 grijs gemarkeerd. In figuur 13 is de relatie weergegeven van de mate van extrapolatie met de diepte van de voorspelde GXG. Hieruit blijkt dat vooral bij diepere grondwaterstanden spraken is van extrapolatie. Dit komt omdat er relatief weinig peilbuizen zijn die met diepere GXG waarden.



Figuur 13 Relatie tussen diepte van de GXG en de mate waarin extrapolatie is toegepast bij het schatten van GXG.

Voor de actuele GHG, GVG en GLG zijn de geïnterpoleerde waarden weergegeven in kaart 8a, 8b en 8c.

5.1.2 Resultaten actuele grondwaterstanden

Er is een duidelijk verschil tussen de oostelijke en de westelijke helft van Beekvliet. Het oosten is het droogste. Afgezien van enkele lage plekken komt de GHG bijna nergens ondieper dan 60 cm – mv. voor, meestal bedraagt de GHG in de lagere delen 80 –140 cm – mv. en onder de ruggen meer dan 200 cm – mv. De GLG is in het oosten overal dieper dan 140 cm – mv. en onder de ruggen dieper dan 200 (300) cm – mv.

In het westelijk deel komen nog wel natte gronden voor. De natste delen zijn het broekbos in het noorden van Beekvliet, de veengronden in het zuidwesten, De laagste delen van Stelkampsveld en enkele afgegraven plekken in de omgeving van de Oude Beek. Hier komen nog GHG waarden aan of boven maaiveld voor. In de beekdalen is dat nauwelijks nog het geval. De GLG in deze natste delen varieert van 15 – 30 cm – mv. in het noordelijk deel van het broekbos tot 50 à 60 cm – mv. in andere natte plekken. De GHG in de beekdalen varieert van 30 tot 120 cm – mv. en de GLG 70 tot 120 cm – mv.

5.2 Actuele kwel

5.2.1 Methode voor het bepalen van actuele kwelkansen

Voor het bepalen van de actuele kwel hebben we een aantal gegevens gecombineerd, en op basis daarvan een inschatting gemaakt van de kans dat er nu nog kwel voor komt. Dit is dus een kwalitatieve beoordeling van de kans op kwel die aansluit bij de kwelkansenkaart zoals die voor de referentiesituatie is afgeleid uit de bodemkaart. Er wordt geen inschatting gegeven van de kwelintensiteit of watertype.

Per vlak van de bodemkaart zijn onderstaande gegevens geïnterpreteerd en is een kwelkans geschat. Zonodig is hierbij een kaartvlak opgedeeld in vlakken met verschillende kwelkansen. Het resultaat hiervan is weergegeven in de kaart met actuele kwelkans (kaart 8d).

Kwelkansen volgens de bodemkaart

De kwelkansenkaart (figuur 11) is gebaseerd op de bodemkaart en zal daarom deels fossiele informatie bevatten. Daarmee is deze kaart echter niet geheel onbruikbaar. Gronden waar in de referentiesituatie de kans op kwel groot is, hebben ook nu een relatief grotere kans dat er nog kwel voor komt en in infiltratiegebieden zal niet snel kwel optreden.

Waterkwaliteit in boorgaten

De EGV (mS/m) die in de boorgaten gemeten is geeft een indicatie van het watertype in het freatisch vlak. Lage EGV-waarden duiden op een belangrijk aandeel van regenwater, waardoor het onwaarschijnlijk is dat hier sprake is van kwel. Voor boorgaten waar in de zomerperiode een EGV meting is gedaan zijn de waarden aangegeven op kaart 8d.

Actuele GHG

Een belangrijke voorwaarde voor kwelinvloed in de bovengrond is een ondiepe grondwaterstand, in elk geval in een deel van het jaar. Bij ontwaterde percelen kan wellicht op enige diepte grondwater met een lythotroof karakter voorkomen, maar als de grondwaterstand te laag blijft, heeft het geen invloed op de bovengrond en dus ook niet op de standplaats.

pH-KCl van de bovengrond

Een belangrijke standplaats eigenschap is de zuurgraad van de bovengrond. Deze is indirect afhankelijk van kwel. Bij voldoende aanvoer van basische kationen met kwelwater, zal de zuurgraad op een hoog niveau gebufferd worden. Bij infiltratie vindt uitputting van de zuurbuffer plaats, waardoor de zuurgraad daalt. In kaart 8d hebben we de gemiddelde pH-KCl van de bovengrond opgenomen. Deze is in verschillende horizonten bepaald met indicatorstaafjes en gemiddeld over 0 tot 40 cm – mv.

Kwelverschijnselen in oppervlaktewater

Bij de kartering van kwelverschijnselen in oppervlaktewater is gelet op het voorkomen van roestneerslag op de bodem en ijzerbacteriefilmpjes op het wateroppervlak. Dit is aangegeven in kaart 8d. Ook water waar geen kwelverschijnselen gevonden zijn en drooggevallen waterlopen zijn in kaart gebracht.

Op een aantal plaatsen is ook de EGV van het oppervlaktewater gemeten en in kaart 8d weergegeven.

Kwelverschijnselen in oppervlaktewater indiceren het voorkomen van ijzerhoudend grondwater. Of dit ook als kwelwater tot in de bovengrond komt, of via de sloten afgevoerd wordt is hiermee niet te zeggen. Het ontbreken van kwelverschijnselen of zelfs het ontbreken van water is echter een sterke negatieve indicatie voor kwel.

5.2.2 Resultaten Actuele kwelkansen

Waterkwaliteit in boorgaten

Alleen op basis van de EGV kan geen typering van het grondwater gegeven worden, maar het geeft wel een indicatie. In de meeste boorgaten is de EGV lager dan 10 mS/m. Hier is vrijwel zeker sprake van atmotroof water, als gevolg van infiltratie. In het broekbos in het Noorden en in enkele veengronden langs de Visserij zijn EGV waarden tussen 75 en 150 mS/m gemeten. Hier is waarschijnlijk wel sprake van lythotroof grondwater. In andere boorgaten zijn tussenliggende waarden gemeten, hetgeen duidt op mengwatertypen.

Actuele GHG

Alleen in de natste delen, met een GHG < 30 cm – mv. kan kwel verwacht worden (zie kaart 8a en 5.1.2)

pH-KCl van de bovengrond

Bij de interpretatie van de pH-KCl van de bovengrond moet rekening gehouden worden met het grondgebruik. Met name in het oostelijk deel van Beekvliet, en op de hoge ruggen met enkeerdgronden, komen veel boorpunten voor met pH-KCl 4,5 – 5,5. Deze punten komen voor op landbouwgronden en de zuurgraad is hier beïnvloed door bemesting en/of bekalking. In natuurterreinen en bos is de zuurgraad van de bovengrond veel duidelijker gerelateerd aan de hydrologische situatie. De meeste boorpunten buiten de landbouwgronden hebben een lage zuurgraad (pH-KCl

< 4). Dit wijst duidelijk op infiltratie. Dat geldt ook voor enkele landbouwgronden in beekdalen met pH-KCl 4 – 4,5. In enkele lage punten in de beekdalen en een enkel punt in Stelkampsveld is de pH-KCl 4,5 – 5,5. Dit zijn normale waarden voor bovengronden waar de zuurgraad periodiek gebufferd wordt door kwelwater. Enkele boorpunten in natuurterreinen hebben pH-KCl 6 – 6,5. Hier lijkt duidelijk sprake te zijn van permanente kwel.

Kwelverschijnselen in oppervlaktewater

Bij de kartering van kwelverschijnselen in oppervlaktewater in april 2002 bleken veel waterlopen droog te staan. Dit is vooral het geval in het oostelijk deel van Beekvliet, afgezien van een klein stukje dat bij de Afwatering van Schuurman behoort. Dit betreft een diepe sloot, waarin op een deel van de bodem ook roestneerslag werd aangetroffen. De foto van figuur 3 is op deze plaats genomen. In het westelijk deel van Beekvliet werd vrijwel alleen water aangetroffen in de hoofdafwatering die gevormd wordt door de Visserij en de Oude Beek. Verder werd water aangetroffen in enkele sloten in de laagste delen van de beekdalen, in Stelkampsveld en een aantal vennen en afgegraven laagtes. Het broekbos in noorden langs de Oude Beek en in het westen langs de Visserij waren zeer nat.

Kwelverschijnselen, voornamelijk roest, maar ook ijzerbacteriefilmpjes werden aangetroffen in de beken en in de sloten in de laagste delen van de beekdalen. In de broekbossen werden alleen in de laagste delen kwelverschijnselen waargenomen. In Stelkampsveld werd nergens roestneerslag gevonden, maar wel ijzerbacteriefilm in de slenk, het Charaven en de afvoersloot.

De EGV-metingen in het oppervlaktewater komen goed overeen met de kartering van de kwelverschijnselen. Op veel plaatsen waar kwelverschijnselen gekarteerd zijn, bedroeg deze 25 – 75 mS/m. In de Visserij werd ook op enkele punten een EGV > 100 mS/m gemeten, hetgeen ook deels veroorzaakt kan zijn door bemestingsinvloed. In de meeste vennen en afgegraven stukken is EGV < 10 mS/m. Deze worden door regenwater gevoed. De vennen in Stelkampsveld hebben, afgezien van het noordelijke ven, waarschijnlijk wel een grotere grondwaterinvloed.

Actuele Kwelkansen

Uit de combinatie van bovenstaande gegevens blijkt dat de actuele kwel in de percelen beperkt is tot lage delen van de dalen van de Visserij en de Oude Beek en Stelkampsveld, in een smalle strook om de vennen. Op de overgang naar de infiltratie gebieden komen plaatselijk stukken voor waar mogelijk wat periodieke kwel optreedt.

6 Mate van verdroging

De mate van verdroging is bepaald vanuit twee invalshoeken. In de eerste plaats is de verandering van de GXG (GVG) als maat genomen voor de grondwaterstands­daling (zie 6.1). Dit is de meest letterlijke vorm van verdroging, waardoor de vocht­huishouding in de bodem verandert. De vegetatie reageert daarop door het verdwijnen van vochtminnende soorten. Een ander belangrijk aspect bij verdroging is de verandering van de kwelkans. Ook op plaatsen waar de grondwaterstanden weinig gedaald zijn, kan verdroging tot uiting komen in een afname van de kwel. Dit wordt behandeld in 6.2.

6.1 Verandering grondwaterstanden

De verandering van de grondwaterstanden hebben we bepaald door de GXG in de referentieperiode af te trekken van de actuele GXG. De resultaten hiervan staan op kaart 9a, 9b en 9c.

De actuele GVG kan, net als de GHG en de GLG, afgeleid worden uit de tijdreeksanalyse van de peilbuizen (zie 5.1.1.1) en vervolgens voorspeld worden voor de boorgaten (5.1.1.2) en door interpolatie gebiedsdekkend toegepast worden. Voor de GVG in de referentieperiode kan dit echter niet op dezelfde wijze afgeleid worden. Deze methode is namelijk gebaseerd op schattingen van de GHG en de GLG in de boorgaten (4.1.2). De GVG valt hierbij niet waar te nemen. De GVG valt wel te benaderen door middel van een lineaire vergelijking die door middel van een regressieanalyse is afgeleid van metingen in een groot aantal peilbuizen (Van der Sluijs, 1990). Hierbij is de GVG afhankelijk van de GHG en het verschil tussen GHG en GLG. Deze relatie wordt beschreven in vergelijking 4.

$$GVG = 5,4 + 1,02 \cdot GHG + 0,19 \cdot (GLG - GHG) \quad (4)$$

Om een goede vergelijking te kunnen maken van de GVG hebben we deze zowel voor de referentie als voor de actuele situatie berekend met vergelijking 4. In beide gevallen hebben we de formule toegepast op de GHG en GLG voor de boorgaten, waarna we de tussenliggende waarden hebben vastgesteld door interpolatie (4.1.2 en 5.1.1.3). Hierbij zijn GVG-waarden boven maaiveld afgetopt op $GVG = 0$.

6.1.1 Resultaten verandering GXG

De mate van verdroging door verandering van GXG is weergegeven in kaart 9a, 9b en 9c. In de natste delen van Beekvliet is vaak een lichte vernatting opgetreden. Dit kan samenhangen met in waterconservering in natte natuurterreinen. Ook de afgegraven delen van Stelkampsveld en ten zuiden van het dal van de Oude Beek zijn licht vernat. De beekdalen zijn over het algemeen licht, en plaatselijk matig of sterk

verdroogd. De daling van de GHG is hierbij het grootst (10 tot 80 cm). De GLG-verlaging in de beekdalen bedraagt 10 tot 40 cm. De sterkste verdroging komt voor in het midden en oosten van Beekvliet, in de omgeving van de afwatering van Schuurman. Hier is de GHG-verlaging > 80 cm en de GLG verlaging 40 - > 80 cm. Over het algemeen is de oostelijke helft van Beekvliet meer verdroogd dan de westelijke helft.

6.2 Verandering kwelkansen

De kwelkansen zijn aangegeven in vijf klassen in figuur 11 voor de referentiesituatie en in kaart 8d voor de actuele situatie. De verandering van de kwelkansen hebben we vastgesteld door te bepalen hoeveel klassen de kwelkans is veranderd. Deze verandering is gewaardeerd volgens tabel 4. Deze verandering is weergegeven in bijlage 9d.

Tabel 4 Waardering van de verandering in kwelklasse.

Klasse	Omschrijving
-3	sterk toegenomen
-2	matig toegenomen
-1	licht toegenomen
0	onveranderd
1	licht afgenomen
2	matig afgenomen
3	sterk afgenomen
4	zeer sterk afgenomen

6.2.1 Resultaten verandering kwelkansen

De verandering van de kwelkansen is weergegeven in kaart 9d. Er is sprake van toename van kwelkansen in enkele laaggelegen delen van Beekvliet (vergelijk kaart 9d met kaart 4). Dit zijn laagtes, waar de stijghoogte van het diepere grondwater mogelijk in de buurt van het maaiveld komt. De verwachting is echter dat dat in de referentiesituatie op zijn minst in dezelfde mate het geval was. Het kan zijn dat de kwelkansen voor de referentiesituatie onderschat zijn. Het Stelkampsveld vormt hierop een uitzondering, omdat hier de kwel duidelijk is toegenomen na het afgraven van de laagtes.

In de beekdalen is de kwelkans over het algemeen zeer sterk afgenomen, afgezien van een laagte in het dal van de Oude Beek ten zuidoosten van Stelkampsveld. Hier is sprake van een lichte afname van de kwelkans. Daar is nog steeds behoorlijk wat kwelinvloed aanwezig (kaart 8d).

Voor een vrij groot deel van Beekvliet is volgens kaart 9d de kwelkans onveranderd. Dit betreft voornamelijk gronden waar zowel in de referentie- als in de actuele situatie alleen sprake is van infiltratie.

7 Effect meetdichtheden

Voor de planning van toekomstige verdrogingskarteringen is het van belang te weten hoeveel waarnemingen nodig zijn om een goede beoordeling van de verdroging te geven. Hierbij gaat het om het aantal peilbuizen dat opgenomen moet worden en om de hoeveelheid boorgaten dat gemaakt moet worden.

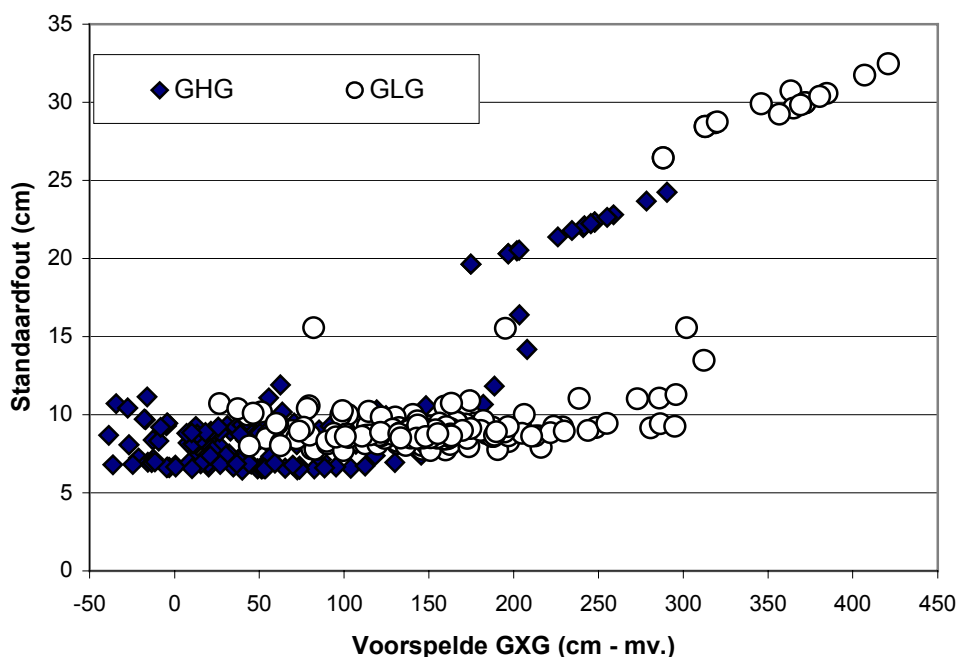
We hebben eerst het effect van het aantal peilbuizen op de voorspelfout van de GXG in de boorgaten onderzocht. Vervolgens hebben we onderzocht wat de invloed van een beperkt aantal boorpunten is op de geïnterpoleerde GXG-waarden.

7.1 Effect aantal buizen op voorspelling GXG in boorgaten

Het effect van het aantal peilbuizen op de voorspelling van de GXG is onderzocht door te berekenen hoe de standaardfout zou veranderen bij een variabel aantal peilbuizen. De standaardfout (se) is gedefinieerd volgens vergelijking 5 (naar Oude Voshaar 1994).

$$se(\text{voorspelling}) = \sqrt{s^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - X_{\text{gem}})^2}{\sum (X_i - X_{\text{gem}})^2}\right)} \quad (5)$$

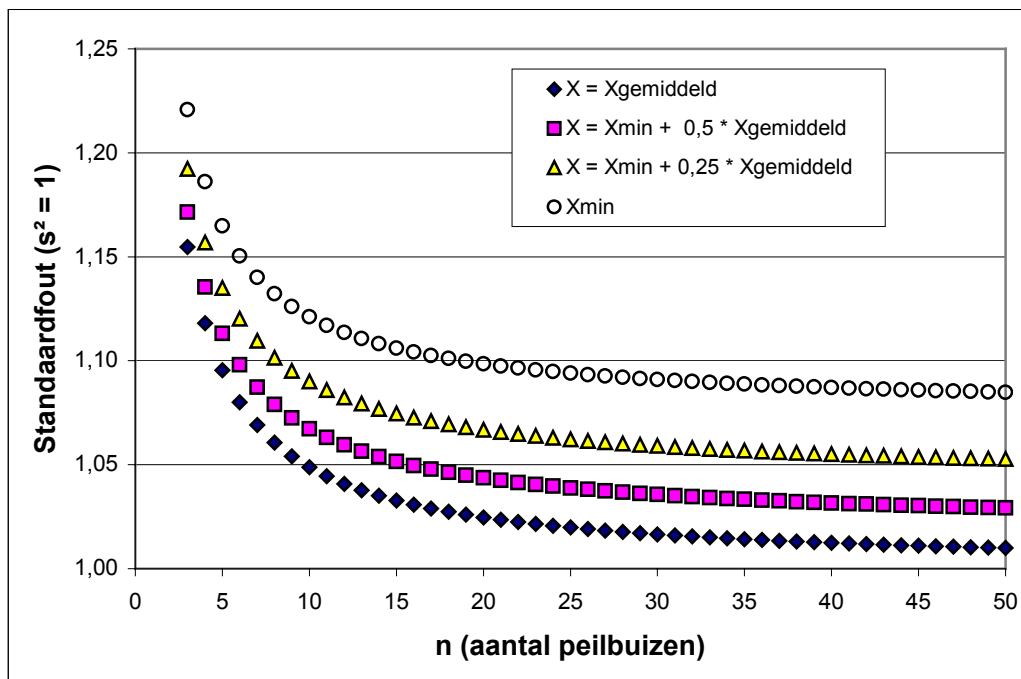
Hierbij staat s^2 voor de restvariantie van het regressiemodel waarop de voorspelling is gebaseerd, n voor het aantal peilbuizen waar het model op gebaseerd is, X_0 voor de gerichte grondwaterstandsmeting waarvoor een voorspelling is gedaan van de GXG, X_i de gerichte meting in de i^{e} peilbuis en X_{gem} voor het gemiddelde van de gerichte metingen in de buizen. In figuur 14 hebben we voor alle boorgaten de standaardfout voor de GHG en de GLG uitgezet tegen de GXG zoals deze voorspeld is op basis van 18 peilbuizen.



Figuur 14 Relatie tussen de standaardfout en de voorspelde GXG in de boorgaten bij 18 peilbuizen.

De standaardfout neemt sterk toe bij $\text{GHG} > 175 \text{ cm} - \text{mv.}$ en $\text{GLG} > 325 \text{ cm} - \text{mv.}$ Waarschijnlijk zijn deze schattingen gebaseerd op modellen met een grote restvariantie. Op deze dieptes neemt ook de mate van extrapolatie sterk toe (zie figuur 13). Er is maar één buis die dergelijke diepe standen heeft (B033). Voor een betere schatting van de diepere grondwaterstanden zijn dus meer diepe buizen nodig. Voor deze diepe standen is vaak een model met 1 gerichte meting gebruikt (zie aanhangsel 2).

De voorspellingen van de GXG en de standaardfout van deze voorspellingen is gebaseerd op een aantal verschillende modellen, omdat per meetdag een model op basis van één of meer gerichte metingen opgesteld is. Per model zal de schatting van de restvariantie (s^2 in vergelijking 5) verschillen. De invloed van het aantal buizen op de standaardfout van de voorspellingen wordt in figuur 15 geïllustreerd. Door in vergelijking 5 de restvariantie standaard de waarde 1 te geven is de invloed van de restvariantie uitgeschakeld. De standaardfout hangt volgens vergelijking 5 ook af van het verschil tussen de gerichte meting X_0 en het gemiddelde van alle gerichte metingen X_{gem} . Als $X_0 = X_{\text{gem}}$, zal se tot 1 naderen bij zeer grote waarden van n . De standaardfout is dan dus gelijk aan de wortel van de restvariantie. Bij waarden voor X_0 die groter of kleiner zijn dan X_{gem} (diepe of ondiepe grondwaterstanden) neemt de se toe. Dit laatste effect is in figuur 15 zichtbaar gemaakt door de standaardfout weer te geven op verschillende afstanden van X_{gem} .



Figuur 15 Effect van het aantal peilbuizen op de standaardfout, bij restvariantie $s^2 = 1$

Uit figuur 15 blijkt dat bij een aantal peilbuizen (n) kleiner dan 10 de standaardfout sterk toeneemt naarmate n kleiner wordt. Voor karteringen van de grondwaterdynamiek wordt als vuistregel gehanteerd dat minstens 15 à 20 peilbuizen gebruikt moeten worden die samen het bereik van de GXG-waarden in het gebied goed beschrijven. Dat komt overeen met de bevindingen in deze paragraaf. Het aantal van 18 peilbuizen in deze studie lijkt daarmee redelijk. De verdeling van de peilbuizen over de verschillende GXG-waarden is te ongelijk (zie tabel 3). Hierdoor zijn ook de voorspellingen van diepere GXG-waarden te onzeker (zie figuur 13 en 14). Uit kaart 5 kan opgemaakt worden dat de spreiding van de peilbuizen over het studiegebied ook niet optimaal is.

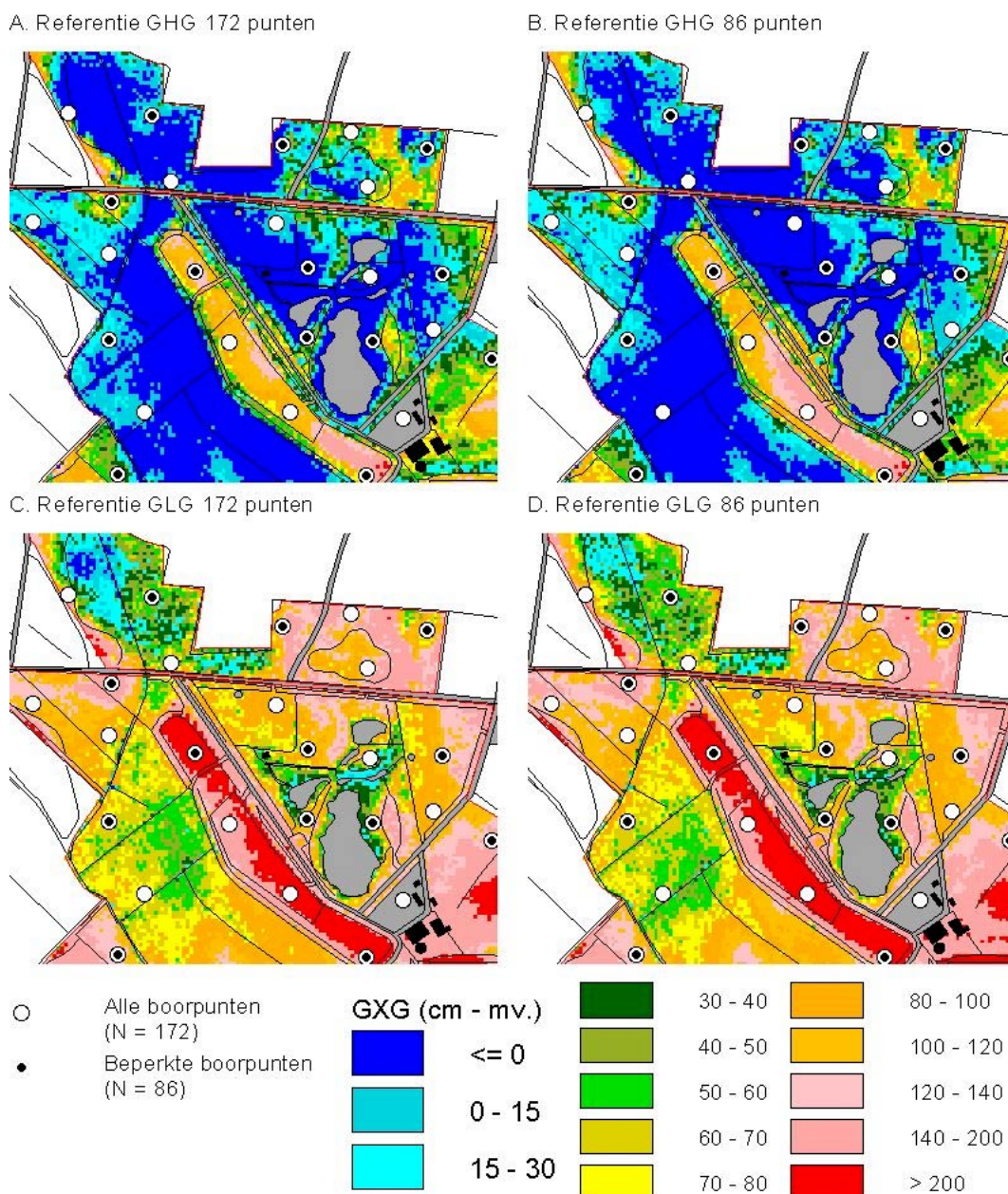
7.2 Effect van het aantal boorgaten op de geïnterpoleerde GXG-waarden

Om het effect van het aantal boorgaten op de geïnterpoleerde GXG waarden te onderzoeken is eerst een kwalitatieve methode gehanteerd, waarbij met name het kaartbeeld is vergeleken. Dit hebben we zowel voor de GXGref als de GXGact gedaan (7.2.1). In 7.2.2 bespreken we een meer kwantitatieve benadering, waarbij door middel van crossvalidatie het effect van boringsdichtheden op de GXGact is onderzocht.

7.2.1 Beoordeling van het kaartbeeld bij verschillende boordichtheden

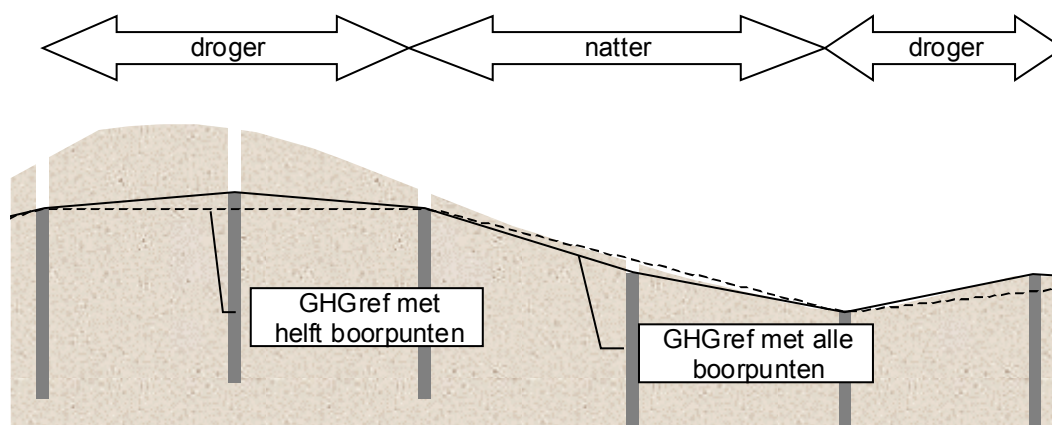
7.2.1.1 GXG in de referentieperiode

Om een indruk te krijgen van de invloed van de dichtheid van het meetnet op de voorspelling van GXGref hebben we de interpolatie van GHGoud herhaald met minder punten. Bij de opname hebben we 172 punten beschreven. Dat komt overeen met ongeveer 1 punt per ha. Bij de tweede berekening hebben we het aantal boorpunten gehalveerd tot 86, hetgeen overeenkomt met 1 punt per 2 ha. Voor de omgeving van Stelkampsveld hebben we GHGref en GLGref vergeleken in figuur 16.



Figuur 16 Effect van meetdichtheid op interpolatie GXGref (N = 172 $\approx$ 1 boring/ha, N = 86 $\approx$ 1 boring/2 ha).

GHGref lijkt het meest gevoelig te zijn voor de dichtheid van de metingen (16A vs. 16B). In de drogere delen komen weinig verschillen tot uiting, hoewel de zuidoostelijke helft van de hoge rug wat droger gekarteerd wordt bij het beperkte aantal punten. In de nattere delen van het terrein treden wel belangrijke verschuivingen op. In het algemeen worden deze delen bij een lagere dichtheid natter gekarteerd, waarbij de klasse ≤ 0 toeneemt ten kostte van de klassen 0 – 15 en 15 – 30 cm – mv. Daar staat tegenover dat het broekbos in het noorden, het oostelijk deel van Stelkampsveld en het zuidoostelijke deel van het dal van de Oude beek juist droger uitvallen. Voor GLGref zijn de verschillen veel kleiner, hoewel het broekbos en de slenk in Stelkampsveld wat droger gekarteerd worden. In figuur 17 worden de verschillen ten gevolge van de geringere boordichtheid geïllustreerd.



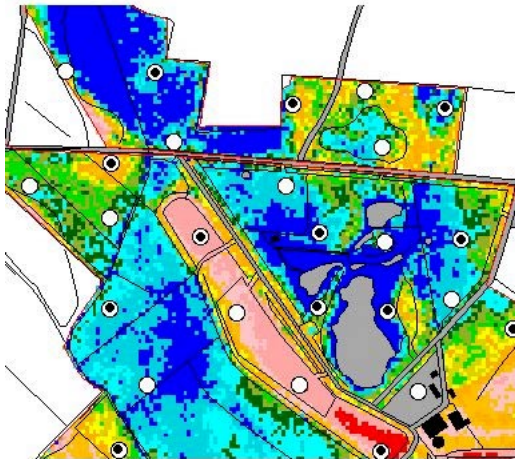
Figuur 17 Verklaring voor verschillen in GXGref afhankelijk van meetdichtheid

Door het wegvallen van tussenpunten worden verschillen tussen punten meer rechtgetrokken. Hierdoor kunnen delen van het terrein te nat of te droog gekarteerd worden bij een geringere boordichtheid. Deze verschillen lijken het grootst te zijn bij de nattere terreindelen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het belangrijk is in de nattere delen een voldoende hoge waarnemingsdichtheid te hanteren, terwijl in drogere gebieden een geringere dichtheid gehanteerd zou kunnen worden. Ook voor de typering van de standplaats is een afwijking bij ondiepe grondwaterstanden ingrijpender dan bij diepere.

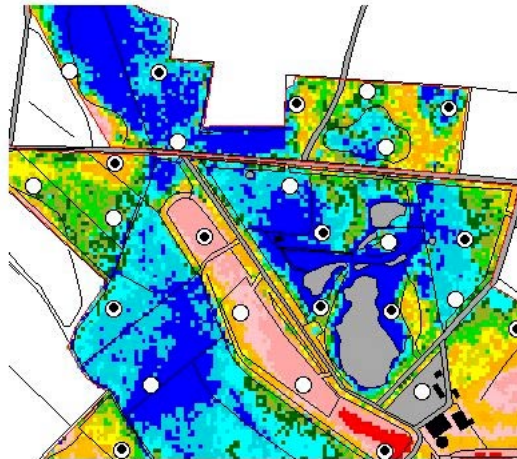
7.2.1.2 Actuele GXG

De gebruikte interpolatiemethode (zie 5.1.1.3) geeft geen statistische maat voor de kwaliteit van de schatting van de GXG in een bepaalde cel. In figuur 18 geven we een kwalitatieve vergelijking van de interpolatie van de GHG en GLG bij twee verschillende boringsdichtheden.

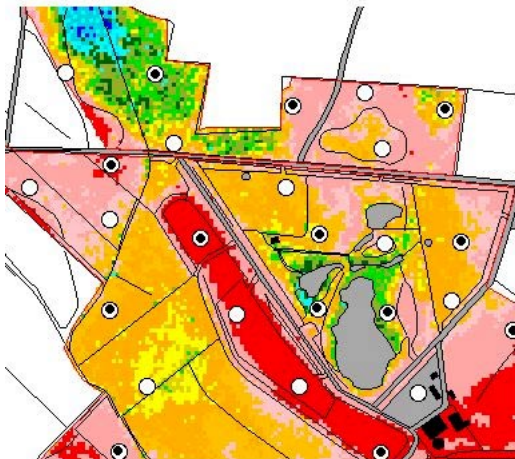
A. GHG op basis van 172 boorpunten



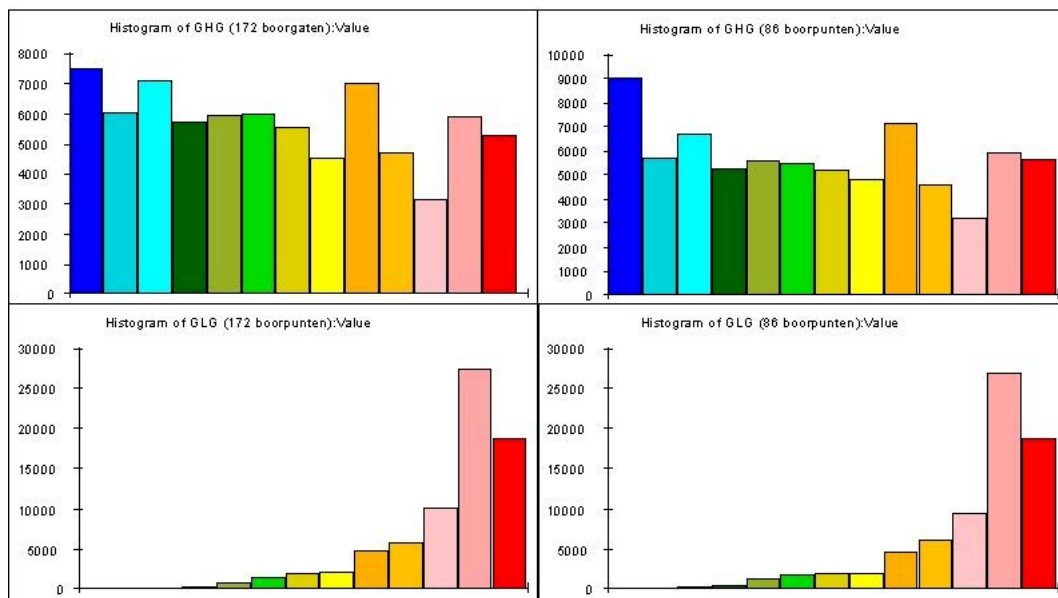
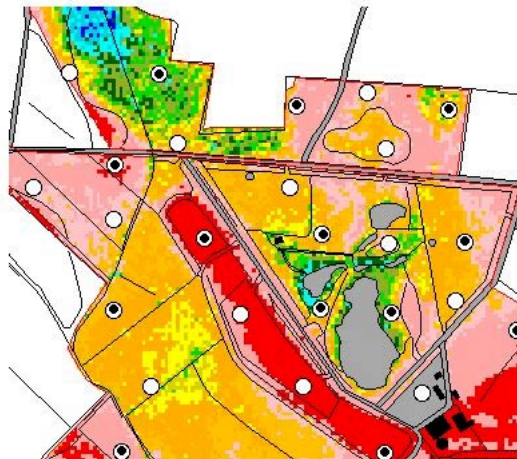
B. GHG op basis van 86 boorpunten



C. GLG op basis van 172 boorpunten



D. GLG op basis van 86 boorpunten



Figuur 18 Effect van de boordichtheid op de interpolatie van de actuele GXG. Voor legenda zie figuur 16.

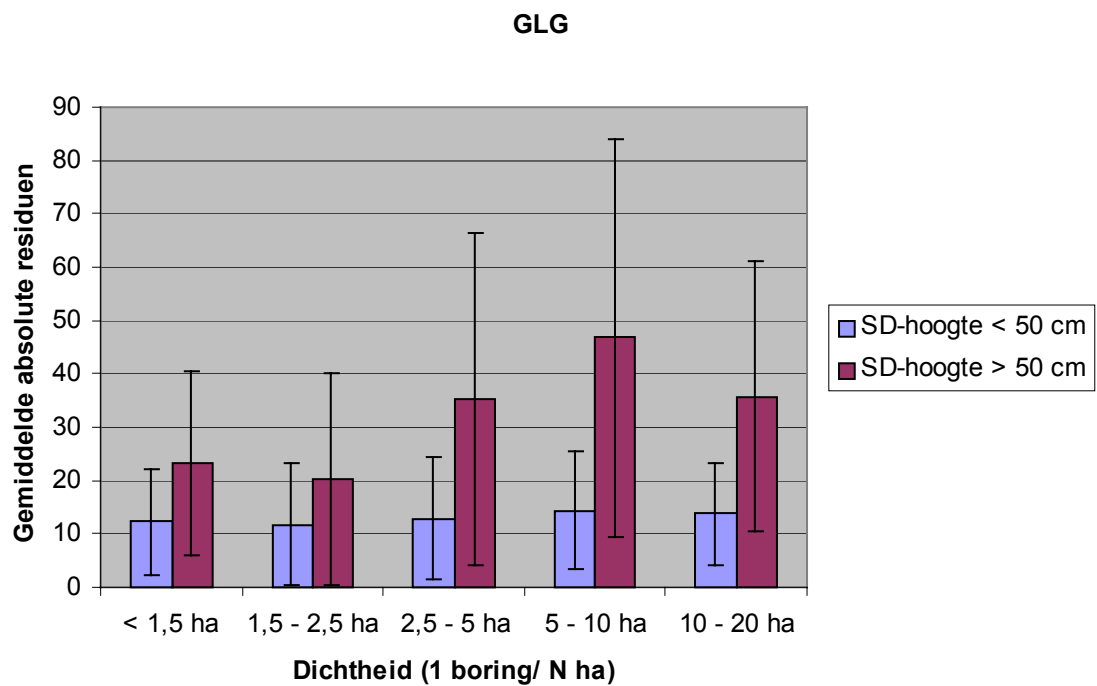
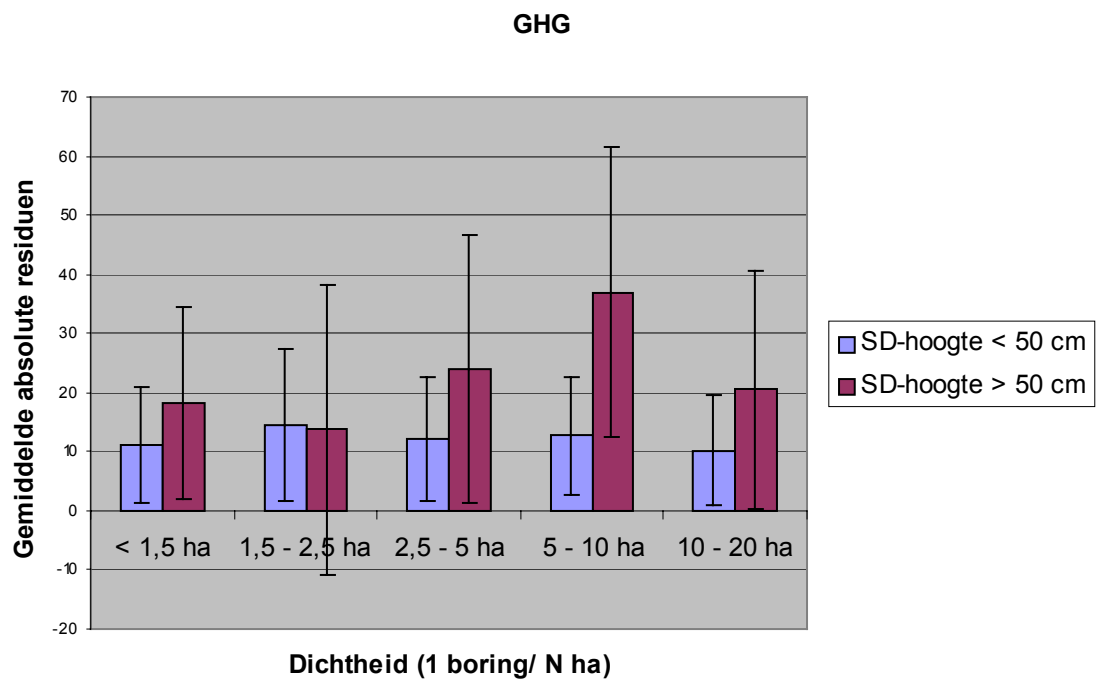
De belangrijkste verschillen treden op voor de schatting van de GHG in natte gebieden. Bij vergelijking van figuur 18A en 18B blijkt dat het dal van de Oude Beek en Stelkampsveld natter gekarteerd worden met een geringere dichtheid en het broekbos in het noorden iets droger. In de histogrammen voor de GHG is te zien dat de klasse ≤ 0 cm – mv. met 20% toeneemt, ten kostte van de klassen 0 – 15 en 15 – 30 cm – mv. Deze verschuiving is te verklaren uit het wegvallen van tussenpunten, waardoor over grotere afstanden geïnterpoleerd wordt (zie figuur 17). Voor de overige klassen zijn de verschuivingen veel kleiner, hoewel lokaal wel verschillen kunnen voorkomen in de GHG bij twee dichtheden, maar dat komt niet tot uiting in de totale verdeling. Voor de GLG zijn de verschillen bij de twee dichtheden erg klein.

Voor de kartering van de actuele GHG, GVG en GLG in kaart 8a, 8b en 8c zijn we uitgegaan van alle 172 boorgaten. Uit voorgaande analyse kan afgeleid worden dat in nattere delen van het gebied een hoge dichtheid van boorgaten zinvol is. Voor de drogere delen kan ook met een kleiner aantal boringen volstaan worden.

7.2.2 Beoordeling effect boordichtheid door crossvalidatie

Voor de actuele GHG en GLG hebben we een kwantitatieve analyse gemaakt van het effect van de boordichtheid op de kwaliteit van de voorspelling van de GXG. Hiervoor hebben we een zgn. ‘crossvalidatie’ uitgevoerd.

De actuele GXG zoals die voorspeld is in de boorgaten, is vlakdekkend in kaart gebracht door middel van ‘Inverse distance weighted’ interpolatie (IDW, zie 5.1.1.3). Bij een crossvalidatie wordt de interpolatie net zo vaak herhaald, als er punten zijn, waarvoor geïnterpoleerd moet worden, waarbij steeds 1 punt weggelaten wordt. Door vervolgens het verschil (residu) te bepalen tussen de GXG waarde van dat punt en de geïnterpoleerde waarde, wordt een maat verkregen voor de kwaliteit van de interpolatie bij dat punt. In kaart 10 hebben we voor verschillende boringsdichtheden de residuen bepaald in de boorpunten. Door gemiddelde waarden van deze residuen uit te zetten tegen de boordichtheid, kan het effect van de boordichtheid beoordeeld worden. In figuur 19 hebben we de gemiddelde residuen uitgezet tegen de boordichtheid. Hiervoor hebben we crossvalidaties uitgevoerd met respectievelijk 172, 86, 43 en 22 boringen. De boordichtheid is afgeleid door per punt de gemiddelde afstand tot de 5 dichtstbijzijnde punten te bepalen en deze om te rekenen naar een boordichtheid voor dat punt. Omdat de residuen zowel positieve als negatieve waarden kunnen hebben, is het gemiddelde bepaald van de absolute waarden, anders zou het gemiddelde residu zeer klein kunnen zijn, in gevallen waar zowel grote positieve als negatieve waarden voorkomen.



Figuur 19 Effect boordichtheid op residuen.

De spreiding van de residuen is vrij groot. Bij een vergelijking van de residuen bij verschillende boringsdichtheden voor het hele gebied werden dan ook weinig verschillen gevonden. In figuur 19 is echter onderscheid gemaakt in twee reliëfklassen. Hiervoor is op basis van het AHN-bestand de standaarddeviatie van de

maaiveldhoogte in een cirkel van 100 meter doorsnede rondom de cel bepaald (zie kaart 10). Gebieden met een standaarddeviatie < 50 cm (SD-hoogte < 50 in figuur 19) beschouwen we als min of meer vlak. Als de standaarddeviatie groter is, is het gebied reliëfrijk.

Uit figuur 19 blijkt dat in de vlakke gebieden de boordichtheid niet veel invloed heeft op de residuen. Dit is ook logisch, omdat in een vlak gebied het grondwaterstandsverloop ook min of meer vlak verondersteld mag worden. In reliëfrijke gebieden treden wel verschillen op. Hier neemt, zowel voor de GHG als voor de GLG, het gemiddelde van de residuen sterk toe bij een boordichtheid die kleiner is dan 1 boring per 2,5 ha.

7.2.3 Conclusies ten aanzien van de boordichtheid

Door bij het plannen van de boringen het gebied eerst te stratificeren naar reliëfklassen, kan een variabele boordichtheid gehanteerd worden. Op basis van de resultaten van de analyse in de vorige paragraaf, kan daarbij aangehouden worden dat in een reliëfrijk terrein minimaal 1 boring per 2,5 aan te bevelen is om een goede beschrijving te geven van het grondwaterstandsverloop.

In vlakke terreinen zal in principe met minder boringen volstaan kunnen worden. Hier zal vooral rekening gehouden moeten worden met de grootte van een aaneengesloten vlak gebied, en diepte van het grondwater. In droge vlakke gebieden kan waarschijnlijk met een gering aantal boringen op strategische plaatsen volstaan kunnen worden. Omdat uit de vergelijking van de kaartbeelden in paragraaf 7.2.1 is gebleken dat in nattere terreindelen in het algemeen een te ondiepe GXG voorspeld wordt, zal in elk geval op een aantal strategische plaatsen gemeten moeten worden, zoals in de buurt van overgangen naar hogere delen, en binnen het vlak, als het reliëf daar aanleiding toe geeft.

8 Vegetatieanalyse

8.1 Vegetatiekarteringen bij Staatsbosbeheer

Vanaf 1988 laat Staatsbosbeheer gedetailleerde vegetatiekarteringen uitvoeren door ecologische adviesbureaus, volgens een vrij nauwkeurig geformuleerde systematiek. Voor die tijd werden slechts incidenteel vegetatiekarteringen uitgevoerd.

Deze karteringen dienen verschillende doelen: met name vormen ze een belangrijk element voor de landschapsecologische analyse die gemaakt wordt om te doorzien hoe het natuurterrein op verschillende schaalniveaus ecologisch functioneert. Op basis van dat inzicht kan er effectief gepland en beheerd worden op behoud of herstel van natuurwaarden. Een belangrijk onderdeel van deze landschapsecologische analyse vormt het zicht krijgen op (grond-)waterstanden en -stromingen, zuurgraad en trofieniveau. Naast directe metingen hiervan via peilbuizen en chemische analyses vormen de vegetatiekarteringen een belangrijke gegevensbron die over deze condities vlakdekkend informatie geven.

Verder is een belangrijk doel van de vegetatiekarteringen om de ontwikkeling van de vegetatiekwaliteiten te volgen en het wel en wee van rode lijstsoorten, maar dat aspect blijft in dit verband buiten beschouwing.

In Bilius et al., 1993 is de methodiek van vegetatiebasiskartering bij Staatsbosbeheer beschreven. In het kort komt het erop neer, dat per kartering op basis van een landelijke vegetatietypologie een lokale typologie gemaakt wordt, waarmee de actueel voorkomende vegetaties in het natuurterrein goed beschreven kunnen worden. De lokale typen kunnen overeenkomen met landelijke typen, maar ook kan het gaan om overgangen tussen twee of drie landelijke typen, of om verbijzonderde vormen van landelijke typen. Per lokaal type worden een aantal vegetatieopnamen gemaakt die de inhoud van het type goed weergeven.

Vervolgens worden gebiedsdekkend vegetatievlakken gekarteerd. Aan deze vlakken kunnen nog relevante toevoegingen worden toegekend (bijvoorbeeld het voorkomen van ruigtesoorten). Tenslotte worden nog rode lijstsoorten en belangrijke indicatorsoorten gekarteerd. Zo ontstaat er per vegetatievlak een gedetailleerd beeld van de totale soortensamenstelling.

Doorgaans worden de vegetatiekarteringen bij Staatsbosbeheer uitgevoerd op een schaal van 1:5000.

De laatste jaren worden de karteringen ook digitaal opgeleverd en sinds kort ook in een gestandaardiseerde structuur. De karteringen worden normaal gesproken na 10 jaar herhaald om te kunnen evalueren en om een nieuwe planning te kunnen maken.

8.1.1 Gebruikte karteringen van Beekvliet

Voor Beekvliet zijn inmiddels twee van dergelijke karteringen beschikbaar

8.1.1.1 Vegetatiekartering van het Staatsbosbeheerreservaat Beekvliet, 1991

In 1991 heeft Bureau Giesen & Geurts Beekvliet in zijn geheel gekarteerd. Het materiaal bleek goed bruikbaar voor analyse. De lokale typologie is voldoende gedetailleerd, helder beschreven en goed gedefinieerd met vegetatieopnamen. Ook het karteerwerk maakt een zorgvuldige indruk. Een beperkt aantal typen zijn ecologisch vrij breed gedefinieerd en gekarteerd; het gaat daarbij om de droge en vochtige bossen, kapvlakten en een deel van de voedselrijke graslanden (zie ook 8.2.5. foutendiscussie). Dergelijke typen zijn buiten de analyse gehouden.

8.1.1.2 Vegetatiekartering 1999 Beekvliet

In 1999 is Beekvliet opnieuw gekarteerd door BTL Planburo B.V. Het bureau had de opdracht Beekvliet opnieuw te karteren behalve de bossen en de verpachte graslanden. In vergelijking met de vorige kartering zijn een groter aantal typen ecologisch wat minder scherp gedefinieerd. Het gaat daarbij deels om recent geplagde heidevegetaties. Mogelijk waren op het moment van karteren ecologisch relevante verschillen nog niet goed te zien. Dergelijke typen zijn buiten de analyse gehouden.

8.2 Interpretatie van de vegetatiekarteringen

De afgelopen jaren is een methodiek ontwikkeld om vegetatiekarteringen te interpreteren naar de meest sturende factoren, in veel gevallen vochttoestand, zuurgraad en trofieniveau. De vochttoestand kan op diverse manieren uitgewerkt worden: GxG's of in meer beschrijvende termen die de gemiddelde vochttoestand van het wortelmilieu aanduiden, bijvoorbeeld amfibisch, vochtig, matig droog.

In het kader van dit project was de vraag de beschikbare vegetatiekarteringen te leiden naar de actuele GHG en GLG, teneinde aan te kunnen sluiten op het gecombineerde bodemkundige en hydrologische onderzoek.

GLG en GHG zijn niet altijd de meest verklarende hydrologische parameters voor verschillen in vegetaties. Het omgekeerde geldt dan natuurlijk ook: het is niet zomaar mogelijk uit een vegetatieopname een GLG en een GHG af te leiden. Voor sommige vegetaties zijn de pure topstanden van belang omdat kenmerkende soorten bijvoorbeeld kunnen verdrinken, zoals Struikhei of Vlozegge. Andere soorten verdragen inundatie in de winter wel maar niet in het groeiseizoen. Weer andere, zoals Gewone veldbies zijn in het vegetatie seizoen gebaat bij een zekere droogtestress zodat ze voldoende kunnen concurreren tegen groeikrachtige grassen die juist een goede vochtvoorziening nodig hebben - voor dergelijke grassen geldt

dus het omgekeerde. Het optreden van droogtestress is echter niet altijd direct gerelateerd aan het freatisch niveau van het grondwater. Bij bodemtypen met een goed vochtleverend vermogen leidt een diepe GLG nog niet tot zo snel tot droogtestress, terwijl dat op een grofzandige bodems met weinig humus al bij een ondiepe GLG kan optreden. Binnen wat soortenrijkere vegetaties komen dus soorten voor die zicht geven op de hogere (of hoogste) standen en andere die juist de lagere standen indiceren. Ook de bedekking van soorten ondersteunt de interpretatie. Het geeft inzicht in de concurrentieverhoudingen van soorten onderling. Een relatief hoge bedekking van een soort geeft aan dat de standplaats voor die soort geschikt is, het nuanceert de indicatieve waarde van een soort ten opzichte van de andere aanwezige soorten.

Verder is het van belang te constateren dat de diverse lokale typen niet los van elkaar staan. Het is een continuüm van soorten, door de lokale typologie heen is het een komen en gaan van soorten. Dat maakt het gemakkelijker om de typen ten opzichte van elkaar te plaatsen op bijvoorbeeld een GHG-as. Twee "naburige" lokale typen hebben een groep soorten gemeen een twee groepen soorten ieder afzonderlijk. De indicaties van de afzonderlijke groepen geven duidelijkheid over de ecologische verschillen tussen beide typen.

Het bovenstaande maakt duidelijk dat de relatie tussen concrete vegetaties en GHG/GLG alleen gelegd kan worden door middel van een goed inzicht in de totale soortensamenstelling van de typen.

Ook al zijn GHG en GLG vaak niet de meest sturende factoren, in het kader van het Meetnet verdroging was het vereist om die aansluiting toch te zoeken, teneinde tot vergelijkbare uitkomsten te komen met de gegevens vanuit bodem en peilbuizen. Bij de presentatie van de gegevens is gekozen voor een beperking tot GHG/GLG. Veel vegetaties in Beekvliet kunnen niet voldoende scherp tot GHG/GLG herleid worden. Dat wil niet altijd zeggen dat die vegetaties geen heldere indicatie van de vochttoestand afgeven. Bijvoorbeeld is er een type te onderscheiden in de bemeste graslanden dat aangeeft dat de grondwaterstanden het hele jaar niet in de buurt komen van het maaiveld (geen vochtindicatoren als bijvoorbeeld Geknikte vossesstaart) en ook dat er niet of nauwelijks droogtestress optreedt (geen droogte indicerende soorten zoals Biggekruid). Blijkbaar gaat het hier om een bodem met een goed vochtleverend vermogen. Een GHG kan hier 30 cm bedragen, maar even goed 130 cm en de GLG 90 cm, maar ook wel 240 cm. De vegetatie weerspiegelt de vochtsituatie op zich wel duidelijk, maar die is door de eigenschappen van de betreffende bodem niet hard gekoppeld aan optredende grondwaterstanden.

8.2.1 Bronnen en hulpmiddelen bij interpretatie van vegetatiekarteringen

Bij de hierboven beschreven interpretatie is in toenemende mate hulp voorhanden. Hier volgt een overzicht van de bronnen en hulpmiddelen waarvan gebruik is gemaakt bij de interpretatie.

Interpretatie van het karterend bureau

In de rapportage van de kartering wordt per lokaal type de synecologie behandeld. Hierin wordt regelmatig aandacht besteed aan de vochtsituatie. In successieschema's is doorgaans ook informatie te vinden.

Indicatorenreeks Staatsbosbeheer Kiwa

Deze reeks geeft per vegetatietype per landschapstype indicaties per soort, waarbij ook informatie gegeven wordt over het grondwaterregiem. Op dit moment is geautomatiseerde interpretatie nog niet mogelijk.

Interpretatie van Rossenaar et al., 1997

In deze studie worden uitspraken gedaan over hydrologische indicaties van de vegetaties en een aantal soorten aan de hand van de kartering van 1991.

Vegetatietynologie Staatsbosbeheer

Staatsbosbeheer heeft de landelijke vegetatietynologie van Nederland wat verder uitgewerkt en een groot aantal typen voorzien van terreincondities voor vochttoestand, zuurgraad en trofieniveau (Schipper, 2002)

Voor elk lokaal type is een relatie gelegd met de landelijke vegetatietynologie (het kan ook om overgangen gaan). Doorgaans zijn de aangegeven bandbreedtes voor de terreincondities nog te breed om in het kader van dit project voldoende helderheid te bieden. Het is echter mogelijk te bepalen of het lokale type een relatief natte vorm van het landelijke type betreft, dan wel bijvoorbeeld een vorm waarvan soorten aangeven dat de zomergrondwaterstanden relatief diep wegzakken maar de hoger optredende standen wel overeenkomstig de eisen van het type zijn. Op die manier kunnen de aangeboden bandbreedtes toch informatie geven en in ieder geval een extra controle mogelijk maken. De informatie is in toenemende mate digitaal beschikbaar, zodat er snel mee gewerkt kan worden.

Project Terreincondities Staatsbosbeheer

In dit project worden op basis van gemeten waarden in stabiele vegetaties terreincondities opgesteld voor vegetatieypen (Beets, 2000 en Beets, 2001) Verder levert dit project uitgebreide beschrijvingen en metingen op per referentiepunt.

Ellenberg

Al langer bestaan de Ellenberg-getallen. Deze geven echter alleen een indruk van de gemiddelde vochtsituatie. Een vegetatieopname van een standplaats met een hoge GHG en een lage GLG zal ongeveer hetzelfde vochtgetal krijgen als vegetatieopname van een standplaats waarvan GHG en GLG dicht bij elkaar liggen. Via het programma Turboveg (Hennekens) kan zeer snel en eenvoudig een Ellenberg-interpretatie uitgevoerd worden. De uitkomsten bieden een zekere check, maar geven geen direct zicht op GHG/GLG.

8.2.2 Werkwijze

Voor het interpreteren van de vegetatiekarteringen is de volgende werkwijze toegepast. In een gestandaardiseerde Access-database worden diverse tabellen ingelezen:

- lokale vegetatietypologie met de gelegde relatie met de landelijke typologie
- terreincondities van de landelijke typologie
- tabellen met de informatie per vegetatievlak zoals lokaal type, toevoegingen
- een tabel met de gemiddelde indicatiegetallen van Ellenberg per vegetatieopname

De database legt verbanden tussen de verschillende digitale informatiebronnen en brengt de informatie overzichtelijk op het scherm. Met de analoge informatie erbij (vegetatierapport, Indicatorenreeks enz) en ook de vegetatieopnames behorend bij een lokaal type, wordt nu per lokaal type een zo nauwkeurig mogelijke inschatting gemaakt van de meest sturende waterstandsparementers. Die worden per lokaal type voor het doel van dit project herleid tot GHG en GLG (aanhangel 3).

Als een relatie met de bereikte GHG of GLG onvoldoende zeker is, wordt geen waarde ingevuld (zie foutendiscussie).

De database kent nu aan alle vegetatievlakken een GHG en een GLG toe.

Bij een aantal vegetatievlakken zijn twee lokale typen gekarteerd, zogenaamde vegetatiecomplexen. Het kan gaan om een kleinschalig verschil in hoogteligging wat niet karteerbaar is op een schaal van 1:5000. Het kan ook gaan om een vegetatie die geleidelijk aan het veranderen is. Dat kan gepaard gaan met kleinschalige mozaïeken. In beide gevallen wordt een gemiddelde indicatie berekend voor het hele vegetatievlak.

In een laatste slag worden aan de hand van gekarteerde toevoeging en indicatorsoorten voor afzonderlijke vegetatievlakken nog correcties doorgevoerd. Bijvoorbeeld is bij een hoge bedekking van Grote brandnetel in de Elzenbroektypen de GLG 10 cm verlaagd.

Zo ontstaat een tabel die in Arcview aan de vegetatiekaart verbonden kan worden, zodat een GHG- een GLG-kaart gemaakt kunnen worden.

8.2.3 Resultaten

Toelichting bij de kaarten (kaart 11a en 11b).

Bij de presentatie van de resultaten is dezelfde legenda gebruikt als bij de andere corresponderende bijlagen, om de vergelijking te vergemakkelijken.

De beide geïnterpreteerde vegetatiekarteringen zijn over elkaar gepresenteerd, de kartering van 1999 ligt op die van 1991. De vlakjes met een dikke rand betreffen de kartering van 1999.

Alleen de relatief natte delen van Beekvliet hebben een indicatie voor GHG gekregen via de vegetaties. Zoals eerder uiteen is gezet, kunnen vegetaties in het vochtige tot droge bereik niet scherp aan waterstanden gekoppeld worden. Interferentie met vochtleverend vermogen van de bodem gaat daar een steeds grotere en onbekende rol spelen. Het is daarom niet vreemd dat een groot deel van de kaart wit blijft. Het valt op dat vegetaties waterstanden in de buurt van het maaiveld het scherpst indiceren. De legenda is daarom in dat bereik het fijnst verdeeld.

Een vergelijking met de hoogtekaart (kaart 4) laat zien dat een aantal laag gelegen locaties geen indicatie gekregen hebben. In bijna alle gevallen gaat het dan om ontwaterde voedselrijke graslanden. In de kartering van 1991 is het lokale type waar deze graslanden toe behoren, tamelijk breed gedefinieerd en gekarteerd, zodat er geen scherpe indicatie voor de waterstanden gevonden kon worden. In 1999 zijn deze verpachte graslanden niet opnieuw gekarteerd.

8.2.4 Verdroging

In tegenstelling tot de bodem vertellen veel vegetaties niet veel over het verleden. Dat geldt ook voor veel typen die voorkomen in Beekvliet. Voor een aantal typen die behoren tot de voedselrijke graslanden is het wel waarschijnlijk dat deze in het verleden veel natter waren, maar puur vanuit de huidige vegetaties is het niet hard te maken. De meeste Elzenbossen in Beekvliet hebben echter wel kenmerken die duiden op een natter verleden. Als de boomlaag bijna geheel uit Zwarte els bestaat en in de ondergroei veel soorten uit het Zomereik-verbond voorkomen, dan is het duidelijk dat de actuele waterstanden aanzienlijk lager liggen dan op het moment dat de boomlaag kiemde. Met name het type met Brede stekelvaren geeft het duidelijkst verdroging aan. Het type met Waterviolier is niet of nauwelijks als verdroogd te beschouwen; de typen met Elzenzegge en Stijve zegge hebben op veel plekken kenmerken van lichte tot matige verdroging. Het type met Wijfjesvaren laat ook een matige verdroging zien. De verdrogingsindicatoren in dit type (zoals Hennegras) duiden op een verlaging van met name de GLG en GVG. Gezien de verspreide ligging van de verdroogde typen Elzenbossen ligt de conclusie voor de hand dat op grote schaal een verlaging van de grondwaterstanden heeft plaats gevonden in de afgelopen eeuw.

Voor de natte heides zal dat ook consequenties gehad hebben, echter aan die vegetatietypen valt dat nu niet meer rechtsreeks vast te stellen. Een groot deel van de graslanden zullen gezien hun hoogteligging vroeger natter geweest zijn, rechtstreeks uit de actuele vegetatie is dat niet betrouwbaar vast te stellen.

Indien er betrouwbare goed te lokaliseren beschrijvingen zouden bestaan van de vroegere vegetatie of flora, kan uiteraard meer over de (mate van) verdroging gezegd worden, geïnterpreteerd via vegetatie/soorten.

8.2.5 Foutendiscussie

Karteringen

Lokale typen die niet voldoende scherp te interpreteren waren in GHG/GLG, zijn buiten beschouwing gelaten (met name in het vochtige en droge bereik). Ook als er teveel spreiding aanwezig zat in het opnamemateriaal per lokaal type, is geen indicatie gegeven. Als bleek dat opnames zelf niet voldoende homogeen waren, zijn ze buiten de interpretatie gehouden. Als op een gradiënt opnames te groot gemaakt worden, kan het gebeuren dat de opname een natte en een drogere component bevat. Dergelijke opnames zijn niet bruikbaar.

Toch kunnen de gepresenteerde kaarten fouten en onzekerheden bevatten. Het is mogelijk dat bij het karteren vlakken een verkeerd vegetatielabel gekregen hebben.. Ook kan het voorkomen dat afwijkende vegetaties toch tot een lokaal type gerekend zijn, terwijl daar een nieuw lokaal type voor gemaakt had moeten worden. Bij controles is niet gebleken dat het bovenstaande op grote schaal voorkomt. Wel is in een enkel geval een vegetatievlak duidelijk verkeerd begrensd.

Verder kunnen de vegetatieopnamen de inhoud van het lokale type niet goed of eenzijdig definiëren. Dat kan alleen gecontroleerd worden aan de hand van de beschrijvingen in de rapportage van de karteringen en wat de kartering van 1999 betreft, nog enigszins in het veld. Voor de kartering van 1991 is de verstreken tijd te lang.

Interpretatie

In het algemeen kan gesteld worden dat hoe dichter de geïndiceerde GHG of GLG bij maaiveld ligt, hoe betrouwbaarder de waarde. De GLG's die wat verder onder maaiveld liggen (>60 cm) moeten als globale indicatie gezien worden.

De verschillende hulpmiddelen hebben zeker een objectiverende en corrigerende rol gespeeld, in de scores blijft uiteindelijk - wie het ook doet - toch een menselijke factor over. Omdat de diverse bronnen en hulpmiddelen tot enigszins afwijkende uitspraken leiden, zal iemand per lokaal type tot een eindoordeel moeten komen. Op dit moment is daar niet veel aan te veranderen, behalve dan door de interpretaties te laten controleren door onafhankelijke deskundigen. Te verwachten is dat in de komende jaren het instrumentarium dat dit type interpretaties kan ondersteunen, een flinke vlucht zal nemen. Daardoor zal de herhaalbaarheid en de controleerbaarheid van de resultaten sterk toe nemen. Verschillen in uitkomsten zullen echter blijven bestaan.

9 Discussie

In dit rapport is een methode beschreven waarmee de verdroging van een middelgroot natuurgebied als Beekvliet in kaart gebracht kan worden. Hierbij zijn keuzes gemaakt waarbij de afweging tussen de inspanning die nodig is om gegevens in het veld te verzamelen, of voor het interpreteren van bestaande gegevens, een belangrijke rol speelt. Het gaat er immers om, op een efficiënte wijze een zo goed mogelijke beschrijving van de mate van verdroging te geven, in een voor de gebruiker optimale vorm. Hierbij is een aantal discussiepunten naar voren gekomen die hieronder toegelicht worden.

9.1 Methoden voor bepaling van de RGR

De keuze voor een methode voor het bepalen van de RGR zal afhankelijk zijn van de toepassing. Voor het vaststellen van de RGR op regionale schaal, is de Brabant methode bruikbaar omdat hiermee relatief eenvoudig een beeld verkregen wordt van het grondwaterstandsverloop in de referentieperiode. Indien informatie op lokale schaal gewenst is, bijvoorbeeld voor terreinbeheer, is deze methode te grof, waardoor informatie op perceelsniveau kan afwijken van de werkelijke waarde. De interpolatie van veldschattingen van GXGoud geeft een veel reëler beeld van de GXGref, vooral omdat deze schattingen gebaseerd zijn op waarnemingen in het veld, terwijl de Brabant methode uitgaat van frequentieverdelingen op basis van de landelijk voorkomende variatie binnen bodemeenheden.

Toepassing van interpolatie op basis van veldschattingen vereist wel een goede veldbodemkundige kennis om een schatting van de GXGoud te kunnen maken. Het is niet altijd goed mogelijk hydromorfe kenmerken in het profiel te herkennen, of onderscheid te maken tussen actuele en fossiele kenmerken. De veldbodemkundige zal daarom ook altijd gebruik maken van andere (veld) informatie zoals relatieve maaiveldhoogte, kennis over grondwaterstands dalingen in het gebied en een verwachtingswaarde ten aanzien van de GXG in een bepaald bodemtype. Ook vergelijking met boorpunten in de omgeving waar hydromorfe kenmerken beter herkenbaar zijn, kan helpen een schatting te maken. Een goede voorbereiding van het veldwerk, waarbij relevante informatie over peilbuizen en grondwaterstandsverlagingen verzameld wordt is dan ook noodzakelijk.

9.2 Methoden voor de bepaling van de actuele grondwaterstanden

De gebruikte methode voor het vaststellen van de actuele GXG-waarden gaat uit van een voldoende dicht meetnet van boorgaten. Hiermee kan door interpolatie de GXG vlakdekkend bepaald worden. Voor middelgrote gebieden, zoals Beekvliet, wordt de inspanning die nodig is om de gegevens in het veld te verzamelen, gecompenseerd door de relatief eenvoudige verwerking van de gegevens. Dit geldt ook nog voor

gebieden tot ca 1000 ha, zoals het stroomgebied van de Strijper Aa (704 ha), waarvoor de interpolatiemethode vergeleken is met een ‘mini Gd-kartering’ (Van Delft et al., 2002a). Voor grote gebieden (> 1000 ha) zal deze aanpak waarschijnlijk te arbeidsintensief worden. In dat geval zal wellicht een benadering zoals bij Gd-karteringen wordt toegepast meer in aanmerking komen.

9.3 Vereiste waarnemingsdichtheden

Ten aanzien van het aantal peilbuizen moet geconcludeerd worden dat een aantal van minimaal 10 peilbuizen nodig is om de GXG in de boorgaten voldoende nauwkeurig te kunnen voorspellen (zie 7.1). Deze peilbuizen zouden ook goed gespreid moeten zijn over de in het gebied voorkomende GXG-waarden en over het studiegebied. Bovendien is gebleken dat de gegevens van de peilbuizen zoals ligging en beschikbare metingen in DINO voorafgaand aan het veldwerk goed gecontroleerd moeten worden.

De boordichtheid zoals deze in Beekvliet is toegepast (ca 1 boring / ha) lijkt zeker niet overal noodzakelijk te zijn. Uit de vergelijking van boringsdichtheden in 7.2 en 7.3 kan opgemaakt worden dat de boordichtheid variabel gemaakt kan worden, afhankelijk van het reliëf en de diepte van de GXG. In vlakke laagtes zal de dichtheid afhankelijk zijn van de grootte van de laagte. Hier wordt de GXG bij een geringe dichtheid vaak te laag ingeschat. Voor deze standplaatsen is het juist erg belangrijk een goede voorspelling te geven van de GXG. In vlakke, relatief droge gebieden kan met een geringe dichtheid volstaan worden. Bovendien kan hier een wat grotere onzekerheid ten aanzien van de GXG geaccepteerd worden. Bijkomend voordeel is, dat de boringen in de drogere delen meer inspanning vergen om tot beneden GLG niveau uit te boren. In reliëfrijke gebieden lijkt 1 boring per 2,5 ha een goede richtlijn.

9.4 Variabelen voor het bepalen van de mate van verdroging

Voor het bepalen van de verdroging als gevolg van verandering van de grondwaterstanden hebben we gekozen voor de verandering van de GXG als maat om de vergelijking uit te voeren. Andere maten die wellicht voor bepaalde vegetatietypen relevanter zijn, zoals inundatieduur of vochtspanning zijn lastiger in kaart te brengen. Op de locaties van de peilbuizen is deze informatie voor de AGR vaak wel af te leiden. Vlakdekkend toepassen hiervan is waarschijnlijk wel gecompliceerder dan voor de GXG het geval is. Voor de RGR is deze informatie niet bekend en zou hooguit via het toepassen van algemene relaties geschat kunnen worden. Omdat dan de vergelijking tussen RGR en AGR niet goed te maken is, lijkt het weinig zinvol andere variabelen te gebruiken voor het vaststellen van de verdroging.

De mate van verdroging is uitgedrukt als de verandering van de GXG. Hierbij is geen rekening gehouden met het vochthoudend vermogen van de bodem dat afhankelijk is van textuur en bewortelingsdiepte. Ook zal de hoogte waarover capillaire

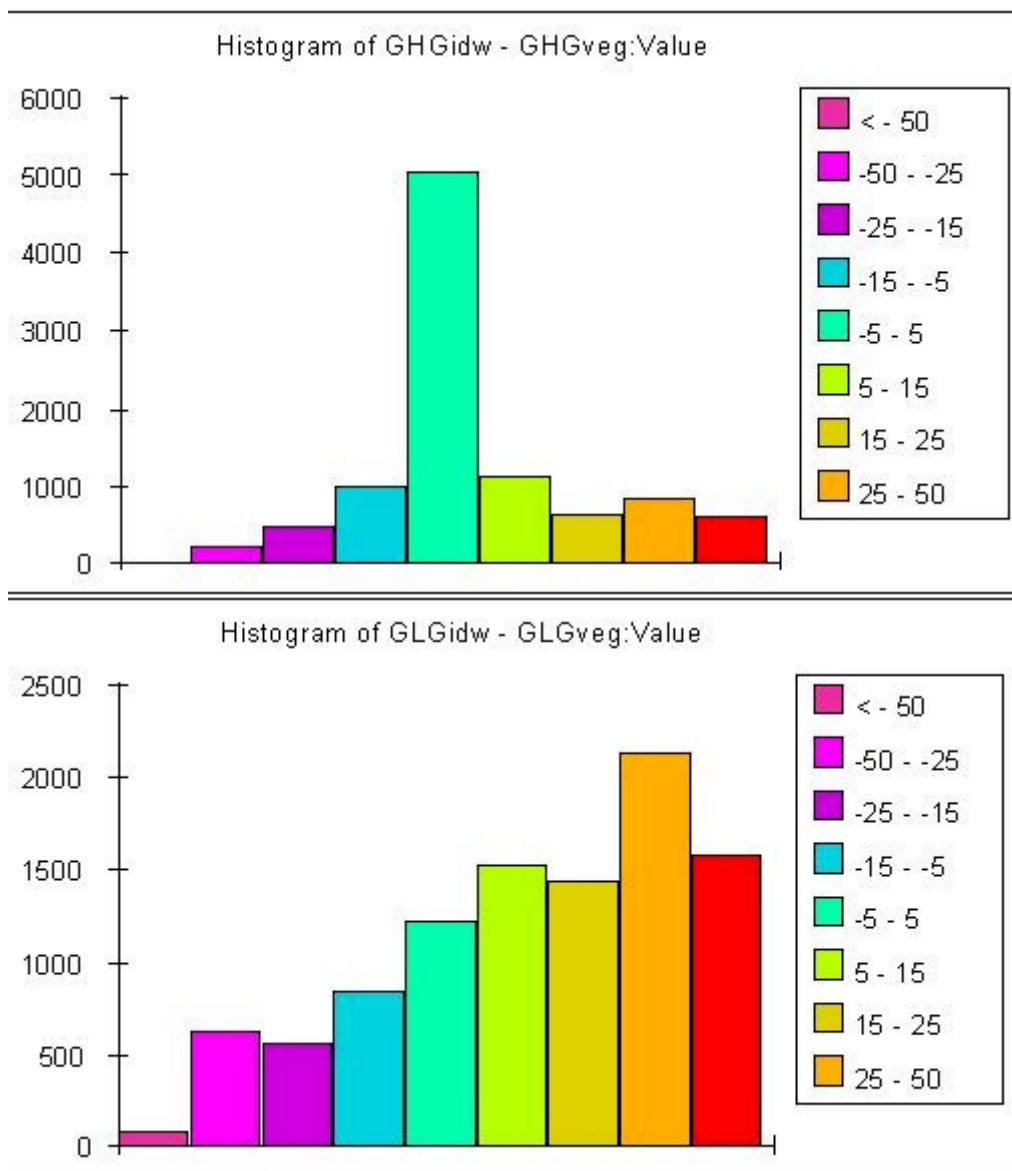
nalevering mogelijk is, de kritieke Z-afstand, verschillen per bodemtype. Een betere benadering zou zijn om het verschil in vochtleverend vermogen en ontwatering als maat te nemen voor de verdroging.

9.5 Interpretatie van de vegetatie

In dit rapport wordt voornamelijk aandacht besteed aan de methode om op basis van metingen en waarnemingen aan bodem en grondwater om het grondwaterregime en de mate van verdroging af te leiden. In hoofdstuk 8 is eveneens aandacht besteed aan een methode om GXG waarden uit vegetatiekaarten af te leiden. In deze paragraaf worden de resultaten van beide methoden met elkaar vergeleken, en wordt nagegaan hoe beide methodes elkaar kunnen aanvullen.

9.5.1 vergelijking uitkomsten GXG door IDW met vegetatieanalyse

In kaart 12 hebben we de resultaten van beide methoden vergeleken door voor de GHG en de GLG de GXG waarden van elkaar af te trekken. Hiervoor hebben we een gridbestand gemaakt van de GXG volgens de vegetatie-interpretatie, waarbij de natste klassen met GXG waarden ≤ 0 zijn samengevoegd, omdat dat voor de GXG volgens IDW ook is gedaan. In figuur 20 zijn histogrammen opgenomen voor de frequentieverdeling van deze verschillen.



Figuur 20 Verschil tussen GXGact volgens IDW en GXGact via interpretatie van vegetatiekaarten. De lengte van de kolommen geeft het aantal gridcellen aan, waarvoor het verschil in GXGact volgens de twee methodes in een bepaalde klasse valt. Voor de GHG is het verschil in ca 5000 cellen -5 tot 5 cm.

Voor de GHG blijken de verschillen zeer gering te zijn. In het grootste deel van Beekvliet, voor zover de vegetatietypen geïnterpreteerd konden worden, zijn de verschillen kleiner dan 5 cm. In delen van Stelkampsveld en in de natte heide ten zuiden van de Oude Beek is de inschatting van de GHG volgens de vegetatie te diep. In de hogere ruggen van beide gebieden is de GHG juist te ondiep ingeschat. Verder zijn in een aantal gebieden randverschijnselen waarneembaar die te herleiden zijn tot de grootte van vegetatievlakken, waardoor verschillen in het reliëf onvoldoende tot uiting komen.

De verschillen voor de GLG zijn veel groter dan voor de GHG. Over het algemeen is de GLG op basis van de vegetatie veel te ondiep geschat. Belangrijke

uitzonderingen daarop zijn de broekbossen en het schraalgrasland langs de Visserij. Hier is de GLG te diep geschat.

9.5.2 Meerwaarde van beide benaderingen ten opzichte van elkaar

De bepaling van de GXG op basis van bodemkundige en hydrologische waarnemingen geeft rechtstreeks gemeten informatie en vormt daarmee een objectieve gegevensbron. Voor standen aan het maaiveld en daarboven ($GXG \leq 0$ cm) is de mate van nauwkeurigheid echter niet voldoende om relevante verschillen in de vegetatie mee te verklaren. De mate van verdroging is in het natte bereik dus niet voldoende scherp in beeld te brengen.

Hetzelfde geldt voor het beoordelen of de verdroging weer voldoende bestreden is. Vegetatie is, als het gaat over indicaties voor GXG, vooral sterk in de buurt van maaiveld en daarboven. Voor GXG-waarden dieper dan 30 à 40 cm – mv. wordt het verband tussen vegetatie en GXG snel zwakker. Dat betekent dat in gebieden met weinig natte tot vochtige locaties, de vegetatiebenadering in relatie tot GXG weinig zin heeft. Andersom vormen voor gebieden met een grote natte component vegetatiekarteringen een belangrijke extra gegevensbron, die een goede aanvulling vormt op de abiotische benadering.

Voor Beekvliet kon op basis van de vegetatiekarteringen op 25,1 ha (13,5%) een uitspraak gedaan worden over grondwaterstanden. Voor grondwaterstanden ondieper dan 40 cm – mv. kan op basis van de vegetatie een uitspraak gedaan worden over de diepte ten opzichte van maaiveld. Voor de GHG geldt dit voor 24.2 ha (13%) en voor de GLG voor 5,3 ha (2,9%). Dit betekent dat met name voor de GHG in natte gronden op basis van de vegetatie een belangrijke meerwaarde gegeven kan worden. Deze verhoudingen zijn voor toekomstige karteringen afhankelijk van de oppervlakte natte gronden, waarvoor een bruikbare vegetatiekartering beschikbaar is. Voor drogere gronden is het niet goed mogelijk kwantitatieve uitspraken te doen over grondwaterstanden, er kunnen wel algemene uitspraken over de vochttoestand gedaan worden.

9.5.3 Voorgestelde aanpak voor een eventueel vervolg

Op basis de voorgaande overwegingen kunnen we een aantal aanbevelingen doen voor toekomstige verdrogingskarteringen.

Uitgangspunten

- Er is minstens één goede vegetatiekartering van het gebied beschikbaar. Bij de uitbesteding van vegetatiekarteringen wordt uitgegaan van een programma van eisen op basis van Bilius et al. (1993). Hier moet de kartering aan voldoen. Bij de formulering van een nieuwe versie van dit programma van eisen zal rekening gehouden moeten worden met deze toepassing.

- Er staat een voldoende adequaat peilbuisennet. Dit betekent dat de spreiding van de buizen over het gebied min of meer homogeen is, en dat de buizen samen het GXG-bereik in het gebied goed beschrijven. Liefst moeten er minimaal 10 bruikbare peilbuizen aanwezig zijn, hoewel hier in kleine gebieden met weinig spreiding in de GXG waarschijnlijk van afgeweken moet worden. Vanzelfsprekend moeten van de buizen locatie en hoogte bekend zijn en moet er een voldoende lange meetreeks zijn met tweewekelijkse metingen gedurende minimaal (1,5) 4 jaar (zie 3.2.2).

stap 1: Op basis van digitale hoogtekarten, peilbuizen en vegetatieanalyse een beeld opbouwen van de te verwachten GXG's en het aangeven van de zwakke plekken in dat geheel.

stap 2: Een (globale) analyse van GXGref op basis van historische gegevens zoals ingrepen in de waterhuishouding, historische kaarten, oude gegevens van flora en vegetatie en aangeven van de zwakke plekken in dat geheel.

stap 3: Gericht inzetten van de boorpuntenmethode. Dat wil zeggen dat een extensief grid gebruikt kan worden op de delen waar voldoende helderheid is ontstaan en intensiever in de delen waar de onduidelijkheid nog te groot is. Voor het plannen van de boringen rekening houden met te verwachten GXG's en het reliëf.

Literatuur

- Aggenbach, C.J.S., M.H. Jalink en A.J.M. Jansen 1998. *Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen in vennen*. Staatsbosbeheer Driebergen
- Anonymus, BTL Planburo B.V. 2001. *Vegetatiekartering 1999 Beekvliet*. BTL Planburo B.V. Haaren.
- Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus*. Wageningen, Pudoc. Tweede gewijzigde druk
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal 2000. *Selectie van referentiepunten t.b.v. het Staatsbosbeheer-project terreincondities -fase 1: resultaten inventarisatie 1999*. Staatsbosbeheer Driebergen, Alterra Wageningen.
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal 2001. *Selectie van referentiepunten t.b.v. het Staatsbosbeheer-project terreincondities -fase 2: resultaten inventarisatie 2000*. Staatsbosbeheer Driebergen, Alterra Wageningen.
- Beets, C.P., P.W.F.M. Hommel en R.W. de Waal 2002. *Selectie van referentiepunten t.b.v. het Staatsbosbeheer-project terreincondities -fase 3: resultaten inventarisatie 2001*. Staatsbosbeheer Driebergen, Alterra Wageningen.
- Bierkens, M.F.P., M. Knotters en F.C. van Geer. 1999. "Tijdreeksanalyse nu ook toepasbaar bij onregelmatige meetfrequenties." *Stromingen* 5/2: 43-54.
- Bierkens, M.F.P. & W.A. Bron, 2000. *VIDENTE: a graphical user interface and decision support system for stochastic modelling of water table fluctuations at a single location; Includes documentation of the programs KALMAX, KALTFN, SSD and EMERALD and introductions to stochastic modelling*. Wageningen, Alterra rapport 118.
- Bilius, M., P.C. de Hullu, A. Lemaire, en P.C. Schipper 1993. *Praktijkhandleiding vegetatiekartering en monitoring*. Staatsbosbeheer Driebergen
- Delft, S.P.J. van, 2001. *Ecologische typering van bodems; Deel 2 Humusvormtypologie voor korte vegetaties*. Wageningen, ALTERRA Rapport nr. 268.
- Delft, S.P.J. van, J.R. Runhaar, T. Hoogland, J. Holtland, 2002a. *Verdrogingskartering in grote natuurgebieden; Proefkartering Strijper Aa* Wageningen / Driebergen, Alterra / Staatsbosbeheer, Alterra rapport 566.1.
- Delft, B van , R Kemmers en R de Waal 2002b. "Ecologische typering van bodems onder korte vegetaties; Het humusprofiel als graadmeter voor standplaatsontwikkeling" *Landschap* 19(3).

Deutsch, C.V. & A.G. Journel, 1998. *GSLIB; Geostatistical Software Library and User's Guide; Second Edition*. New York / Oxford, Oxford University Press.

Ek, R. van, F. Klijn, J. Runhaar, R.J. Stuurman, W. Tamis & J. Reckmans, 1997. *Gewenste grondwatersituatie Noord-Brabant. Deelrapport 1: methode-ontwikkeling voor het bepalen van de optimale grondwatersituatie voor de sector natuur*. Lelystad, RIZA rapport 98.027.

Finke, P.A., M.F.P. Bierkens en W. Drogen, 1996. *Gebiedsdekkende basisinformatie voor het regionale waterbeheer in het waterschap Rijn en IJssel : programmeringsstudie* Wageningen, DLO-Staring Centrum

Finke, P.A., D.J. Brus, T. Hoogland, J. Oude Voshaar, F. de Vries en D. Walvoort, 1999. *Actuele grondwaterinformatie schaal 1 : 10 000 in de waterschappen Wold en Wieden en Meppelderiep*. Wageningen, Staring Centrum, Rapport 633.

Finke, P.A., M.F.P. Bierkens, D.J. Brus, J.W.J. van der Gaast, T. Hoogland, M. Knotters, F. de Vries, 2002. *Klimaatrepresentatieve grondwaterdynamiek in Waterschap De Dommel*. Wageningen, Alterra, Rapport 381.

Hennekens S.M., E.C.P. Wardenaar en Th.G. Giesen, 1992. *Vegetatiekartering van het S.B.B. reservaat Beekvliet (gem. Lochem en Borculo), 1991*. Staatsbosbeheer Brummen/Driebergen; Giesen&Geurts, Gaanderen

Isaaks, E.H. & R.M. Mohan Srivastava, 1989. *Applied Geostatistics*. New York / Oxford, Oxford University Press.

Jalink, M.H. en A.J.M. Jansen 1995. *Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwaterafhankelijke beekdalgemeenschappen*. Staatsbosbeheer Driebergen.

Jansen, P.C., F. de Vries en J. Runhaar, 1999. *Grondwaterkarakteristieken van bodemeenheden; Het oorspronkelijke grondwaterregime ontleend aan bodemkenmerken*. Wageningen, Alterra. Rapport 694.

Kleijer, H. 2000. *De bodemgesteldheid van de gebieden Berkeldal, Graafschap, Wildenborch, Warnsveld-Vierakker en Hummelo-Keppel; Resultaten van een bodemgeografisch onderzoek*. Wageningen, Alterra-rapport 090.

Knotters, M. en P.E.V. van Walsum, 1994. *Uitschakeling van weersinvloeden bij de karakterisering van het grondwaterstandsverloop*. Wageningen, Staring Centrum. SC-rapport 350.

Kootwijk, E.J. van, 1985. *De hydrologie van het natuurreservaat Stelkampsveld (Beekvliet)*. Arnhem, Leersum, Texel. RIN intern rapport. IR 87/5

Oude Voshaar, J.H., 1994. *Statistiek voor onderzoekers; met voorbeelden uit de landbouw- en milieuwetenschappen*. Wageningen, Wageningen Pers.

Projectgroep GGOS en classificatie, 1999. *Gewenste grond- en Oppervlaktewater- Situatie voor Bos- en Natuurgebieden*. Waterschap Reest & Wieden.

Rossenaar, A.J.G.A., J.G. Streefkerk & R.F. van Wijngaarden, 1997. *Beekvliet, Ecohydrologische analyse en voorstel maatregelen t.b.v. beheer van het reservaat*. Driebergen, Staatsbosbeheer, Afdeling terreinbeheer / Regio Veluwe-Achterhoek.

Runhaar, Han, Remco van Ek, Frans Klijn, Rob Ruijtenberg & Roelof Stuurman, 1998. "Gewenste Grondwatersituatie Natuur; Bepaling van de optimale grondwatersituatie op provinciale schaal." *Landschap* 1998/4 181-194

Runhaar, J., G. van Wirdum, C.M.A. Hendriks, 2000. *Naar een meetnet Verdroging*. Wageningen, Alterra-rapport 108

Sluijs. P. van der, 1990. Hoofdstuk 11: Grondwatertrappen, p. 167-180. In: W.P. Locher en H. de Bakker (redactie). *Bodemkunde van Nederland, deel 1: Algemene Bodemkunde*. 2^e druk. Den Bosch, Malmberg.

Stiboka, 1979. *Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000; toelichting bij kaartblad 34 West, 34 Oost en 35*. Wageningen, STIBOKA.

Wieberdink, G.L., 1989. *Historische Atlas Gelderland; Chromotopografische Kaart des Rijks 1 : 25 000*. Den Ilp, Uitgeverij Robas Producties.

Aanhangsel 1 Waarnemingen in boorgaten

Algemeen				Profielkenmerken		Schatting GXG				Metingen			
PUNT	X (m)	Y (m)	Z (cm)	Begin diepte (cm)	pH-KCl	Referentie		Huidig		Zomer	Winter		
				kalkrijk ijzerrijk	gemiddeld 0 – 40 -mv.	GHG	GLG	GHG	GLG	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)
b1001	228499	459200	1419		4,5	35	130	45	160	135		25	2
b1002	228589	459159	1447		6,5	15	140	35	160	154		40	6
b1003	228443	459110	1329		5,0		35	-5	45	40		-5	25
b1004	228599	459099	1370		3,7	0	110	20	140	105		4	5
b1005	228662	459051	1331		6,0		30	-10	40	37	8	-25	4
b1006	228499	458999	1367		4,5	0	60	20	90	71	6	2	28
b1007	228585	458988	1414		3,0	20	140	50	170	130		52	20
b1008	228716	459008	1329		5,0	-5	65	0	75	50	73	-3	1
b1009	228787	459041	1371		5,0	0	80	0	110	77	5	0	25
b1010	228568	458887	1351	6	4,3	0	70	20	110	70	5	9	16
b1011	228683	458889	1346		5,0	0	70	0	70	50	70	2	13
b1012	228762	458885	1378		4,0	0	75	0	75	75	4	-1	13
b1013	228636	458814	1368		4,5	0	70	10	85	75		18	26
b2001	229313	459712	1265	50	6,0	-10	20	-10	20	5	95	-12	10
b2002	229292	459615	1383		3,0	5	70	10	110	91		41	43
b2003	229410	459612	1312	50	5,5	-5	45	-5	50	23	76	-5	32
b2004	229435	459520	1361		3,5	5	70	10	90	78	81	30	48
b2005	229592	459571	1468		3,3	30	150	50	190	157		78	
b2006	229686	459588	1425		3,0	50	140	65	170	142			
b2007	229793	459565	1359		3,8	-10	75	-5	85	56	8	-5	7
b2008	229710	459513	1411		4,0	30	130	50	150	124	5	28	2
b2009g	228821	459594	1448			50	160	60	200	180	46	115	35
b2010g	228912	459545	1467		3,3	45	150	50	185	170	8	75	43
b2011g	228937	459477	1410			35	140	45	180	175		59	39
b2012g	229142	459494	1471		3,0	60	210	85	230	220		115	38
b2013	228789	459388	1393	8	4,0	0	110	5	130	98	14	26	39

Algemeen				Profielkenmerken		Schatting GXG				Metingen			
PUNT	X (m)	Y (m)	Z (cm)	Begin diepte (cm)	pH-KCl	Referentie		Huidig		Zomer		Winter	
				kalkrijk ijzerrijk	gemiddeld 0 – 40 -mv.	GHG	GLG	GHG	GLG	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)
b2014	228889	459380	1372	140	1	-5	70	5	110	94	8	28	43
b2015	229019	459412	1454			45	160	50	190	165	15	84	7
b2016g	228776	459309	1430			50	130	65	150	160		66	3
b2017	228892	459281	1434			20	75	35	150	160		68	43
b2018	229081	459302	1354		4,5	0	120	0	130	76	5	-10	24
b2019	228996	459233	1475		5,0	40	150	50	190			80	36
b2020	229092	459183	1403		5,0	30	140	50	190	110	11	12	34
b2021	229244	459463	1408		5,0	5	110	10	140	135	22	27	43
b2022	229352	459492	1475		4,3	70	170	90	190	196	7	91	48
b2023	229582	459462	1385		4,0	5	90	25	130	80		8	7
b2024	229349	459420	1399			5	80	10	100	125		39	46
b2025	229469	459395	1529		4,7	110	250	130	270	270		146	
b2026	229626	459400	1432		4,0	0	110	20	140	100	5	12	3
b2027	229713	459388	1458		3,8	65	130	90	190	168		9	5
b2028	229814	459391	1385	130	4,8	10	110	20	130	88	16	7	8
b2029	229350	459300	1362		4,5	10	70	15	120	95	69	10	17
b2030	229517	459295	1487		4,8	100	180	120	220	215		105	
b2031	229624	459302	1360		5,0	-10	70	0	90	49	28	15	2
b2032	229717	459297	1375		3,8	-10	70	0	85	75	5	0	5
b2033	229802	459313	1398		4,0	5	100	15	130	88	7	7	9
b2034	229399	459199	1355		4,8	0	70	5	90	60	7	0	27
b2035	229601	459199	1545		5,0	100	220	120	250			154	
b2036g	229758	459190	1426		5,0	35	125	45	150	140		15	11
b2037	229883	459273	1435		4,5	35	130	50	160	140	14	20	9
b2038	229912	459186	1520		4,5	120	230	135	270	228		52	22
b2039	229514	459089	1388	110	7	5	130	20	150	103	66	8	13

Algemeen				Profielkenmerken		Schatting GXG				Metingen			
PUNT	X (m)	Y (m)	Z (cm)	Begin diepte (cm)	pH-KCl	Referentie		Huidig		Zomer	Winter		
				kalkrijk ijzerrijk	gemiddeld 0 – 40 -mv.	GHG	GLG	GHG	GLG	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)
b2040g	229611	459080	1396	125	5,0	0	100	28	125	110	5	12	14
b2041	229708	459111	1530		3,0	130	240	150	280	260		145	
b2042	229574	459016	1441		4,3	20	110	35	140	145		30	9
b3001	229361	459113	1437		4,5	35	120	50	140	144		60	54
b3002	229266	459038	1365		3,5	-10	60	-5	70	74	5	-12	56
b3003	229413	459016	1452		4,0	10	110	35	150	128		50	54
b3004	229483	458983	1360	80	4,0	0	60	5	80	80	6	2	54
b3005	229399	458900	1437		3,5	30	130	50	150	130		43	43
b3006	229534	458908	1476		4,0	70	160	85	210	178		82	51
b3007	229685	458897	1545		3,4	100	190	120	210	220		130	38
b3008g	229517	458827	1473		3,5	30	140	50	170	132		45	49
b3009	229615	458799	1454		3,5	75	170	110	210	155		40	50
b3010	229628	458702	1437		3,5	20	110	30	120	130		28	40
b3011	229067	459015	1522		3,5	85	190	120	220	190		110	16
b3012	229186	458967	1503		3,0	70	190	100	230	198		97	38
b3013	229013	458931	1472		4,0	70	190	90	220	176		75	20
b3014	229086	458911	1393		4,0	60	110	75	140	139		34	32
b3015	229294	458899	1441		3,5	30	140	45	170	135	4	33	36
b3016	229264	458814	1445		3,5	35	140	55	170	134		45	4
b3017	229382	458785	1376		5,5	-10	60	-10	70	58	8	-20	42
b3018	229496	458708	1387		3,0	10	90	30	120	90	30	12	35
b3019	229701	458998	1431		4,5	5	110	30	140	135		5	6
b3020	229811	459007	1431		4,0	50	120	70	170	165		64	14
b3021	229798	458898	1443		4,5	0	80	20	110	120	8	28	54
b3022	229802	458797	1434		5,0	5	120	35	150	127	5	18	47
b3023	229883	458799	1509		3,5	45	190	70	210	195		42	14

Algemeen				Profielkenmerken		Schatting GXG				Metingen			
PUNT	X (m)	Y (m)	Z (cm)	Begin diepte (cm)	pH-KCl	Referentie		Huidig		Zomer	Winter		EGV (mS/m)
				kalkrijk ijzerrijk	gemiddeld 0 – 40 -mv.	GHG	GLG	GHG	GLG	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)	gws (cm - mv.)	
b3024	229708	458699	1418									-1	60
b3025	229787	458694	1443		5,0	5	85	20	125	115	5	20	48
b3026	229813	459087	1583		5,5	110	270	145	300	135		150	
b3027	229891	459091	1588		5,5	120	170	145	300			150	
b3028	229989	459059	1397	190	5,0	0	100	0	150	90	114	0	58
b3029	229915	459007	1631		5,0	130	280	190	300			185	
b3030g	230013	458888	1616		5,0	130	280	160	310			173	
b3031	229999	458798	1600		5,5	120	280	145	290			155	
b3032	229910	458707	1591		4,5	170	250	190	280	270		143	
b3033	229798	458603	1444		4,5	0	100	20	130	125	5	9	58
b3034	229904	458525	1465		4,5	0	90	20	120	130	5	27	58
b3035	229798	458500	1450		4,5	0	90	5	110	120	5	10	56
b3036	229717	458504	1457		4,3	0	90	0	110	125		0	55
b4001	228807	458407	1382	110	5,5	0	60	5	90	55	117	0	43
b4002	228898	458399	1360		5,0	0	45	0	45	30	84	-3	43
b4003	228908	458316	1366		5,5	0	30	0	50	39	25	0	25
b4004	228974	458192	1405		5,0			30	150	100	97	4	27
b4005	229110	458116	1397		5,0		60	50	100	70	74	8	32
b4006	229383	458069	1327	90	6,5	0	70	30	80	54	69	0	53
b4007	229638	458564	1444		3,5	10	100	30	140	140		45	41
b4008	229551	458428	1479		3,5	30	110	45	140	155		45	52
b4009	229659	458416	1495		3,0	20	120	35	150	164		55	48
b4010	229588	458358	1452		3,5	10	110	45	140	130		78	25
b4011	230088	458391	1650		4,5	150	250	180	300			204	
b4012	229962	458278	1480		4,0	10	100	20	120	128	8	8	10
b4013	229493	458187	1437	120	5,0	0	75	10	110	93	11	0	3

Algemeen				Profielkenmerken		Schatting GXG				Metingen				
PUNT	X (m)	Y (m)	Z (cm)	Begindiepte (cm)	pH-KCl	Referentie		Huidig		Zomer	Winter			
				kalkrijk ijzerrijk	gemiddeld 0 – 40 -mv.	GHG	GLG	GHG	GLG	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)	
b4014	229599	458197	1456	150	20	5,0	0	85	10	100	120	7	0	2
b4015	229689	458197	1527			4,0	60	140	70	170	160		18	11
b4016	229807	458209	1519			5,0	60	160	80	200	168		0	2
b4017	230062	458219	1575			5,0	120	190	145	220	230		105	
b4018	229486	458094	1418			5,0	0	60	0	85	69	76	0	37
b4019	229595	458099	1483			5,0	20	115	35	130	130		0	10
b4020	229691	458115	1496			5,0	0	140	10	150	140		5	17
b4021	229786	458100	1457			4,5	20	110	30	130	120	7	5	11
b4022	229973	458091	1465			5,0	10	120	30	150	115	39	0	11
b4023	229502	457998	1462			5,0	0	85	20	130	110	35	0	43
b4024	229644	457999	1503			4,5	10	120	20	150	160		30	15
b4025	229540	457899	1510			3,0	30	110	50	160	142		30	31
b5001	230609	459605	1565				100	250	130	290	270		72	
b5002	230460	459506	1364			3,8	60	150	75	170	164		45	33
b5003	230580	459510	1496				70	150	100	180	175		70	19
b5004	230635	459517	1403			3,0	45	150	70	170	150		50	11
b5005	230516	459408	1565			5,0	95	220	140	250	260		165	
b5006	230400	459300	1469			4,0	70	140	70	170	174		72	18
b5007	230500	459299	1478			3,5	70	150	70	170	152		30	21
b5008	230382	459211	1432			3,0	70	150	70	170	174		70	10
b5009	230465	459221	1513				60	180	85	200	200		80	
b5010	230293	459162	1573			5,0	110	240	145	270	270		174	
b5011	230290	459085	1618				85	230	130	270	280		207	
b5012	230400	459099	1437			4,8	20	120	35	150	129	28	8	6
b5013	230196	458999	1597				130	240	160	260			190	
b5014	230385	459002	1482			4,8	35	135	50	165	175		38	12

Algemeen				Profielkenmerken		Schatting GXG				Metingen			
PUNT	X (m)	Y (m)	Z (cm)	Begin diepte (cm)	pH-KCl	Referentie		Huidig		Zomer	Winter		EGV (mS/m)
				kalkrijk ijzerrijk	gemiddeld 0 – 40 -mv.	GHG	GLG	GHG	GLG	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)	gws (cm - mv.)	
b5015	230529	458996	1473	35	3,3	35	140	50	170	185		70	12
b5016	230794	459072	1475		3,5	50	130	70	150	148		47	28
b5017	230198	458898	1631		5,0	150	280	170	301			220	
b5018	230274	458891	1628		5,0	130	260	170	300			195	
b5019	230400	458900	1469			20	130	35	160	170		31	33
b5020	230500	458899	1452		5,0	10	115	25	140	135	22	8	8
b5021	230594	458896	1558		70	120	200	135	240	236		124	
b5022	230701	458901	1462		4,0	35	100	55	150	143		48	12
b5023	230100	458800	1545		5,0	70	200	100	220			135	
b5024	230199	458799	1641			150	280	150	280	265		220	
b5025	230299	458800	1543		4,2	20	120	25	140	150		18	20
b5026	230398	458800	1533		4,7	60	160	85	200	208		90	
b5027	230500	458800	1497		5,0	60	140	85	170	155	8	68	19
b5028	230598	458803	1520		3,5	35	130	65	180	190		85	
b5029	230698	458800	1466		40	30	130	45	150	149		47	14
b5030	230068	458708	1516			80	200	120	250			135	
b5031	230187	458697	1642			140	240	160	300			195	
b5032	230294	458688	1427			20	110	45	140	158		37	5
b5033	230417	458697	1452		3,0	20	125	35	150	136	18	14	22
b5034	230509	458694	1459		5,5	0	110	20	140	118	29	0	7
b5035	230585	458679	1470		180	20	130	35	150	137	9	13	16
b5036	230126	458611	1672		4,5	140	250	250	350			230	
b5037	230478	458621	1526		25	30	160	50	190	180		80	29
b6001	230286	458590	1650		130	120	260	150	280			201	
b6002	230391	458585	1473			5,0	20	130	45	150		34	30
b6003	230543	458539	1467			5,0	30	140	45	130	13	30	11

Algemeen				Profielkenmerken		Schatting GXG				Metingen			
PUNT	X (m)	Y (m)	Z (cm)	Begin diepte (cm)	pH-KCl	Referentie		Huidig		Zomer	EGV		Winter
				kalkrijk ijzerrijk	gemiddeld 0 – 40 -mv.	GHG	GLG	GHG	GLG	gws (cm - mv.)	EGV (mS/m)		gws (cm - mv.)
b6004	230210	458505	1620		5,0	170	250	200	300				193
b6005	230193	458389	1521		3,5	70	180	85	200	180			53
b6006	230401	458399	1493		5,0	5	120	30	150	143			32
b6007	230558	458399	1466		5,0	5	130	30	140	120			39
b6008	230161	458280	1561		35,0	70	170	90	200	215			98
b6009	230291	458296	1669			220	320	220	320				184
b6010	230376	458304	1492		4,5	35	125	45	150	156			35
b6011	230498	458298	1484	50	3,5	75	160	85	190	180			89
b6012	230318	458144	1498			20	120	45	140	145			5
b6013	230418	458197	1493	45	4,0	20	100	35	120	138			30
b6014	230499	458199	1522	50	4,0	50	170	70	190	200			78
b6015	230582	458240	1522		3,5	75	150	75	150	175			78
b6016	230403	458099	1498			20	115	35	130	145			25
b6017	230508	458080	1504		3,0	10	75	35	125	130	9		20
b6018	230563	458002	1478		5,0	5	90	35	115	100	17		-4
b6019	230403	457996	1500		4,5	30	115	45	140	153			24

Aanhangsel 2 Klimaatrepresentatieve GXG in de boorgaten

De GXG waarden waarvan de genormaliseerde mate van extrapolatie groter is dan 3 zijn  gemarkeerd.

Boorpunt	GHG						GVG						GLG					
	s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd		s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd		s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd	
b1001	37	7,1	0,29	14	2	1,02	71	8,5	0,29	14	2	1,02	139	8,4	0,29	14	2	1,00
b1002	55	7,1	0,28	14	2	0,98	89	8,5	0,28	14	2	0,98	160	8,3	0,27	14	2	0,96
b1003	-21	7,2	0,33	14	2	1,15	3	8,7	0,34	14	2	1,18	54	8,5	0,32	14	2	1,11
b1004	11	7,1	0,28	14	2	0,97	43	8,5	0,27	14	2	0,96	108	8,3	0,27	14	2	0,95
b1005	-36	6,8	0,18	14	2	0,61	-10	8,2	0,18	14	2	0,62	44	8,0	0,17	14	2	0,60
b1006	-4	6,6	0,11	14	2	0,40	24	7,9	0,12	14	2	0,41	81	7,8	0,11	14	2	0,40
b1007	54	6,6	0,11	14	2	0,40	83	7,9	0,11	14	2	0,40	146	7,8	0,11	14	2	0,39
b1008	-16	7,0	0,23	14	2	0,79	10	8,3	0,23	14	2	0,82	63	8,2	0,22	14	2	0,77
b1009	-3	6,6	0,11	14	2	0,39	26	7,9	0,11	14	2	0,39	85	7,8	0,11	14	2	0,38
b1010	0	6,8	0,16	14	2	0,57	27	8,1	0,17	14	2	0,59	83	7,9	0,16	14	2	0,56
b1011	-12	7,2	0,30	14	2	1,05	13	8,6	0,31	14	2	1,09	65	8,4	0,29	14	2	1,02
b1012	-5	6,6	0,11	14	2	0,39	24	7,9	0,11	14	2	0,39	83	7,8	0,11	14	2	0,39
b1013	9	6,9	0,22	14	2	0,78	35	8,3	0,23	14	2	0,80	90	8,1	0,22	14	2	0,76
b2001	-39	8,7	0,88	15	2	3,31	-17	10,8	0,91	15	2	3,40	27	10,7	0,85	15	2	3,20
b2002	32	7,5	0,40	15	2	1,50	58	9,3	0,41	15	2	1,52	114	9,3	0,38	15	2	1,44
b2003	-27	8,1	0,63	15	2	2,35	-4	10,0	0,64	15	2	2,42	43	10,0	0,61	15	2	2,28
b2004	19	7,4	0,38	15	2	1,41	45	9,2	0,38	15	2	1,44	100	9,2	0,36	15	2	1,36
b2005	86	8,7	0,25	15	2	0,94	116	9,7	0,25	15	2	0,93	180	9,3	0,24	15	2	0,91
b2006	62	11,9	0,06	17	1	0,54	94	11,8	0,06	17	1	0,54	160	10,5	0,06	17	1	0,54
b2007	-13	8,4	0,16	15	2	0,59	14	9,4	0,16	15	2	0,60	69	9,0	0,15	15	2	0,58
b2008	44	8,0	0,07	15	2	0,25	74	9,0	0,07	15	2	0,25	139	8,7	0,07	15	2	0,25
b2009g	114	9,0	1,12	12	2	3,36	137	9,5	1,10	12	2	3,31	187	9,2	0,09	13	1	0,59
b2010g	83	6,5	0,12	12	2	0,37	113	6,9	0,12	12	2	0,36	177	9,5	0,15	13	1	0,99
b2011g	74	6,7	0,19	12	2	0,56	109	7,1	0,19	12	2	0,56	182	9,6	0,19	13	1	1,23
b2012g	130	6,9	0,27	12	2	0,80	161	7,3	0,26	12	2	0,77	229	9,2	0,09	13	1	0,59
b2013	20	6,7	0,17	12	2	0,50	48	7,1	0,17	12	2	0,51	102	10,0	0,29	13	1	1,88
b2014	20	6,9	0,24	12	2	0,71	46	7,3	0,24	12	2	0,72	98	10,0	0,28	13	1	1,84
b2015	87	7,1	0,33	12	2	1,00	114	7,5	0,33	12	2	0,98	172	9,4	0,13	13	1	0,87
b2016g	72	6,5	0,10	12	2	0,31	103	6,9	0,10	12	2	0,30	167	9,5	0,17	13	1	1,12
b2017	74	6,5	0,12	12	2	0,35	104	6,9	0,12	12	2	0,35	167	9,5	0,17	13	1	1,09
b2018	-13	6,9	0,27	12	2	0,81	18	7,4	0,27	12	2	0,81	79	10,6	0,44	13	1	2,83
b2019	93	9,3	0,10	16	1	0,78	126	12,0	0,09	16	1	0,76	195	15,5	0,10	16	1	0,77
b2020	15	6,8	0,23	12	2	0,70	48	7,3	0,23	12	2	0,70	115	10,2	0,34	13	1	2,22
b2021	36	6,9	0,26	12	2	0,77	70	7,3	0,26	12	2	0,77	141	10,0	0,29	13	1	1,86
b2022	104	6,6	0,14	12	2	0,41	136	7,0	0,13	12	2	0,40	204	9,3	0,12	13	1	0,79
b2023	8	8,2	0,11	15	2	0,40	36	9,2	0,11	15	2	0,41	94	8,8	0,11	15	2	0,40
b2024	40	6,5	0,10	12	2	0,29	70	6,9	0,10	12	2	0,29	130	9,8	0,25	13	1	1,60

Boorpunt	GHG						GVG						GLG					
	GHG	s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd	GVG	s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd	GLG	s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd
b1001	37	7,1	0,29	14	2	1,02	71	8,5	0,29	14	2	1,02	139	8,4	0,29	14	2	1,00
b2025	175	10,9	0,57	12	2	1,72	201	8,5	0,08	13	1	0,50	281	9,1	0,08	13	1	0,50
b2026	22	8,1	0,08	15	2	0,28	52	9,0	0,08	15	2	0,28	113	8,7	0,08	15	2	0,28
b2027	64	10,2	0,71	15	2	2,65	99	11,4	0,70	15	2	2,64	174	10,9	0,69	15	2	2,59
b2028	13	8,1	0,08	15	2	0,32	41	9,1	0,09	15	2	0,32	101	8,7	0,08	15	2	0,32
b2029	13	9,3	0,13	12	2	0,39	41	9,6	0,36	13	1	2,36	99	10,2	0,35	13	1	2,27
b2030	125	10,0	0,30	12	2	0,91	151	8,6	0,10	13	1	0,68	224	9,3	0,10	13	1	0,66
b2031	-16	11,1	0,63	12	2	1,90	-1	9,5	0,34	13	1	2,22	51	10,2	0,33	13	1	2,15
b2032	-4	9,5	0,18	12	2	0,53	23	9,7	0,41	13	1	2,64	78	10,4	0,39	13	1	2,54
b2033	13	8,1	0,08	15	2	0,32	41	9,1	0,09	15	2	0,32	101	8,7	0,08	15	2	0,32
b2034	-9	8,3	0,18	14	2	0,63	17	9,1	0,19	14	2	0,65	72	8,5	0,18	14	2	0,62
b2035	202	20,5	0,45	16	1	3,63	238	23,2	0,44	16	1	3,49	319	28,7	0,44	16	1	3,53
b2036g	49	8,6	0,23	15	2	0,85	81	9,7	0,22	15	2	0,84	150	9,3	0,22	15	2	0,84
b2037	51	8,4	0,17	15	2	0,64	83	9,4	0,17	15	2	0,64	151	9,1	0,17	15	2	0,64
b2038	119	10,3	0,75	15	2	2,82	157	11,6	0,76	15	2	2,84	239	11,0	0,74	15	2	2,77
b2039	21	8,0	0,09	14	2	0,30	51	8,7	0,09	14	2	0,30	113	8,1	0,09	14	2	0,30
b2040g	27	8,0	0,08	14	2	0,30	57	8,7	0,08	14	2	0,29	120	8,1	0,08	14	2	0,30
b2041	177	9,3	0,47	14	2	1,66	211	10,0	0,46	14	2	1,60	287	9,4	0,46	14	2	1,61
b2042	56	8,1	0,11	14	2	0,38	88	8,8	0,11	14	2	0,38	156	8,2	0,11	14	2	0,38
b3001	65	6,6	0,10	14	2	0,35	95	7,9	0,10	14	2	0,35	160	7,7	0,10	14	2	0,34
b3002	-12	7,0	0,22	15	2	0,83	19	8,6	0,21	15	2	0,80	80	8,7	0,22	15	2	0,81
b3003	53	6,6	0,09	15	2	0,34	83	8,2	0,09	15	2	0,34	146	8,2	0,09	15	2	0,33
b3004	1	6,7	0,11	15	2	0,41	30	8,2	0,11	15	2	0,41	90	8,3	0,11	15	2	0,41
b3005	49	6,5	0,07	15	2	0,26	80	8,1	0,07	15	2	0,26	145	8,1	0,07	15	2	0,26
b3006	95	6,7	0,11	15	2	0,40	128	8,2	0,10	15	2	0,39	197	8,3	0,10	15	2	0,39
b3007	145	7,4	0,37	15	2	1,40	178	9,1	0,36	15	2	1,35	249	9,2	0,36	15	2	1,34
b3008g	51	6,5	0,07	15	2	0,26	82	8,1	0,07	15	2	0,25	147	8,1	0,07	15	2	0,26
b3009	57	7,3	0,34	15	2	1,29	91	9,1	0,34	15	2	1,29	163	9,1	0,34	15	2	1,27
b3010	35	6,7	0,11	15	2	0,40	66	8,3	0,10	15	2	0,39	131	8,2	0,10	15	2	0,39
b3011	118	7,4	0,39	14	2	1,36	148	8,8	0,38	14	2	1,33	215	8,6	0,37	14	2	1,30
b3012	112	6,7	0,15	14	2	0,52	145	8,0	0,14	14	2	0,50	216	7,9	0,15	14	2	0,51
b3013	88	6,6	0,10	14	2	0,37	121	7,9	0,10	14	2	0,36	191	7,8	0,10	14	2	0,36
b3014	45	6,8	0,19	14	2	0,65	78	8,2	0,19	14	2	0,65	146	8,0	0,18	14	2	0,64
b3015	44	6,9	0,19	15	2	0,70	77	8,5	0,18	15	2	0,69	145	8,6	0,18	15	2	0,69
b3016	52	6,5	0,07	15	2	0,27	83	8,1	0,07	15	2	0,27	149	8,1	0,07	15	2	0,27
b3017	-25	6,8	0,18	14	2	0,63	4	8,2	0,18	14	2	0,62	62	8,0	0,18	14	2	0,62
b3018	10	6,6	0,09	14	2	0,31	39	7,8	0,09	14	2	0,32	100	7,7	0,09	14	2	0,31
b3019	41	8,9	0,32	15	2	1,20	74	10,0	0,32	15	2	1,18	143	9,6	0,31	15	2	1,18
b3020	85	8,2	0,10	15	2	0,37	116	9,1	0,10	15	2	0,37	184	8,8	0,10	15	2	0,37
b3021	35	6,7	0,11	15	2	0,41	66	8,2	0,11	15	2	0,41	131	8,3	0,11	15	2	0,41
b3022	30	7,4	0,37	15	2	1,38	64	9,1	0,36	15	2	1,36	133	9,2	0,36	15	2	1,34
b3023	94	9,3	0,43	15	2	1,62	130	10,4	0,43	15	2	1,63	206	10,0	0,43	15	2	1,60
b3024	-5	9,3	0,10	16	1	0,82	24	12,0	0,10	16	1	0,81	82	15,6	0,10	16	1	0,81

Boorpunt	GHG						GVG						GLG					
	s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd		s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd		s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd	
b1001	37	7,1	0,29	14	2	1,02	71	8,5	0,29	14	2	1,02	139	8,4	0,29	14	2	1,00
b3025	27	6,8	0,16	15	2	0,60	59	8,4	0,16	15	2	0,59	124	8,5	0,16	15	2	0,59
b3026	197	20,3	0,43	16	1	3,43	233	23,1	0,41	16	1	3,29	313	28,5	0,42	16	1	3,34
b3027	197	20,3	0,43	16	1	3,43	233	23,1	0,41	16	1	3,29	313	28,5	0,42	16	1	3,34
b3028	11	8,1	0,09	15	2	0,35	40	9,1	0,09	15	2	0,35	101	8,8	0,09	15	2	0,35
b3029	241	22,0	0,67	16	1	5,39	278	24,9	0,65	16	1	5,17	364	30,7	0,65	16	1	5,24
b3030g	226	21,4	0,58	16	1	4,66	262	24,2	0,56	16	1	4,48	346	29,9	0,57	16	1	4,53
b3031	203	20,5	0,46	16	1	3,68	239	23,3	0,44	16	1	3,53	320	28,8	0,45	16	1	3,58
b3032	182	9,1	0,42	14	2	1,46	217	9,9	0,40	14	2	1,41	295	9,3	0,41	14	2	1,42
b3033	22	7,7	0,51	14	2	1,77	56	9,2	0,50	14	2	1,76	126	9,0	0,49	14	2	1,73
b3034	37	6,8	0,19	14	2	0,67	69	8,2	0,19	14	2	0,66	136	8,0	0,19	14	2	0,66
b3035	21	7,4	0,38	14	2	1,34	54	8,8	0,38	14	2	1,33	122	8,6	0,37	14	2	1,31
b3036	16	8,4	0,80	14	2	2,82	51	10,1	0,80	14	2	2,81	122	9,8	0,78	14	2	2,74
b4001	-17	9,7	0,32	15	2	1,20	7	10,7	0,33	15	2	1,23	61	9,4	0,31	15	2	1,16
b4002	-34	10,7	0,61	15	2	2,30	-12	11,8	0,63	15	2	2,36	38	10,4	0,59	15	2	2,23
b4003	-28	10,4	0,53	15	2	1,98	-5	11,5	0,54	15	2	2,03	46	10,1	0,51	15	2	1,92
b4004	13	8,8	0,08	15	2	0,31	42	9,6	0,08	15	2	0,31	103	8,5	0,08	15	2	0,31
b4005	-4	9,5	0,26	15	2	0,98	21	10,4	0,27	15	2	1,01	76	9,2	0,25	15	2	0,95
b4006	-18	9,7	0,33	15	2	1,24	7	10,7	0,34	15	2	1,27	60	9,4	0,32	15	2	1,20
b4007	53	6,5	0,09	14	2	0,30	85	7,8	0,09	14	2	0,30	151	7,7	0,09	14	2	0,30
b4008	59	6,9	0,21	14	2	0,72	93	8,3	0,21	14	2	0,72	163	8,1	0,20	14	2	0,71
b4009	70	6,8	0,17	14	2	0,58	103	8,1	0,17	14	2	0,58	174	8,0	0,16	14	2	0,58
b4010	72	8,1	0,67	14	2	2,35	98	9,7	0,67	14	2	2,36	156	9,5	0,64	14	2	2,26
b4011	259	22,8	0,79	16	1	6,32	296	25,9	0,76	16	1	6,05	385	30,6	0,77	16	1	6,14
b4012	33	9,0	0,13	15	2	0,49	65	9,8	0,13	15	2	0,48	129	8,7	0,13	15	2	0,48
b4013	7	8,8	0,09	15	2	0,33	36	9,7	0,09	15	2	0,34	95	8,6	0,09	15	2	0,33
b4014	25	9,0	0,15	15	2	0,57	56	9,9	0,15	15	2	0,56	120	8,8	0,15	15	2	0,56
b4015	57	9,5	0,27	15	2	1,01	92	10,4	0,27	15	2	1,01	160	9,2	0,26	15	2	0,99
b4016	56	11,1	0,73	15	2	2,72	92	12,2	0,73	15	2	2,73	163	10,7	0,71	15	2	2,66
b4017	136	9,3	0,21	15	2	0,78	170	10,1	0,20	15	2	0,75	244	9,0	0,20	15	2	0,76
b4018	-8	9,2	0,19	15	2	0,72	18	10,1	0,20	15	2	0,74	74	8,9	0,19	15	2	0,70
b4019	31	9,3	0,22	15	2	0,83	64	10,2	0,22	15	2	0,83	129	9,1	0,22	15	2	0,82
b4020	39	9,4	0,25	15	2	0,93	73	10,3	0,25	15	2	0,92	139	9,2	0,24	15	2	0,92
b4021	27	8,9	0,11	15	2	0,42	58	9,8	0,11	15	2	0,42	121	8,7	0,11	15	2	0,42
b4022	21	8,9	0,13	15	2	0,47	52	9,8	0,12	15	2	0,47	115	8,7	0,12	15	2	0,47
b4023	18	8,9	0,11	15	2	0,40	49	9,7	0,11	15	2	0,39	111	8,6	0,11	15	2	0,40
b4024	62	9,0	0,14	15	2	0,53	95	9,9	0,14	15	2	0,53	163	8,8	0,14	15	2	0,52
b4025	50	8,7	0,07	15	2	0,27	82	9,6	0,07	15	2	0,27	147	8,5	0,07	15	2	0,27
b5001	148	10,6	0,85	15	2	3,20	188	11,6	0,86	15	2	3,22	273	11,0	0,84	15	2	3,15
b5002	72	8,1	0,09	15	2	0,33	104	8,9	0,09	15	2	0,33	173	8,5	0,09	15	2	0,34
b5003	89	8,2	0,12	15	2	0,46	121	9,0	0,12	15	2	0,45	188	8,6	0,12	15	2	0,45
b5004	66	8,1	0,09	15	2	0,32	96	8,9	0,09	15	2	0,32	161	8,5	0,08	15	2	0,32
b5005	182	10,7	0,89	15	2	3,32	214	11,6	0,85	15	2	3,20	286	11,1	0,85	15	2	3,20

Boorpunt	GHG						GVG						GLG					
	s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd		s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd		s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd	
b1001	37	7,1	0,29	14	2	1,02	71	8,5	0,29	14	2	1,02	139	8,4	0,29	14	2	1,00
b5006	90	8,3	0,14	15	2	0,52	121	9,1	0,13	15	2	0,51	188	8,7	0,13	15	2	0,50
b5007	58	8,2	0,11	15	2	0,43	91	9,0	0,11	15	2	0,42	159	8,6	0,11	15	2	0,43
b5008	89	8,2	0,13	15	2	0,47	120	9,1	0,12	15	2	0,46	187	8,6	0,12	15	2	0,46
b5009	109	8,3	0,13	15	2	0,50	142	9,1	0,13	15	2	0,48	213	8,6	0,13	15	2	0,49
b5010	189	11,8	0,92	15	2	3,45	220	12,7	0,88	15	2	3,30	296	11,3	0,88	15	2	3,31
b5011	208	14,2	1,75	15	2	6,58	237	15,2	1,69	15	2	6,34	312	13,5	1,68	15	2	6,32
b5012	36	9,2	0,16	15	2	0,59	68	10,0	0,16	15	2	0,58	133	8,8	0,16	15	2	0,59
b5013	242	22,1	0,68	16	1	5,42	278	25,1	0,65	16	1	5,19	365	29,6	0,66	16	1	5,27
b5014	76	9,3	0,19	15	2	0,72	111	10,1	0,19	15	2	0,73	181	9,0	0,19	15	2	0,72
b5015	95	9,0	0,11	15	2	0,40	127	9,7	0,10	15	2	0,39	197	8,7	0,11	15	2	0,40
b5016	63	8,1	0,08	15	2	0,30	94	8,9	0,08	15	2	0,30	159	8,4	0,08	15	2	0,30
b5017	278	23,7	0,93	16	1	7,43	316	26,9	0,89	16	1	7,12	407	31,7	0,90	16	1	7,22
b5018	248	22,3	0,72	16	1	5,74	285	25,4	0,69	16	1	5,49	372	30,0	0,70	16	1	5,57
b5019	70	9,5	0,23	15	2	0,85	105	10,3	0,23	15	2	0,85	175	9,1	0,22	15	2	0,84
b5020	40	9,4	0,20	15	2	0,75	73	10,1	0,20	15	2	0,74	139	9,0	0,20	15	2	0,74
b5021	150	9,1	0,36	15	2	1,35	183	9,9	0,35	15	2	1,29	255	9,4	0,35	15	2	1,30
b5022	60	8,1	0,09	15	2	0,35	91	8,9	0,09	15	2	0,35	155	8,5	0,09	15	2	0,35
b5023	175	19,7	0,33	16	1	2,63	209	22,4	0,32	16	1	2,53	288	26,4	0,32	16	1	2,56
b5024	203	16,4	2,68	15	2	10,06	230	17,6	2,61	15	2	9,78	302	15,6	2,58	15	2	9,67
b5025	53	9,4	0,21	15	2	0,77	86	10,2	0,21	15	2	0,77	154	9,0	0,20	15	2	0,76
b5026	117	9,2	0,16	15	2	0,59	150	10,0	0,15	15	2	0,57	222	8,8	0,15	15	2	0,58
b5027	75	9,4	0,20	15	2	0,75	105	10,1	0,20	15	2	0,73	170	9,0	0,19	15	2	0,72
b5028	105	8,4	0,18	15	2	0,66	137	9,2	0,17	15	2	0,64	205	8,8	0,17	15	2	0,64
b5029	64	8,1	0,08	15	2	0,29	95	8,9	0,08	15	2	0,29	160	8,4	0,08	15	2	0,29
b5030	175	19,7	0,33	16	1	2,63	209	22,4	0,32	16	1	2,53	288	26,4	0,32	16	1	2,56
b5031	248	22,3	0,72	16	1	5,74	285	25,4	0,69	16	1	5,49	372	30,0	0,70	16	1	5,57
b5032	63	8,8	0,09	15	2	0,34	96	9,7	0,09	15	2	0,34	163	8,6	0,09	15	2	0,34
b5033	43	9,1	0,15	15	2	0,55	75	9,9	0,15	15	2	0,55	141	8,8	0,15	15	2	0,55
b5034	26	9,2	0,16	15	2	0,62	58	10,0	0,16	15	2	0,61	122	8,9	0,16	15	2	0,61
b5035	42	8,4	0,17	15	2	0,62	74	9,2	0,16	15	2	0,62	141	8,8	0,17	15	2	0,62
b5036	290	24,3	1,02	16	1	8,18	329	27,5	0,98	16	1	7,83	421	32,5	0,99	16	1	7,94
b5037	96	9,3	0,17	15	2	0,65	127	10,0	0,17	15	2	0,63	195	8,9	0,17	15	2	0,63
b6001	255	22,7	0,77	16	1	6,12	292	25,7	0,73	16	1	5,86	381	30,4	0,74	16	1	5,94
b6002	57	8,7	0,08	15	2	0,29	89	9,6	0,08	15	2	0,29	155	8,5	0,08	15	2	0,29
b6003	45	8,8	0,07	15	2	0,25	75	9,6	0,07	15	2	0,25	139	8,5	0,07	15	2	0,25
b6004	245	22,2	0,70	16	1	5,61	282	25,3	0,67	16	1	5,37	369	29,8	0,68	16	1	5,45
b6005	85	9,0	0,12	15	2	0,44	119	9,8	0,12	15	2	0,44	189	8,7	0,12	15	2	0,44
b6006	54	8,9	0,07	15	2	0,28	85	9,6	0,07	15	2	0,28	151	8,5	0,07	15	2	0,28
b6007	42	9,1	0,14	15	2	0,54	71	9,9	0,14	15	2	0,54	132	8,8	0,14	15	2	0,52
b6008	125	9,3	0,19	15	2	0,71	158	10,1	0,18	15	2	0,68	230	8,9	0,18	15	2	0,69
b6009	234	21,8	0,63	16	1	5,06	271	24,8	0,61	16	1	4,85	357	29,2	0,61	16	1	4,92
b6010	63	9,0	0,10	15	2	0,38	96	9,7	0,10	15	2	0,38	163	8,6	0,10	15	2	0,38

Boorpunt	GHG						GVG						GLG					
	GHG	s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd	GVG	s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd	GLG	s.d.	Mate van extrapolatie	N-observaties	N-gerichte metingen	Mate van extrapolatie, genormaliseerd
b1001	37	7,1	0,29	14	2	1,02	71	8,5	0,29	14	2	1,02	139	8,4	0,29	14	2	1,00
b6011	99	9,6	0,27	15	2	1,01	129	10,4	0,26	15	2	0,98	197	9,2	0,26	15	2	0,97
b6012	43	9,6	0,30	15	2	1,11	76	10,5	0,30	15	2	1,11	144	9,3	0,29	15	2	1,10
b6013	48	8,7	0,07	15	2	0,25	79	9,6	0,07	15	2	0,25	143	8,5	0,07	15	2	0,25
b6014	107	8,1	0,13	15	2	0,48	140	9,1	0,12	15	2	0,46	211	8,6	0,13	15	2	0,47
b6015	92	9,3	0,18	15	2	0,67	122	10,0	0,17	15	2	0,66	190	8,9	0,17	15	2	0,65
b6016	50	8,8	0,10	15	2	0,36	82	9,7	0,10	15	2	0,36	148	8,6	0,10	15	2	0,37
b6017	39	8,7	0,07	15	2	0,28	70	9,6	0,07	15	2	0,28	134	8,5	0,07	15	2	0,28
b6018	10	8,8	0,10	15	2	0,37	40	9,7	0,10	15	2	0,37	101	8,6	0,10	15	2	0,37
b6019	55	9,0	0,14	15	2	0,54	88	9,9	0,14	15	2	0,54	155	8,8	0,14	15	2	0,54

Aanhangsel 3 Interpretatie vegetatie typen

Kart	Lok_typ	Vocht sbb	Vocht Ellenberg	GHG	GLG	Lokaal-type	KORT_NED
1991	A					Akkergemeenschap	
1991	B10		8,9	-5	40	Gemeenschap van Zwarte els en Stijve zegge	Elzenzegge-elzenbroek, typische subassociatie
1991	B11		8,0	-3	50	Gemeenschap van Zwarte els en Elzenzegge	Elzenzegge-elzenbroek, typische subassociatie
1991	B12		7,9	-1	60	Gemeenschap van Zwarte els en Wijfjesvaren	Elzenzegge-elzenbroek, typische subassociatie
1991	B20		7,1	16	90	Gemeenschap van Zwarte els en Brede Stekelvar	RG Brede stekelvaren-[Elzen-verbond]
1991	B21		6,2			Gemeenschap van Zomereik en Dalkruid	Beuken-eikenbos, subassoc. v Lelietje-v-dalen
1991	B22		6,3			Gemeenschap van Grove den en Pijpestrootje	Berken-eikenbos, subassociatie van Pijpestrootje
1991	B23		6,1			Gemeenschap van Japanse larix	
1991	B30		5,6			Gemeenschap met Douglasspar	
1991	B31		5,6			Gemeenschap met Fijnspar	
1991	B40		5,5			Gemeenschap van Zomereik en Adelaarsvaren	Beuken-eikenbos, subassociatie van Adelaarsvaren
1991	G10	Nat-MDr				Gemeenschap van Engels raai-gras en Timoteegra	RG Ruw beemdgras-Engels raai-[Weegb-k/K.vo.gras]
1991	G11	Vo-MDr	6,5	7	90	Gemeenschap van Engels raai-gras en Gestreepte	RG Gestr.witbol-B.langbl.-Eng.raai.[Kl.v.grasl.]
1991	G12	MNat-Vo		17	90	Gemeenschap van Gestreepte witbol en Veldzuri	RG Gestr.witbol- E.Koekoeksbl.-[Kl.vocht.grasl.]
1991	G13	MNat-Vo		5	70	Gemeenschap van Veldrus en Echte koekoeksbloes	RG Veldrus-[Klasse der vochtige graslanden]
1991	G14	MNat	7,6	-1	50	Gemeenschap van Blauwe zegge en Dotterbloem	Ass. Boterbloem-Waterkruiskr., sub. Blauwe zegge
1991	K		5,9			Gemeenschap van Pitrus en Pilzegge	DG Pitrus-[Klasse der heischrale graslanden]
1991	L1					Lintbeplanting met bosachtige structuur	
1991	L2					Lintbeplanting met grazige ondergroei	
1991	P10	Am		-10	15	Gemeenschap van Veelstengelige waterbies	Associatie van Veelstengelige waterbies
1991	P11	ZNat	8,0	10	80	Gemeenschap van Gewone dophei en Bruine snave	Ass. Moeraswolfsklauw en Snavelbies, typ. subass
1991	P12		6,5	20	90	Gemeenschap van Pilzegge en Fioringras	Ass. Struikhei en Stekelbrem, subass. Tandjesgr.
1991	P13		5,4			Gemeenschap van Grondster	Grondster-associatie
1991	S10	ZNat-Nat	8,4	-2	40	Gemeenschap van Stijve zegge en Hennegrass	Associatie v Stijve zegge, typische subassoc.
1991	S11	MNat	8,4	-1	40	Gemeenschap van Spaanse ruiter en Hennegrass	Blauwgrasland, subassociatie van Melkeppe
1991	S12		8,3	-1	45	Gemeenschap van Spaanse ruiter en Parnassia	Blauwgrasland, subassociatie van Parnassia
1991	S13	MNat-Vo	7,4			Gemeenschap van Gewone dophei en Klokjesgent	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras
1991	S14		6,5	50	140	Gemeenschap van Gewone dophei en Bochtige sme	RG Bochtige sme- [Kl.heischral.gras/Kl.dro.hei]

Kart	Lok_typ	Vocht sbb	Vocht Ellenberg	GHG	GLG	Lokaal-type	KORT_NED
1991	V10	ZNat-Vo(MDr)	6,6	20	80	Gemeenschap van Gewone dophei en Pijpestrootj	RG Pijpestrootje-[K.veenbult.nat.hei/K.hei.gras]
1991	V11		7,6	1	50	Begroeiing met Riet en veenmos	RG Pijpestrootje-Veenmos-[K.hveensl/K.hveen.hei]
1991	V12	ZNat-Nat	8,4	0	70	Begroeiing met Blaaszegge	Associatie van Blaaszegge
1991	W			-20	-5	Water	
1991	B24		6,1			Gemeenschap van Japanse larix	
1991	00			0	60	Onbekend	
1999	B					Bos/opslag	
1999	F1	Vo	8,3	3	70	Type van Hennegras	RG Gr.wederik-Hennegr.-P.ruit-[V Biez.-Pijpest.]
1999	G1a	Nat-MDr	5,3			Type van Engels raaigras	RG Ruw beemdgras-Engels raai-[Weegb-k/K.vo.gras]
1999	G2	Vo-MDr	7,3	-2	55	Type van Gestreepte witbol en Rietgras	RG Gestr.witbol-B.langbl.-Eng.raai.[Kl.v.grasl.]
1999	G3a	Vo-MDr	5,9			Type van Engels raaigras en Gestreepte witbol	RG Gestr.witbol-B.langbl.-Eng.raai.[Kl.v.grasl.]
1999	G3c	Vo-MDr	6,0	14	90	Type van Gestreepte witbol en Gewoon reukgras	RG Gestr.witbol-B.langbl.-Eng.raai.[Kl.v.grasl.]
1999	G5		5,0			Type van Gladde witbol	RG Gladde witbol-[Kl. Gladde witbol en Havikskr]
1999	H1	(ZNat)Nat-Vo	6,9			Type van Struikheide en Gewone dophei	RG Dophei-[Dophei-verbond]
1999	H2	ZNat	8,2			T.van Gewone dophei en Bruine snavelbies	Ass. Moeraswolfsklauw en Snavelbies, typ. subass
1999	H3	Vo-Dr	7,6			T. Gewone dophei en Liggende vleugeltjesbloem	Associatie van Liggend walstro en Schapegras
1999	H4	MDr-Dr	6,2			Type van Fioringras en Pilzegge	Ass. Struikhei en Stekelbrem, subass. Tandjesgr.
1999	K					(Vrijwel) onbegroeide terreindelen	
1999	M2	Vo	7,2	6	70	T. v. Gestr. witbol en Moerasrolklaver	RG Moerasrolklaver-Echte koekoeksbl.-[Dotter-v.]
1999	M3	MNat	7,9	-2	50	T. v. Scherpe zegge en Gew. Dotterbloem	Associatie v Scherpe zegge, typische subassoc.
1999	M4a	MNat&Vo	8,0	-1	50	Type van Blauwe zegge en Waternavel	Veldrus-associatie, typische subassociatie
1999	M4b	MNat*	7,9	-1	50	Type van Blauwe zegge en Waternavel	Veldrus-associatie, subassociatie van Rietorchis
1999	P1a	Am	8,7	-5	50	Type van Knolrus en Egelboterbloem	Associatie van Waterpunge en Oeverkruid
1999	P1b	Am	9,0	-10	15	Type van Knolrus en Veelstengelige waterbies	Associatie van Veelstengelige waterbies
1999	P1c	(Aq-o)- Am	8,8	-15	5	Type van Knolrus en Stijve zegge	Associatie van Vlottende bie
1999	P2	Am	10,0	-10	15	Type van Veelstengelige waterbies en Veenmos	RG Veelst.w.bies-Veenmos-[Oeverkr./Kl.h.veensl.]
1999	H5		5,4			Type van Bochtige sme	RG Bochtige sme-[Kl.heischral.gras/Kl.dro.hei]
1999	M1	MNat&Vo	6,6	4	70	Type van Veldrus en Echte koekoeksbloem	Veldrus-associatie, typische subassociatie
1999	Wo			-20	-5	Open water	
1999	S3	MNat-Vo	7,0			Type van Pijpestrootje en Tandjesgras	Blauwgrasland, subassociatie van Borstelgras
1999	G3b	Vo-MDr	5,7			Type van Gestreepte witbol	RG Gestr.witbol-B.langbl.-

Kart	Lok_typ	Vocht sbb	Vocht Ellenberg	GHG	GLG	Lokaal-type	KORT_NED
1999	S2		8,4	2	50	Type van Blauwe zegge en Vlozegge	Eng.raai.[Kl.v.grasl.] Blauwgrasland, subassociatie van Parnassia
1999	G4	Vo-Dr	6,3	20	100	T. van Gestreepte witbol en Grote brandnetel	RG Gestr.witbol-B.langbl.- Eng.raai.[Kl.v.grasl.]
1999	S1	MNat	8,0	-2	40	Type van Blauwe zegge en Parnassia	Blauwgrasland, typische subassociatie

