

Neerschaling van de freatische grondwaterstand uit modelresultaten en de Gt-kaart

Methodiek en eerste resultaten

T. Hoogland
J. Runhaar

r a p p o r t e n

WOT
Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Neerschaling van de freatische grondwaterstand uit modelresultaten en de Gt-kaart

De inhoudelijke kwaliteit van dit rapport is beoordeeld door Arjen van Hinsberg, Milieu- en Natuurplanbureau.

Het rapport is geaccepteerd door Jaap Wiertz, opdrachtgever namens de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

De reeks 'Rapporten' bevat onderzoeksresultaten van uitvoerende organisaties die voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu opdrachten hebben uitgevoerd.

WOT-rapport 26 is het resultaat van een onderzoeksopdracht van het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) en de WOT Natuur & Milieu aan Alterra. Dit onderzoeksrapport draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals de Natuurbalans, (thematische) verkenningen en quick scans. Het rapport is geen MNP-product.

Neerschaling van de freatische grondwaterstand uit modelresultaten en de Gt- kaart

Methodiek en eerste resultaten

T. Hoogland

J. Runhaar

Rapport 26

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, september 2006

Referaat

Hoogland, T. & J. Runhaar, 2006. *Neerschaling van de freatische grondwaterstand uit modelresultaten en de Gt-kaart*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 26. 38 blz.; 10 fig.; 1 tab.; 10. ref.; 1 bijl.

Het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) gebruikt voor verkenningen en evaluaties de ecologische effectmodellen uit de Natuurplanner. Als invoer gebruiken deze modellen ruimtelijke bestanden met informatie over het abiotische milieu en de vegetatiestructuur. Een ruimtelijk gedetailleerd rekenniveau is nodig om een betrouwbare en verifieerbare voorspelling van de verandering van de natuurwaarde van de flora te kunnen geven.

Doel van deze studie is het ontwikkelen en testen van twee methoden voor het vergroten van het ruimtelijk detail in gegevens over freatische grondwaterstanden die gebruikt worden in de Natuurplanner. Het betreft gegevens over de grondwaterstand berekend met een landelijk grondwatermodel en de grondwatertrappen uit de bodemkaart 1:50.000.

De beide neerschalingmethoden zijn als test en ter illustratie toegepast. De Gt-kaart is landelijk neergeschaald. De LGM-modelresultaten zijn neergeschaald in een proefgebied in Brabant.

Trefwoorden: detailering, Grondwaterdynamiek (Gd), Grondwatertrap (Gt), Landelijk Grondwater Model (LGM), neerschalen, ontwatering, resolutie, schaal

Abstract

Hoogland, T. & J. Runhaar, 2006. *Upscaling groundwater levels from model results and the Water Table Class Map; Methodology and some preliminary results*. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment. WOt-report 26. 38 pp.; 10 Figs.; 1 Table; 10 Refs.; 1 Annex

The Netherlands Environmental Assessment Agency is using the ecological effect models from the 'Nature Planner' model for its outlook reports and evaluations. The input for these models is supplied by spatial databases providing information about the abiotic environment and vegetation structures. Reliable and verifiable predictions of changes in floristic values have to be calculated with a high level of spatial detail. The aim of the present study was to develop and test two methods to increase the degree of spatial detail in data on groundwater levels used in the Nature Planner model. The relevant water table data were calculated from a national groundwater model (LGM) and the water table classes from the 1:50,000 soil map of the Netherlands. Upscaling methods for both maps were applied, to test and illustrate the methods used. The water table classes (Gt) map was refined for the country as a whole, while the LGM model output was refined for a sample area in the province of Brabant.

Key words: Upscaling, refinement, water table classes (Gt), groundwater dynamics (Gd), national groundwater model (LGM), resolution, level of detail.

©2006 **Alterra**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen.

Tel: (0317) 47 47 00; fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info.alterra@wur.nl

De reeks WOt-rapporten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit rapport is verkrijgbaar bij het secretariaat . Het rapport is ook te downloaden via www.wotnatuurenmilieu.wur.nl.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 47 78 44; Fax: (0317) 42 49 88; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
Probleemstelling	11
Doelstelling	11
2 Materialen en methoden	13
2.1 Achtergrond	13
2.2 Neerschaling van de Gt-kaart	14
2.3 Neerschaling van LGM-modelresultaten	17
2.3.1 Probleempunten en mogelijke oplossingen	18
3 Resultaten	21
3.1 Neergeschaalde Gt-kaart	21
3.2 Neergeschaalde LGM-resultaten	26
4 Conclusies	31
Literatuur	33
Bijlage 1 Stappenbeschrijving	35

Samenvatting

Het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) gebruikt voor verkenningen en evaluaties de ecologische effectmodellen uit de Natuurplanner. Als invoer gebruiken deze modellen ruimtelijke bestanden met informatie over het abiotische milieu en de vegetatiestructuur. Probleem is dat het ruimtelijke en typologische detailniveau van de abiotische gegevens te wensen over laat, en dat bijzonder milieutypen die voor het natuurbehoud zeer relevant zijn vaak ontbreken. Een ruimtelijk gedetailleerd rekenniveau is nodig om een betrouwbare en verifieerbare voorspelling van de verandering van de natuurwaarde van de flora te kunnen geven (Hinsberg et al., 2000).

Doel van deze studie is het ontwikkelen en testen van twee methoden voor het vergroten van het ruimtelijk detail in gegevens over freatische grondwaterstanden die gebruikt worden in de Natuurplanner. Het betreft gegevens over de grondwaterstand berekend met een landelijk grondwatermodel en de grondwatertrappen uit de bodemkaart 1:50.000 (Gt-kaart 1:50000).

De neerschaling van hydrologische gegevens is in twee delen gesplitst. In het eerste deel is de bestaande Gt-kaart 1:50000 neergeschaald grotendeels volgens de methode zoals ontwikkeld voor Gd-karteringen (Kekem et al, 2005). De Gt-informatie uit de Gt-kaart 1:50.000 is binnen kaartvlakken ruimtelijk gedifferentieerd. Binnen deze vlakken is op basis van de maaiveldhoogte (AHN) een ruimtelijk gedifferentieerd patroon in GHG en GLG bepaald met de veronderstelling dat de laagste delen het natst en hoge delen het droogst zijn. Hoe droog of nat gebieden op de neergeschaalde kaart zijn, hangt behalve van de hoogteligging ook af van de Gt-klasse zoals die voor een kaartvlak in de bodem en Gt-kaart is aangeduid.

In het tweede deel is een methodiek voor neerschaling van modelresultaten van het landelijk grondwatermodel (LGM) ontwikkeld. Deze methodiek is consistent met de gehanteerde modelschematisatie van LGM en maakt gebruik van een gedetailleerde kaart van de hoogteligging (AHN).

De beide neerschalingmethoden zijn als test en ter illustratie toegepast. De Gt-kaart is landelijk neergeschaald, de LGM-modelresultaten in een proefgebied in Brabant.

De patronen in GHG en GLG van de uit de bodemkaart afgeleide Gt-kaart zijn na neerschaling nog duidelijk herkenbaar. Wel ontstaat er duidelijk differentiatie binnen Gt-vlakken. De differentiatie in met name de lager gelegen (waarschijnlijk nattere) locaties is aanzienlijk.

Het is mogelijk gebleken een neerschalingmethode voor de berekende freatische grondwaterstand uit hydrologische modelresultaten te ontwikkelen die aansluit bij de in LGM gehanteerde modelschematisatie, zonder dat dit aanvullende aannames of gegevens vereist. Er is niet onderzocht of problemen kunnen ontstaan in grootte van bestanden en rekentijd als een landsdekkende LGM-berekening moeten worden neergeschaald.

De juistheid van de beide resultaten is bijzonder lastig te beoordelen. Daarvoor dient eerst te worden gecheckt of de oorspronkelijke kaarten overeen komen met het werkelijke beeld van de grondwaterstand. Daarna kan worden beoordeeld of ook het neergeschaalde beeld juist is. Een andere mogelijkheid is om in een aantal proefgebieden samen met gebiedskundigen de neergeschaalde grondwaterstand te beoordelen in de praktijksituatie; beschikbare metingen uit de DINO-database van TNO of metingen in boorgaten van de Gt-kartering kunnen hieraan een waardevolle bijdrage leveren.

Summary

The Netherlands Environmental Assessment Agency is using the ecological effect models from the 'Nature Planner' model for its outlook reports and evaluations. The input for these models is supplied by spatial databases providing information about the abiotic environment and vegetation structures. The problem is that the levels of spatial and typological detail of the abiotic data are insufficient, and that unusual types of environment, which have proved extremely relevant for nature conservation, are often missing. Reliable and verifiable predictions of changes in floristic values have to be calculated with a high level of spatial detail (Hinsberg et al., 2000).

The aim of the present study was to develop and test two methods to increase the spatial detail of information on groundwater levels used in the Nature Planner model. This is referred to as upscaling. The groundwater levels were calculated from the Dutch national groundwater model (LGM) and the water table classes from the 1:50,000 soil map of the Netherlands (1:50,000 Gt map).

Upscaling of the hydrological data was split into two parts. In the first part, the existing 1:50,000 Gt map was upscaled, using the methods developed for groundwater dynamics maps (Gd maps) (Kekem et al., 2005). The information on water level classes derived from the 1:50,000 Gt map was spatially differentiated within the map units. Based on the Dutch digital elevation model (AHN), spatially differentiated patterns of mean lowest and highest water tables (GHG and GLG) were determined within these map units. The underlying assumption is that the parts with the lowest elevation would be the wettest parts and those with the highest elevation would be driest. How wet or dry an area in the upscaled map actually is depends on both its elevation and on the water table classes from the 1:50,000 soil map of the Netherlands.

The second part of the project involved the development of a methodology to refine the output of the Dutch national groundwater model (LGM). This methodology is consistent with the model schematisation used for the LGM model, and uses a detailed elevation map (AHN).

Both upscaling methods were applied to test and illustrate them. The water tables classes (Gt) map was refined for the country as a whole, while the LGM model output was refined for a sample area in the province of Brabant.

The GHG and GLG patterns on the Gt map derived from the soil map were still clearly recognisable after the upscaling operation, while clear differentiation was obtained within the Gt map units. It was especially in the lower, and therefore presumably wetter, locations that considerable differentiation was achieved.

The aim of developing an upscaling method for the phreatic groundwater levels from just the national groundwater model (LGM) without utilising any additional data or assumptions proved successful. We only tried the method for a test area and did not test whether the method could lead to problems in terms of file sizes or computing time when a countrywide LGM calculation is performed.

The results of the two methods are very difficult to verify. This would first of all require a check whether the original maps correctly represent the actual water table patterns, after

which it could be assessed whether the refined patterns are also correct. Another verification option would be to collaborate with local area experts in assessing the refined water table patterns against the actual field situation in a number of areas. Valuable contributions to such an assessment could be made by measurements available in the DINO database (Data and Information on the Subsurface of the Netherlands) or measurements made in the boreholes used to prepare the Gt maps.

1 Inleiding

Probleemstelling

Het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) gebruikt voor verkenningen en evaluaties de ecologische effectmodellen uit de Natuurplanner. Als invoer gebruiken deze modellen ruimtelijke bestanden met informatie over het abiotische milieu en de vegetatiestructuur. Probleem is dat het ruimtelijke en typologische detailniveau van de abiotische gegevens te wensen over laat, en dat bijzonder milieutypen die voor het natuurbehoud zeer relevant zijn vaak ontbreken. Door Hinsberg et al. (2000) wordt aangegeven dat voor een betrouwbare en verifieerbare voorspelling van de verandering van de natuurwaarde van de flora een ruimtelijk gedetailleerd rekenniveau nodig is. Voor sommige belangrijke milieukenmerken, bijvoorbeeld de temporele variabiliteit in (grond)waterstand en kalkrijke kwel, ontbreken betrouwbare landelijke milieukarteringen. Dit geldt speciaal voor notoir bekende kwetsbare ecosystemen, bijvoorbeeld blauwgraslanden, kalkgraslanden, trilvenen, bepaalde heischrale graslanden en duinvalleien. Dit hangt samen met de verschillen op korte afstand in soortensamenstelling en natuurwaarde en de onderliggende abiotische omstandigheden. Voor het landelijke en het Europese beleid zijn dergelijke 'hotspots' voor biodiversiteit van groot belang, maar hun geringe omvang maakt het lastig om ze in modellering op landelijke schaal mee te nemen.

In de eerste fase van het onderzoek, uitgevoerd in 2004, is gewerkt aan het vervaardigen van kaarten met floristische hotspots, onder meer op basis van de bodemkaart en het voorkomen van plantensoorten. Op deze manier is het mogelijk inzicht te krijgen in het voorkomen van bijzondere milieus die ondanks een beperkte oppervlakte toch van groot belang zijn voor de biodiversiteit in Nederland. De Hotspotskaarten kunnen gebruikt worden als 'vangnet' om te voorkomen dat kleine, voor de Nederlandse biodiversiteit relevante milieus door schaalproblemen letterlijk uit het beeld verdwijnen.

Probleem is echter dat veranderingen in deze bijzondere milieus moeilijk voorspeld kunnen worden, omdat de schaal van de gebruikte abiotische modellen niet aansluit bij de schaal waarop de hotspots voorkomen. In de tweede fase zal daarom aandacht worden besteed aan de detaillering van de abiotische modellering, en dan met name de modellering van de waterhuishouding. Doordat het gebruikte landelijke hydrologische model, LGM, uitgaat van grote ruimtelijke eenheden zijn de uitkomsten van het model niet voldoende gedetailleerd om uitspraken te kunnen doen over de voor natuur relevante veranderingen in de waterhuishouding in bijvoorbeeld natte schraalgraslanden en vennen. Vraag is hoe door aanpassingen in het model en neerschaling op basis van hulpinformatie het detailniveau van de hydrologische voorspelling zodanig verfijnd kan worden dat men wel rekening kan houden met dergelijke floristische 'hotspots'. Het uiteindelijke doel is om de modellering zodanig te verfijnen dat ook kleine afwijkende milieus als vennen en schraalgraslanden afdoende gemodelleerd kunnen worden. In die situatie kan men de soortgegevens gebruiken om de modeluitkomsten te valideren en het model te kalibreren.

Doelstelling

Het doel is het ontwikkelen en testen van methoden voor het vergroten van het ruimtelijk detail in gegevens over freatische grondwaterstanden die gebruikt worden in de Natuurplanner. Het betreft gegevens over de grondwaterstand berekend met het landelijk grondwatermodel (LGM; Pastoors, 1992) en de grondwatertrappen uit de bodem en Gt-kaart 1:50.000.

In deze studie wordt een methodiek voor neerschaling van modelresultaten ontwikkeld die consistent is met de gehanteerde modelschematisatie en alleen gebruik maakt van deze

schematisatie en een gedetailleerd hoogtemodel. De ontwikkelde neerschalingmethoden worden als test en ter illustratie toegepast voor LGM-modelresultaten op een proefgebied in Brabant en voor de neerschaling van de Gt-kaart landsdekkend.

2 Materialen en methoden

2.1 Achtergrond

Door Hoogewoud en van Ek is in 2002 is een studie uitgevoerd hoe de resultaten uit het landelijke model NAGROM neergeschaald kunnen worden op basis van informatie over hoogte en ligging van drainagemiddelen. In deze studie bouwen we voort op de resultaten van Hoogewoud en van Ek. Hoewel hun studie betrekking heeft op een ander model dan gebruikt door MNP (NAGROM-MOZART i.p.v. LGM-SWAP) zijn veel van de problemen en mogelijke oplossingen vergelijkbaar. Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van bij Alterra ontwikkelde neerschalingstechnieken. (Finke et al.1999).

Hoogewoud en van Ek (2002) beschrijven in hun rapport een aantal mogelijke technieken die men kan gebruiken om gemiddelde kwelfluxen en grondwaterstanden uit een landelijk model neer te schalen naar een fijner schaalniveau. Op hoofdlijnen:

- lineaire interpolatie tussen waarden in centra knooppunten/middelpunten gridcellen om een discrete verdeling met scherpe overgangen tussen knooppunten/gridcellen om te zetten in een meer continu verloop;
- gebruik van hoogtegegevens uit het AHN om grondwaterstanden en of kwelfluxen neer te schalen, uitgaande van de veronderstelling dat de ondiepste grondwaterstanden en de grootste kwelfluxen voorkomen op de laagstgelegen plekken;
- gebruik van gegevens over de ligging van drainagemiddelen om zowel de kwelfluxen als de grondwaterstanden te berekenen op basis van de door het landelijke grondwatermodel NAGROM voorspelde stijghoogte.

Deze strategieën variëren van zeer simpele GIS-methoden die zonder verdere aannamen over causale hydrologische relaties en onafhankelijk van het gebruikte hydrologische model gebruikt kunnen worden om de resultaten van hydrologische modellen neer te schalen (1), tot technieken die neerkomen op een detaillering van het hydrologische model door de voor lokale verschillen in freatische grondwaterstanden en kwelfluxen meest relevante eigenschappen (maaiveld en ligging en diepte van drainagemiddelen) gedetailleerder mee te nemen in de modellering van het topsysteem (3).

Neerschaling van hydrologische modelresultaten is uiteraard alleen mogelijk wanneer de gemiddelde grondwaterstanden en kwelfluxen correct berekend zijn. Hoogewoud en van Ek (2002) hebben aangetoond dat in de uitkomsten van landelijke hydrologische modellen systematische fouten kunnen optreden doordat bij de schematisatie van de ruimtelijke eenheden wordt uitgegaan van gemiddelde waarden.

Het meest duidelijke voorbeeld is het gebruik van de gemiddelde maaiveldhoogte om het drainageniveau te bepalen. In de NAGROM-modellering wordt de ontwateringsdiepte per 250 x 250 m gridcel gebruikt om het drainageniveau te bepalen: de uit STONE overgenomen relaties tussen hydrotype en ontwateringsdiepte worden gebruikt om de ontwateringsdiepte te bepalen, en het drainageniveau wordt berekend door deze ontwateringsdiepte af te trekken van het gemiddelde maaiveld. Daarbij gaat men echter voorbij aan het feit dat, althans in hoog-Nederland, ontwateringsmiddelen meestal liggen in de laagste delen van het landschap. Met name in smalle beekdalgebieden kan de gemiddelde maaiveldhoogte van een gridcel ver boven het niveau van de (gedraineerde) bodem van het beekdal liggen. Gevolg is dat te hoge grondwaterstanden berekend worden in de beekdalen. Een dergelijke fout is door neerschaling niet te corrigeren, en kan men alleen wegnemen door de schematisatie te verbeteren, aldus Hoogewoud en van Ek (2002).

Het eerste deel van deze studie betreft het neerschalen van de bodem en Gt-kaart met methoden vergelijkbaar aan die ontwikkeld door Finke et al. (1999) en Kekem et al. (2005). Het tweede onderdeel in deze neerschalingstudie betreft het ontwikkelen en testen van een nieuwe neerschalingsmethodiek voor hydrologische modelresultaten. De methodeontwikkeling zal bij gebrek aan direct beschikbare landelijke modelresultaten plaatsvinden voor het proefgebied in Brabant, waarvan modelberekeningen van het Landelijk Grondwater Model (LGM) beschikbaar zijn. De neerschalingmethode wordt zo opgezet dat zij, naar verwachting, ook voor toekomstige (landsdekkende) modelberekeningen bruikbaar blijft. Het LGM model is geschematiseerd in knooppunten en een omliggend invloedsgebied, berekeningsresultaten zijn voor knooppunten en worden representatief verondersteld voor het invloedsgebied rond een knooppunt. De invloedsgebieden zijn, afhankelijk van de gekozen discretisatie, vaak zo groot dat (zeker in reliëfrijke gebieden) de *gemiddelde* hydrologische condities in het invloedsgebied weinig zeggen over de potenties voor grondwaterafhankelijke natuur. Binnen een invloedsgebied moet daarom een ruimtelijk patroon worden geschat op basis van hydrologische en topografische kenmerken. Daarnaast dienen de ruimtelijke patronen in een invloedsgebied op een plausibele wijze aan te sluiten op patronen in naastliggende gebieden. Omdat het in dit project gaat om kansrijkdom voor (kwetsbare) natuur is het van speciaal belang om in natuurgebieden een zo goed mogelijk beeld van de grondwaterstand en kwel te krijgen. De specifieke ontwaterings situatie in natuurgebieden dient daarom ook in het gebruikte hydrologische model zo goed mogelijk te worden geschematiseerd. In het proefgebied heeft de implementatie van een specifieke ontwatering voor natuurgebieden in het hydrologisch model nog niet plaatsgevonden, voor de methodeontwikkeling is dat echter geen bezwaar. Bij de latere modellering van het vrij drainerende (zand)gebied met LGM-SWAP moeten de natuurgebieden wel met een specifieke ontwaterings situatie worden doorgerekend. Neerschaling kan namelijk wel het hydrologisch patroon binnen modelementen verfijnen, maar eventuele onjuiste schattingen van het gemiddelde grondwater niveau in een modelement niet corrigeren.

2.2 Neerschaling van de Gt-kaart

De neerschaling van hydrologische gegevens is in twee delen gesplitst. In het eerste deel is de bestaande Gt-kaart 1:50000 neergeschaald, grotendeels volgens de methode voor Gd-karteringen (Van Kekem, 2005).

De Gt-informatie in de bodem- en Gt-kaart 1:50.000 is gekoppeld aan kaartvlakken. Binnen deze vlakken wordt op basis van de hoogteligging (AHN) een ruimtelijk gedifferentieerd patroon bepaald in de veronderstelling dat de laagste delen het natst en hoge delen het droogst zijn. Hoe droog of nat gebieden op de neergeschaalde kaart komen, hangt behalve van de hoogteligging ook af van de Gt-klasse zoals die voor een kaartvlak in de bodem en Gt-kaart is aangeduid. Voor elke kaartvlak is op basis van Gt-klasse het bereik bepaald van minimale en maximale waarden voor de GHG en GLG. Om die reden is de 1 : 50 000 Gt-kaart omgezet in kaarten van de GHG en GLG, waarbij gebruik is gemaakt van de karakterisatie van Gt's door Van der Sluijs (1990). Voor kaartvlakken met Gt-associaties (de combinatie van meerdere Gt-klassen) worden de minimale waarden van de natste en de maximale waarde van de droogste Gt-klasse gebruikt.

De gehanteerde minimale en maximale GHG en GLG waarden per Gt klasse staan in tabel 1.

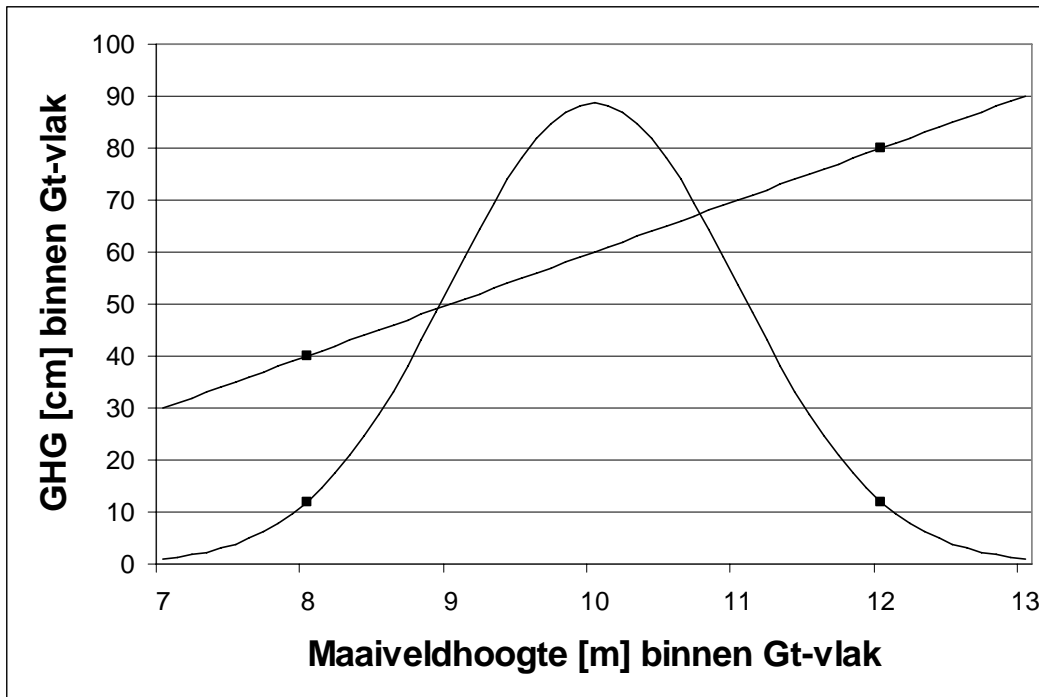
Tabel 1 Minimale en maximale GHG en GLG per Gt-klasse

Gt op kaart	GHG minimaal	GHG maximaal	GLG minimaal	GLG maximaal
I	-17	40	26	50
II	-9	40	50	80
II*	25	50	50	80
III	0	40	80	120
III*	25	40	80	120
IV	40	120	80	120
V	0	40	120	150
V*	25	40	120	160
VI	40	80	120	190
VII	80	120	160	260
VII* / VIII	140	300	160	500

Vervolgens wordt per Gt-vlak een histogram van de maaiveldhoogteverdeling gemaakt op basis van de AHN-cellen binnen het betreffende Gt-vlak. De 5- en 95%-punten van dit histogram worden gebruikt om het bereik tussen de minimale en maximale GHG aan te geven. In het voorbeeld in figuur 1 liggen de gemarkeerde 5- en 95%-percentielwaarden bij respectievelijk een maaiveldhoogte van 8 en 12 meter. De 5- en 95%-punten zijn in figuur 1 voor de frequentieverdeling als de GHG aangegeven met een markering. In het voorbeeld voor Gt VI in figuur 1 liggen de minimale en maximale GHG voor de 5- en 95%-percentielwaarden op respectievelijk 40 en 80 cm (zie tabel 1) onder maaiveld.

Tussen deze minimale en maximale GHG wordt linear geïnterpoleerd afhankelijk van de maaiveldhoogte, waarbij een GHG van 40 cm wordt voorspeld op de 5%-percentielwaarde en de GHG van 80 cm op 95%-percentielwaarde van de hoogteverdeling binnen het Gt-vlak. Hetzelfde gebeurt voor GLG gebruikmakend van de minimale en maximale waarden per Gt-klasse uit tabel 1.

Een speciale vorm van neerschalen wordt toegepast indien het hoogtebereik tussen het 5- en 95%-punt van de hoogteverdeling kleiner is dan het bereik tussen de minimale en maximale GHG of GLG. In dat geval wordt niet het gehele GxG-bereik gebruikt voor de neerschaling, maar alleen het centrale deel over een bereik gelijk aan het 5%- en 95% van de hoogteverdeling; zo ontstaat nooit meer variatie in de neergeschaalde GxG dan aangetroffen in het hoogteverloop.



Figuur 1. De hoogte verdeling binnen een Gt-vlak en bijbehorende lineaire transformatie naar GHG uitgaande van Gt VI. De 5% en 95%-percentielwaarden van de hoogteverdeling zijn gemarkeerd op zowel het histogram met de hoogte verdeling als de lineaire transformatie naar GHG.

Met deze systematiek wordt alleen neergeschaald op basis van de maaiveldhoogten binnen Gt-vlakken van de oorspronkelijke kaart en niet tussen de vlakken. Eventuele abrupte overgangen tussen Gt-vlakken worden in een tweede stap door een ruimtelijke middeling over een cirkelvormig gebied met een straal van 75 meter afgevlakt, om geleidelijke overgangen tussen Gt-kaartvlakken te bereiken.

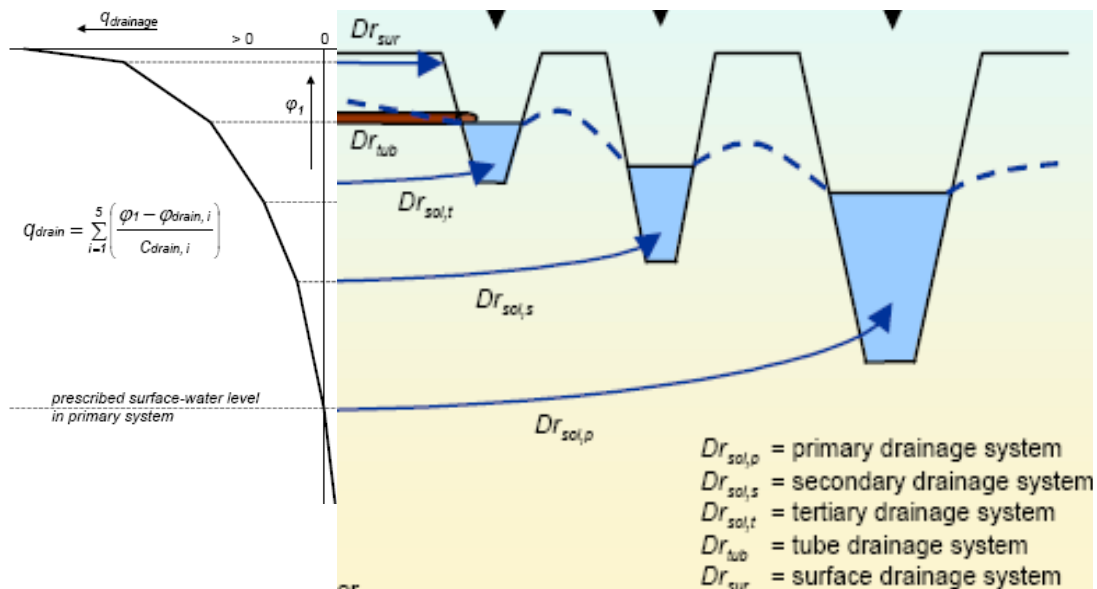
De Gt-informatie uit de bodemkaart is per kaartblad gekarteerd tussen 1964 en 1988 en kan daarom afhankelijk van het opnametijdstip en veranderingen in het betreffende gebied verouderd zijn. Ook is vanaf 1977 de legenda voor de indeling van Gt-classes aangepast, waardoor de oude Gt VII werd gesplitst in een droger en natter deel VII en VII*. Van de kaartbladen die gekarteerd zijn volgens de oude legenda is daarom op basis van bodemcode een splitsing naar Gt VII en VII* gemaakt. Hierbij is aangenomen dat de droge zandgronden met codes Hd, Zd en Y met een Gt VII volgens de oude legenda een Gt VII* bij de nieuwe legenda zouden krijgen. Nadat deze correctie voor de legendaversie is doorgevoerd, heeft neerschaling plaatsgevonden. De neergeschaalde Gt-kaart is dus eigenlijk een ruimtelijk gedifferentieerd beeld van een historisch karteringsresultaat waarbij op basis van aannames gecorrigeerd is voor tussentijdse legenda-aanpassingen. In een recentelijk door van der Gaast en Massop (2005) uitgevoerde studie heeft naast neerschaling van de Gt-kaart ook een actualisatie op basis van meetgegevens plaatsgevonden.

De methode voor neerschaling van de Gt-kaart is ten opzichte van eerdere toepassingen bij een Gd-kartering (Kekem et al, 2005) in beperkte mate aangepast om te kunnen omgaan met verschillende versies van de Gt-legenda en om voor hooggelegen zandgronden op de Utrechtse heuvelrug en Veluwe drogere grondwaterstanden te berekenen. Hiervoor zijn aannames gedaan over het voorkomen van Gt-classes VII* op specifieke bodemtypen die het uiteindelijke neergeschaalde kaartbeeld op deze droge gronden bepalen. Ook zijn aannames

gedaan over de diepste standen die kunnen voorkomen in Gt-klasse VII* die noodgedwongen voor zowel de hoge zandgronden als overige gronden met Gt VII* worden gehanteerd. De aannames zijn mogelijk nog te verbeteren of te verfijnen als we naar specifieke gebieden kijken. Voor Nederland als geheel achten wij de aannames goed bruikbaar.

2.3 Neerschaling van LGM-modelresultaten

Om een neerschaling te ontwikkelen die zowel voor de freatische grondwaterstand als de kwelflux bruikbaar is moet worden gewerkt met hydrologische schematisaties die in LGM en in de neerschalingprocedures gelijk zijn, zodat de waterbalans klopt. Dat wil zeggen dat de topsysteem relatie voor een knooppunt uit LGM moet worden gebruikt en dat deze relatie bij de neerschaling binnen het invloedsgebied moet worden toegepast op dezelfde ontwateringmiddelen als in LGM modelschematisatie zijn onderscheiden. De voorgestelde aanpak begint bij het aanbrengen van ruimtelijk detail binnen het invloedsgebied van elk knooppunt van LGM op basis van de ligging van ontwateringmiddelen en de maaiveldhoogtes. Voor de, met LGM, berekende freatische grondwaterstand wordt nagegaan op welke plaats deze ligt in de topsysteem afvoerrelatie voor het betreffende knooppunt (bijvoorbeeld tussen punt 4 en 5 van de linker grafiek in figuur 2). Hiermee is vastgelegd welke categorie ontwateringmiddelen, volgens de schematisatie, actief zijn bij het afvoerproces (namelijk categorieën 1, 2 en 3 in het rechter deel van figuur 2). Door gebruik te maken van dezelfde ontwateringmiddelen waarmee de topsysteemschematisatie voor LGM is bepaald kan de ligging worden bepaald van ontwateringmiddelen die deelnemen aan het afvoerproces. Uit de modelschematisatie per LGM-invloedsgebied wordt voor elke categorie ontwateringmiddelen vastgesteld op welke diepte t.o.v. van het lokale maaiveld de drainagebasis ligt. Deze dieptes worden gebruikt om op plaatsen waar een waterloop ligt het grondwaterniveau op deze diepte vast te zetten en tussen deze ontwateringmiddelen lineair te interpoleren, dit gebeurt over de grenzen van invloedsgebieden heen.



Figuur 2. Schematisatie van de stijghoogte-afvoer relatie en de bijbehorende categorieën ontwateringsmiddelen die bijdragen aan de afvoer: (p) primaire waterlopen, (s) secundaire waterlopen, (t) greppels, (tub) buisdrainage en (sur) maaiveldsdrainage (Naar: Stoppelenburg et al, 2005).

Voor het betreffende invloedsgebied wordt de lineair geïnterpoleerde waterstand tussen ontwateringmiddelen gebruikt om een gemiddelde grondwaterstand te berekenen. Het verschil tussen dit gemiddelde en de met LGM berekende grondwaterstand wordt gebruikt om de opbolling tussen de ontwateringmiddelen te bepalen en te superponeren op de lineair geïnterpoleerde standen tussen ontwateringmiddelen die deelnemen aan het afvoerproces (De opbolling tussen ontwateringmiddelen in figuur 2).

De werkwijze omvat de hieronder beschreven stappen. Voor meer details, zie bijlage 1.

1. Per invloedsgebied van het modelnetwerk (knooppunten) wordt bekeken welke ontwateringmiddelen (uit TOP10) actief zijn bij een bepaalde grondwaterstand (bijvoorbeeld GHG). De ontwateringdiepten van actieve ontwateringmiddelen worden van het locale maaiveld (AHN) afgetrokken om te komen tot het ontwateringhoogte (NAP).
2. Tussen de locaties met een vastgesteld ontwateringniveau wordt de hoogte van het ontwateringvlak geïnterpoleerd.
3. Het gemiddelde ontwateringniveau per invloedsgebied wordt berekend.
4. Per invloedsgebied wordt het verschil tussen ontwateringniveau en (model)berekende grondwaterstand bepaald.
5. De wortel van afstand tot actieve ontwateringmiddelen wordt ruimtelijk vastgesteld en als veronderstelde vorm van het opbollingsprofiel gebruikt.
6. Per invloedsgebied wordt de grootte van de opbolling bepaald door het berekende verschil (4) te vermenigvuldigen met het opbollingsprofiel (5).
7. De opbolling (6) wordt opgeteld bij het ontwateringvlak (2).

De bovengenoemde stappen zijn in bijlage 1 gesplitst in deelstappen en per deelstap is aangegeven hoe deze is uitgevoerd en welke commando of Scripts daarvoor in ARCVIEW zijn gebruikt. Als het tussenresultaat als bijlage op de bijgesloten Cd-rom is opgenomen, wordt de naam van het bestand gegeven.

2.3.1 Probleempunten en mogelijke oplossingen

Per invloedsgebied komen soms niet alle categorieën van ontwateringmiddelen uit de modelschematisatie voor in de TOP10-bestanden en gemiddelde maaiveldhoogten volgens het model (LGM) wijken af van hoogten uit het meest recente AHN.

Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het gebruik van verschillende versies van het TOP10-bestand en hoogtebestand tijdens de modelbouw en de neerschaling. Bij toekomstige neerschaling dient het bestandsbeheer te zorgen voor gelijke versies van gebruikte ruimtelijke bestanden.

Als de opbolling tussen de individuele drains van de buisdrainage bij de neerschaling wordt verwaarloosd door in een compleet perceel het grondwatervniveau vast te zetten op de diepte van de buisdrainage, leidt dat tot onrealistische resultaten voor invloedsgebieden die grotendeels zijn voorzien van buisdrainage. Wanneer de positie van individuele drains van de buisdrainage bekend zou zijn, kan alleen op deze plaats het grondwatervniveau vastgezet worden, gecombineerd met opbolling tussen de drains. In het deel van een invloedsgebied zonder buisdrainage wordt een te hoge grondwaterstand berekend om te compenseren voor de te diepe stand in de gebieden waar buisdrainage ligt. Dit probleem is in deze studie opgelost door het grondwatervniveau vast te zetten op het berekende GxG niveau in plaats van op de diepte van de buisdrainage volgens de modelschematisatie. De vraag is of deze aanpak ook bij toekomstige neerschalingsvraagstukken moet worden gehanteerd, omdat ze voor inconsistentie tussen modelschematisatie en de neerschaling zorgt.

Open water is vaak niet (geheel) afgedekt door het AHN en dat maakt berekeningen zonder aanvullende aannames onmogelijk. Voor open water uit de TOP10-vlakkenkaart neemt men aan dat de waterhoogte kan worden bepaald door het gemiddelde van hoogtegegevens uit AHN-cellen die het waterlichaam afdekken.

Berekening van neergeschaalde kwel is nog niet uitgewerkt, omdat een aantal keuzes dienen te worden gemaakt: om welke kwel gaat het en hoe verhoudt deze kwel zich tot de kwelflux over de eerste scheidende laag zoals door LGM berekend? De volgende vraag is of voor het neerschalen van de kwel wordt aangesloten op de al neergeschaalde freatische grondwaterstand of grijpen we dan terug naar de modelschematisatie.

De methodiek voor het neerschalen van de freatische grondwaterstand is in deze studie ter illustratie toegepast op een klein proefgebied. De vraag is in hoeverre problemen als gevolg van bestandsgrootte en rekestijden ontstaan als landsdekkende berekeningen worden uitgevoerd. Indien dit soort problemen blijken op te treden, is het altijd mogelijk om berekeningen voor Nederland per deelgebied uit te voeren; hoe groot deze deelgebieden worden is nog niet bekend.

3 Resultaten

Resultaten van de neerschaling van zowel de landsdekkende bodemkaart als van de neergeschaalde modelresultaten worden geïllustreerd voor het proefgebied van 10 bij 10 km in Brabant. Landsdekkende kaarten tonen niet het ruimtelijk detail waar het bij neerschaling naar 25 x 25 meter cellen om gaat. Het gebied ligt ten westen van Eindhoven. Aan de noordzijde ligt het Wilhelminakanaal, aan de oostzijde Middelbeers en aan de zuidzijde Vessem. Het gebied omvat de Oirschotsche heide, een aantal kleinere heidegebieden, een aantal grote bosgebieden, verschillende vennen en de kleine Beerze die eindigt in het Wilhelminakanaal.

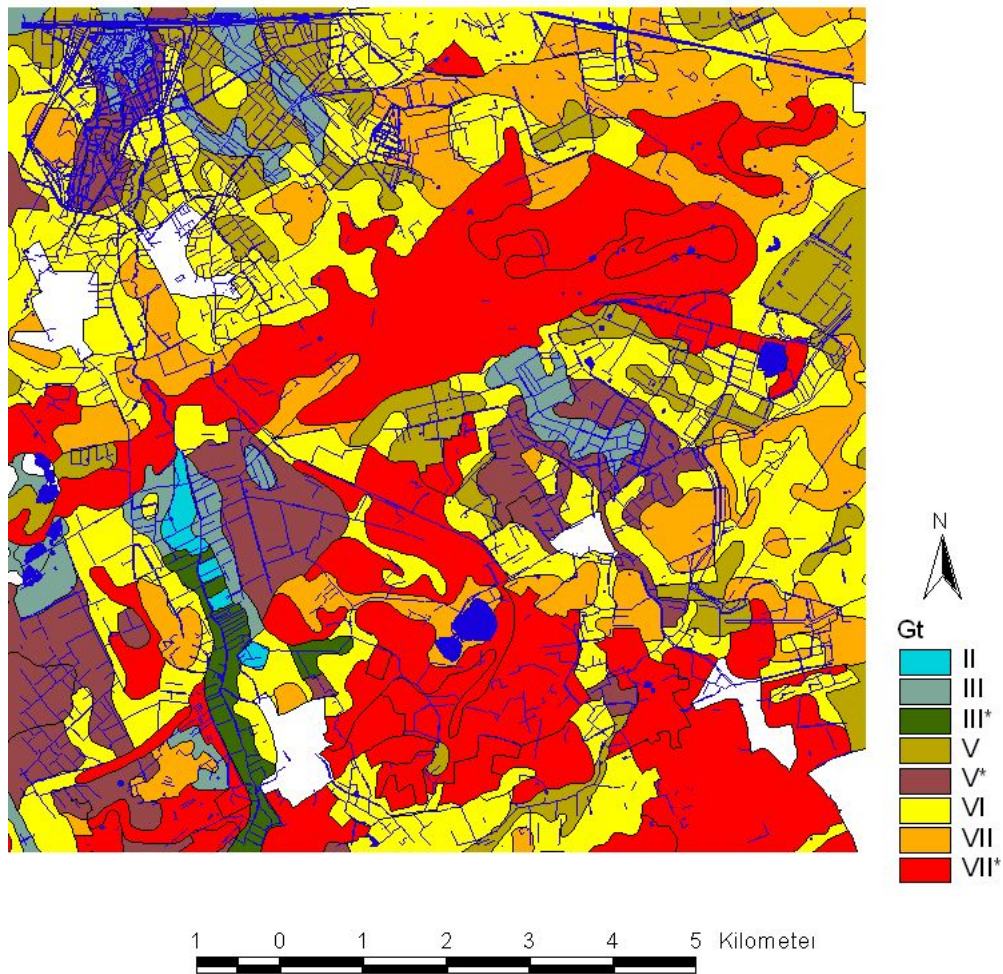
3.1 Neergeschaalde Gt-kaart

Een uitsnede van de Gt-kaart 1 : 50.000 is weergegeven in figuur 3. Gt-klassen worden bepaald door intervallen voor zowel de GHG als de GLG. In het gebied waar deze vergelijking plaatsvindt, is de nieuwe Gt-indeling gehanteerd waarbij Gt VII en VII* apart zijn gekarteerd. Bij deze kaartschaal zijn de kleinste eenheden die worden onderscheiden ongeveer 25 ha groot.

Als de Gt-kaart wordt neergeschaald volgens de methode beschreven in § 2.2., ontstaan de kaarten zoals weergegeven in figuren 4 en 5. De patronen van de oorspronkelijke Gt-kaart (figuur 3) zijn daarin nog duidelijk herkenbaar maar er kunnen wel GHG verschillen binnen Gt-vlakken worden onderscheiden. De droge dekzandrug met Gt VII* in het midden van de uitsnede is nu onderverdeeld in een GHG variërend van 80 tot dieper dan 250 en de GLG variërend van 160 tot dieper dan 250 cm.

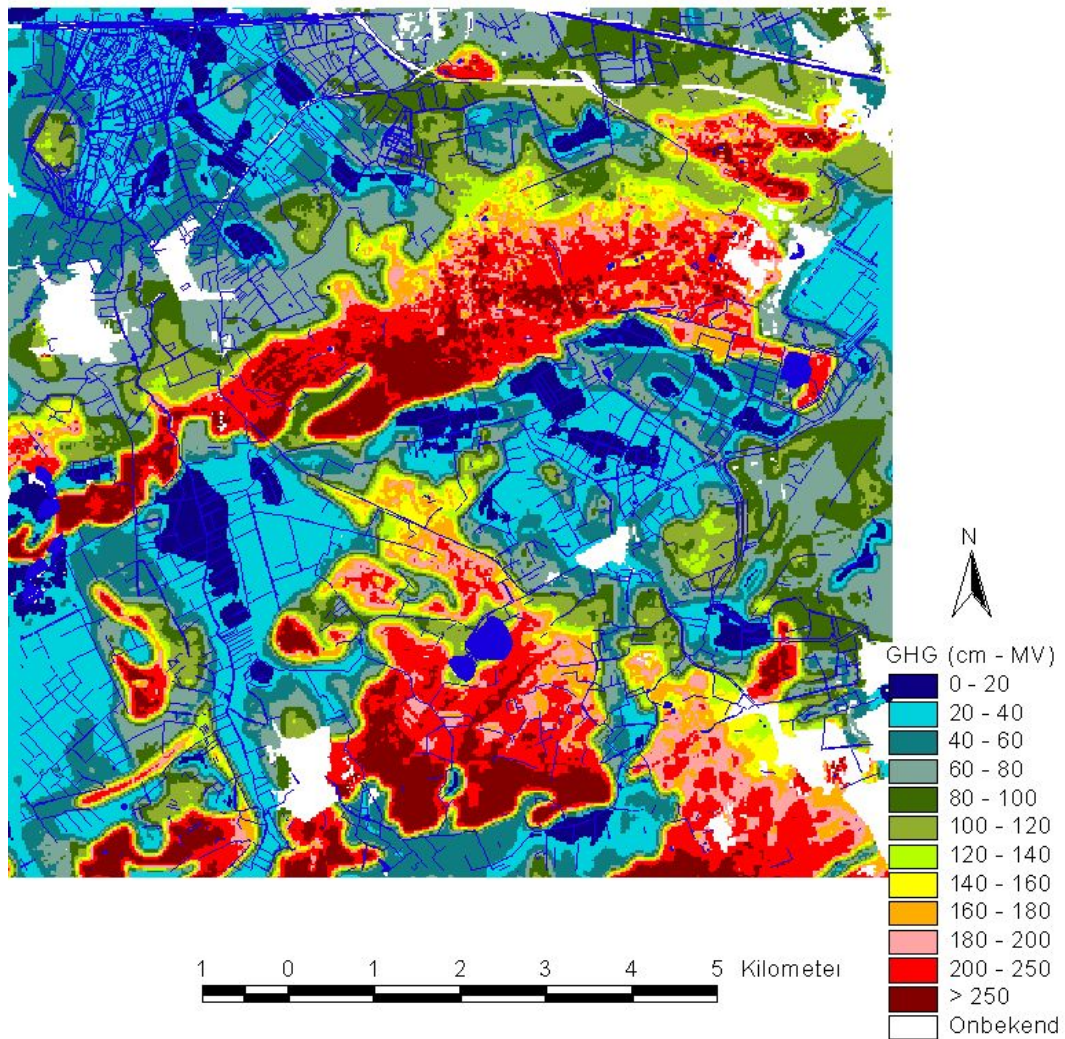
Het beekdal rond de Kleine Beerze is in de neergeschaalde GLG-kaart als een natte zone met GLG tussen 40 en 100 cm diep te herkennen. Opvallend is dat het beekdal volgens de Gt-kaart de dekzandrug niet doorsnijdt, terwijl de waterloop dat wel doet; waarschijnlijk is het beekdal ter plaatse zo smal dat het op de Gt-kaart niet als aparte eenheid kon worden gekarteerd. De neergeschaalde GHG-kaart laat een aantal natte zones zien waar een GHG tot of zelfs boven maaiveld wordt berekend; waarschijnlijk is dit een overschatting. Deels wordt dit veroorzaakt doordat de Gt-kaart verouderd is en sinds de kartering verdroging heeft plaatsgevonden, deels is dit het gevolg van de boven- en ondergrenzen zoals bij de neerschaling per Gt-klasse zijn gehanteerd (zie tabel 1).

De hoger gelegen gebieden op de neergeschaalde landelijke GHG-kaart (zie figuur 6) staan waarschijnlijk niet droog genoeg op de neergeschaalde kaart. Dit is alleen zichtbaar langs de randen van de Veluwe en de Utrechtse heuvelrug.

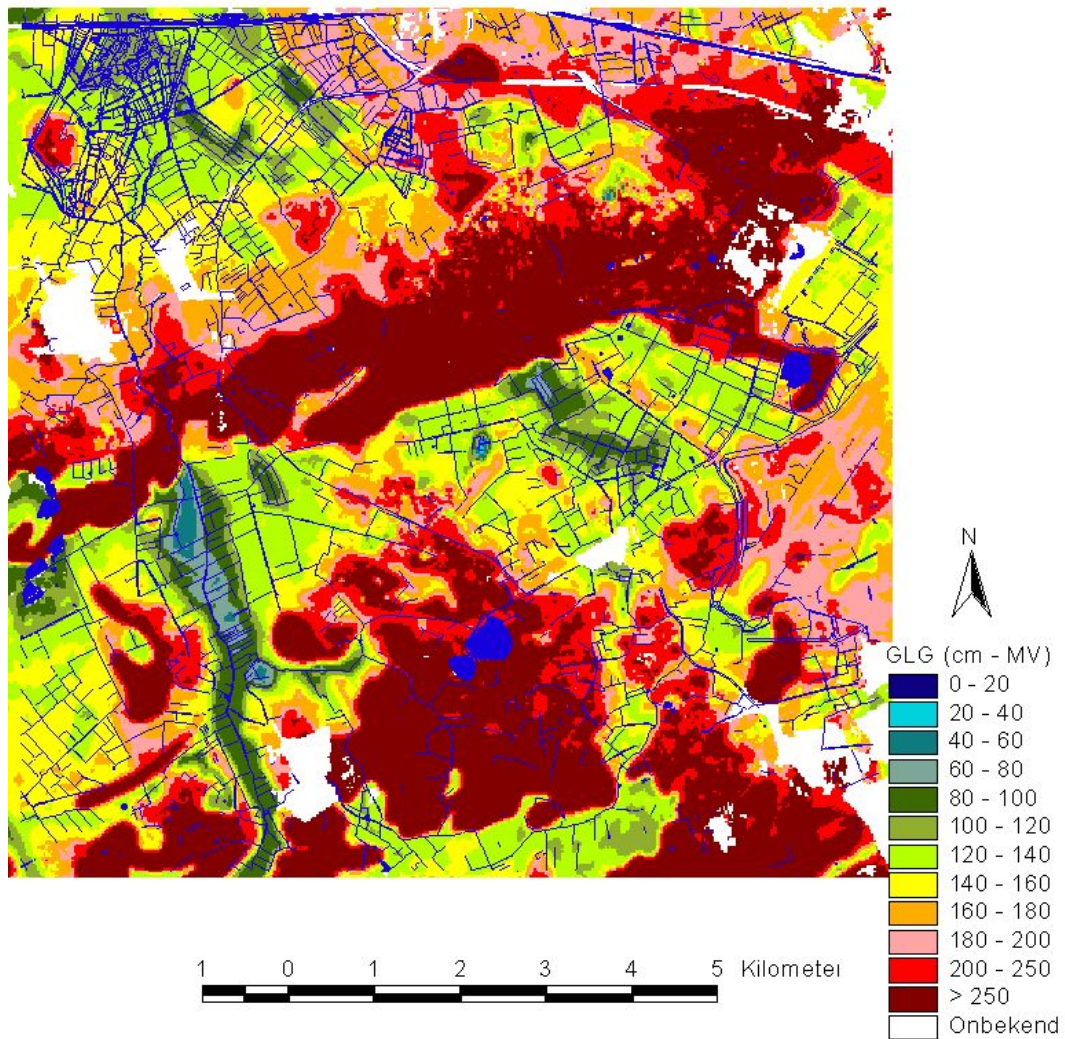


Figuur 3. Uitsnede van de Gt-kaart voor het studiegebied

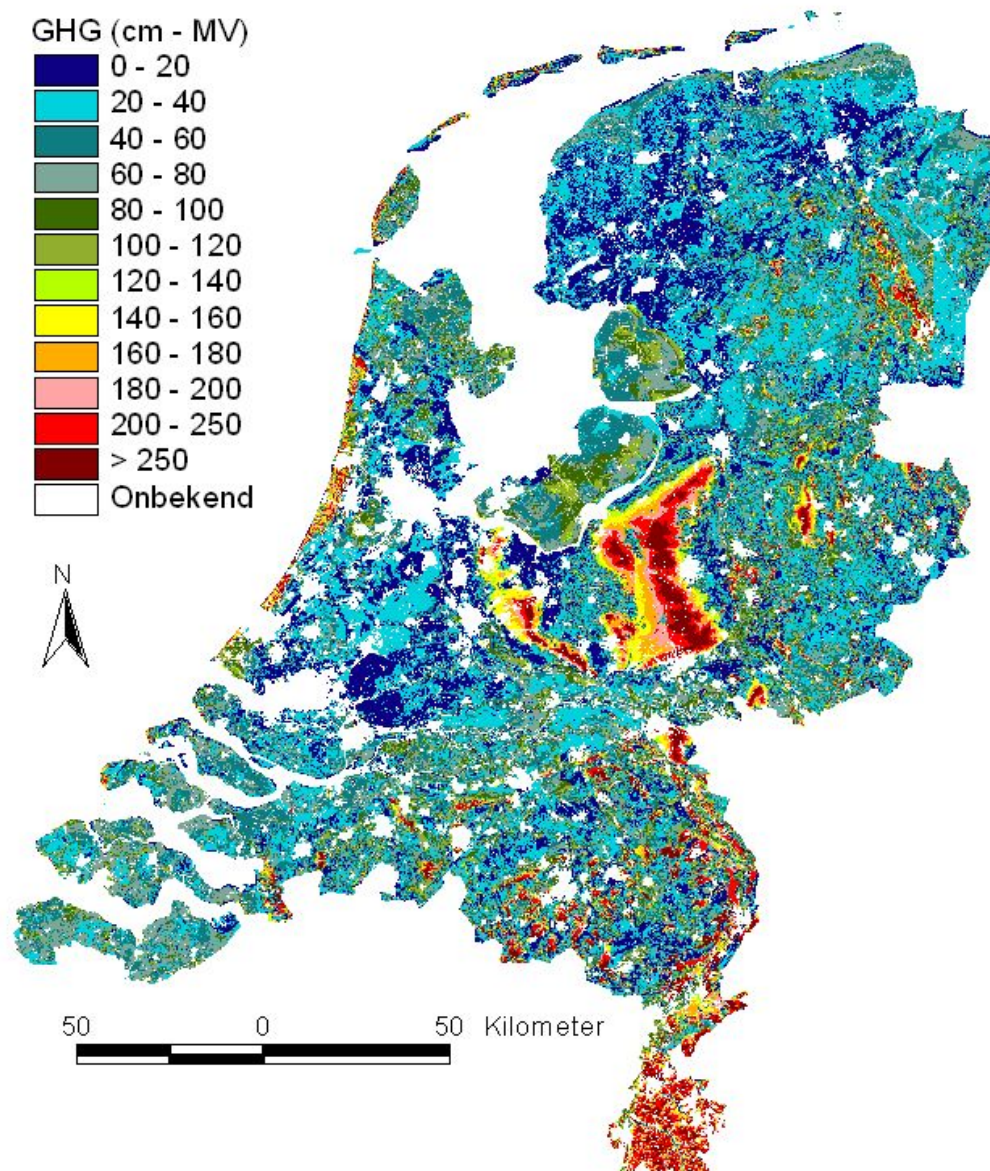
In het gebied zijn een aantal dekzandruggen met Bos- en heidegebieden met Gt VII* te onderschijden en zijn nattere gebieden met Gt's II, III en III* langs het dal van de Kleine Beerze te zien



Figuur 4. Uit de Gt-kaart neergeschaalde kaart van GHG.



Figuur 5. Uit de Gt-kaart neergeschaalde kaart van GLG.



Figuur 6. Landsdekkende Gt-kaart neergeschaald voor GHG.

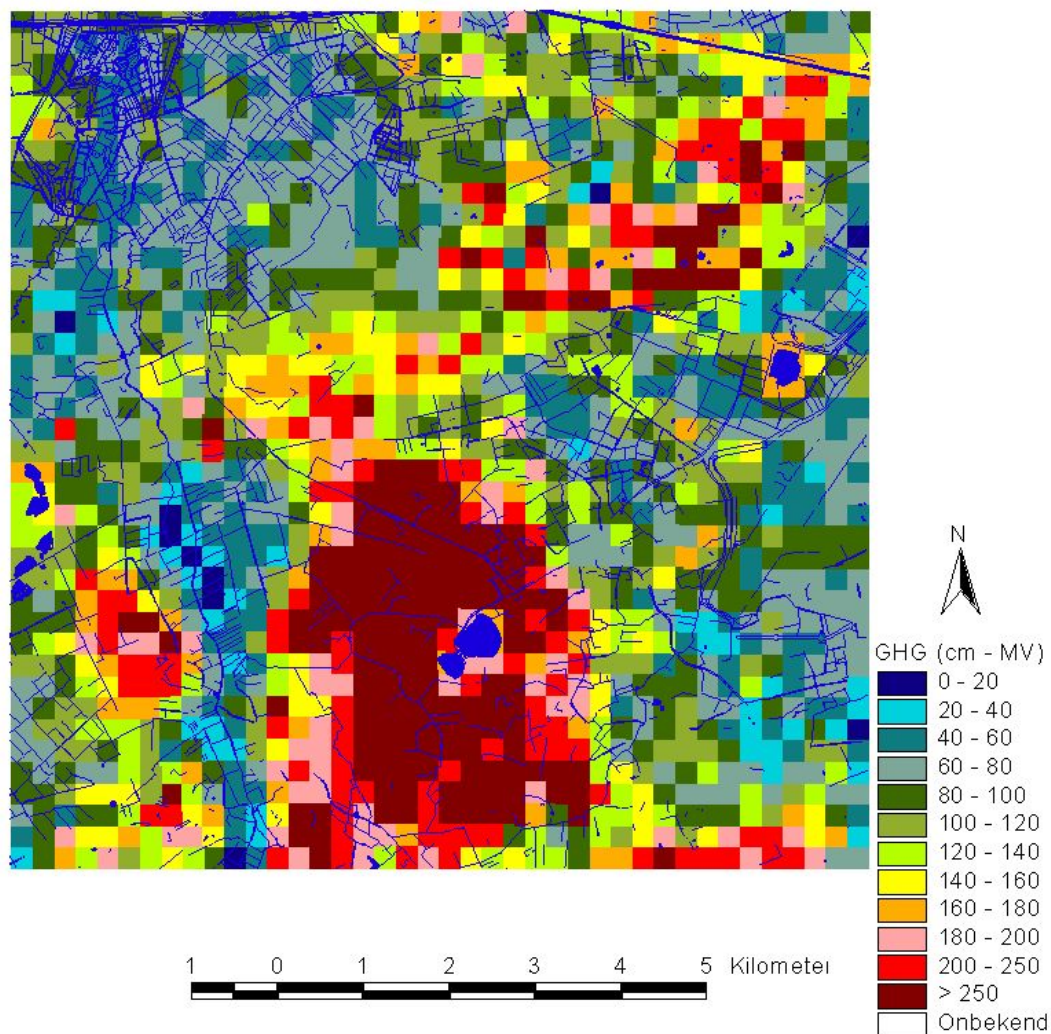
Op de Veluwe en de Utrechtse heuvelrug komt regelmatig een GHG dieper dan 10 meter voor. Dit wordt in de neergeschaalde kaart nooit berekend, omdat de GHG van Gt VII* begrensd is op 300 cm en de GLG op 500 cm. Voor de vochtvoorziening van vegetatie is het ook niet relevant of de GHG zich 300 cm of 700 cm onder maaiveld ligt. In de meeste gebieden is deze maximale GxG een realistische schatting, maar op sommige hooggelegen gronden kunnen drogere situaties voorkomen dan via de neerschaling wordt berekend.

De juistheid van de neerschaling is bijzonder lastig te beoordelen omdat men eerst moet vaststellen of de Gt-kaart klopt en pas dan kan beoordelen of ook het neergeschaalde beeld juist is. Mogelijk kan in een aantal proefgebieden samen met gebiedskundigen een schatting worden gemaakt van de juistheid van de neerschalingmethode, of kan op basis van

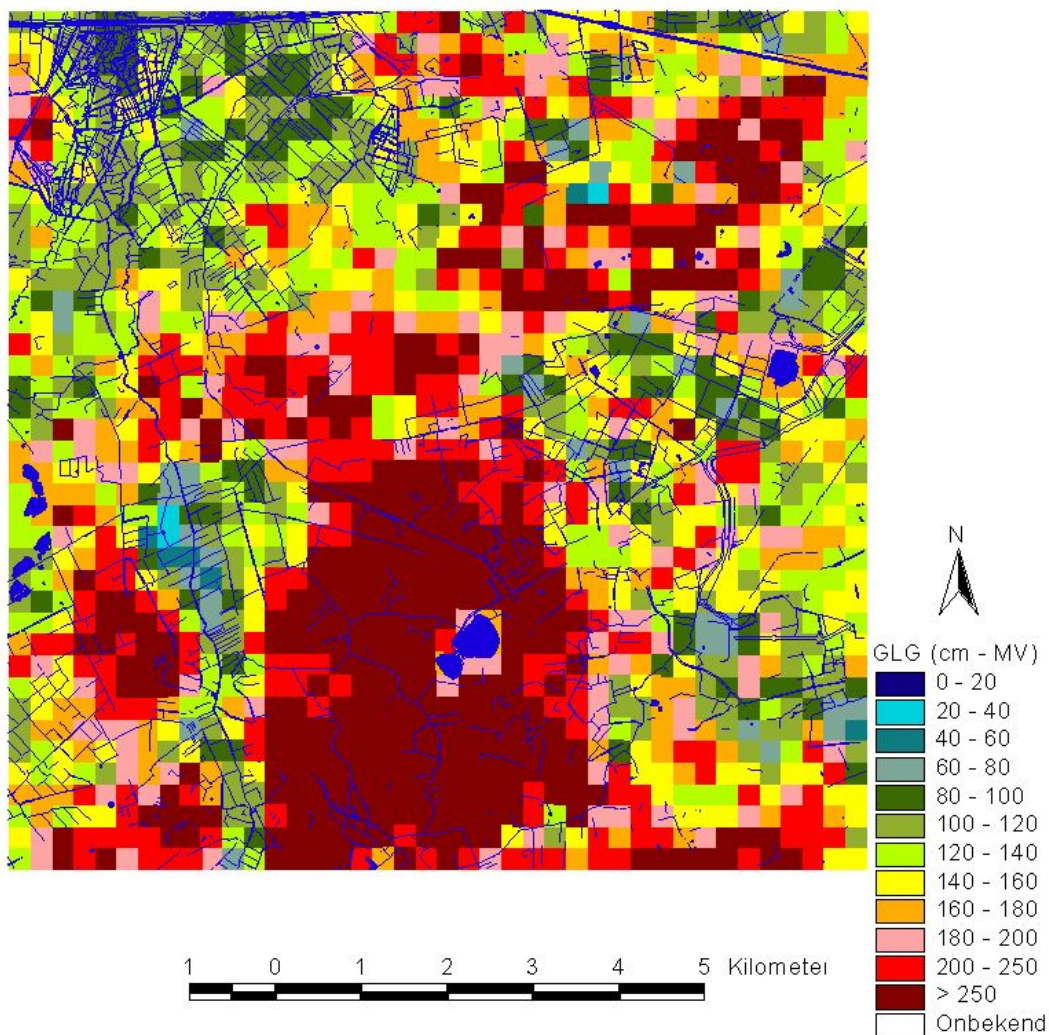
beschikbare metingen uit de DINO-database van TNO of de metingen in boorgaten van de Gt-kartering (Kekem et al, 2005) de juistheid van de neergeschaalde kaarten worden beoordeeld.

3.2 Neergeschaalde LGM-resultaten

De met LGM berekende GHG en GLG zijn berekend voor knooppunten die representatief worden verondersteld voor de omliggende invloedsgebieden. In de hier gebruikte modelschematisatie zijn de invloedsgebieden ongeveer 250 x 250 meter; de LGM-resultaten zijn daarom ook op deze resolutie. De LGM-resultaten zijn voor GHG en GLG weergegeven in respectievelijk figuren 7 en 8.



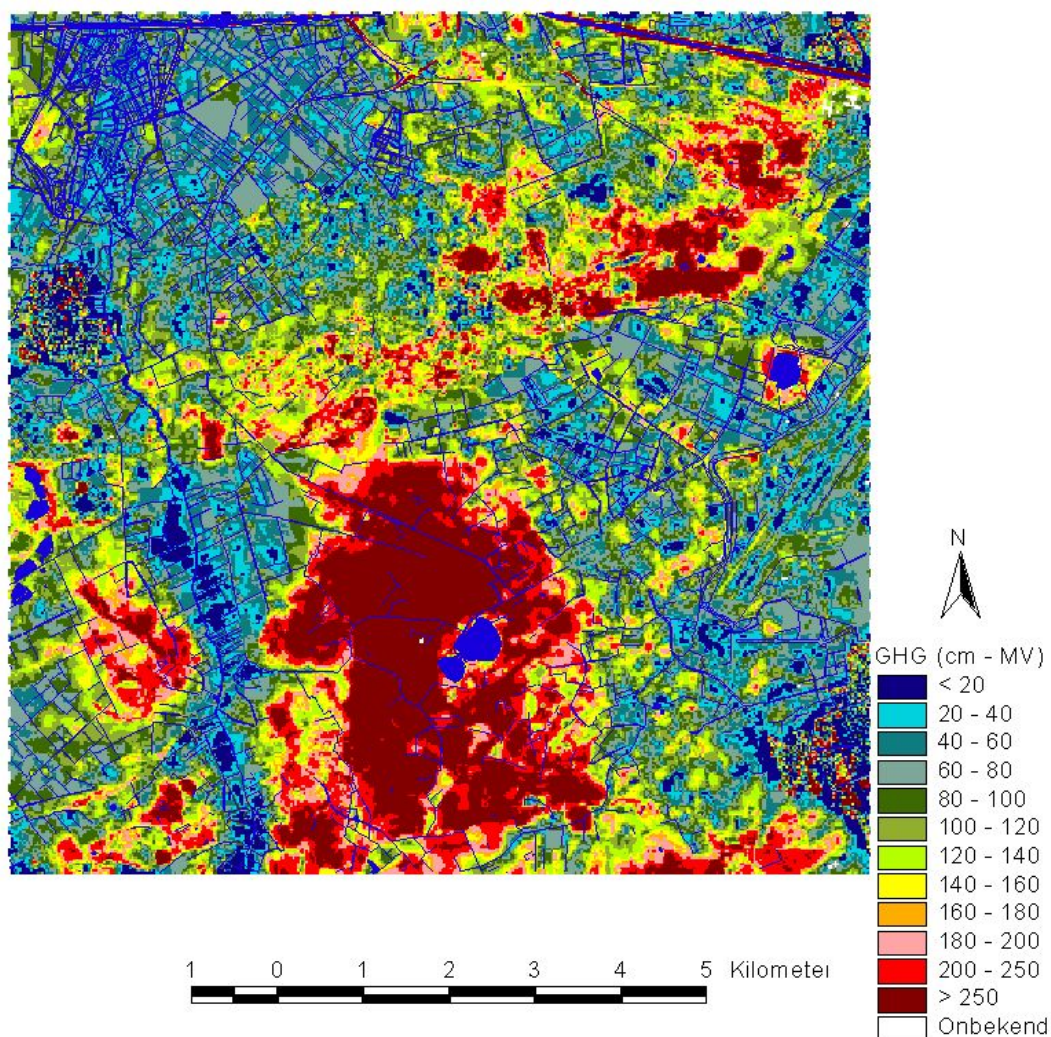
Figuur 7. Met LGM berekende GHG



Figuur 8. Met LGM berekende GLG

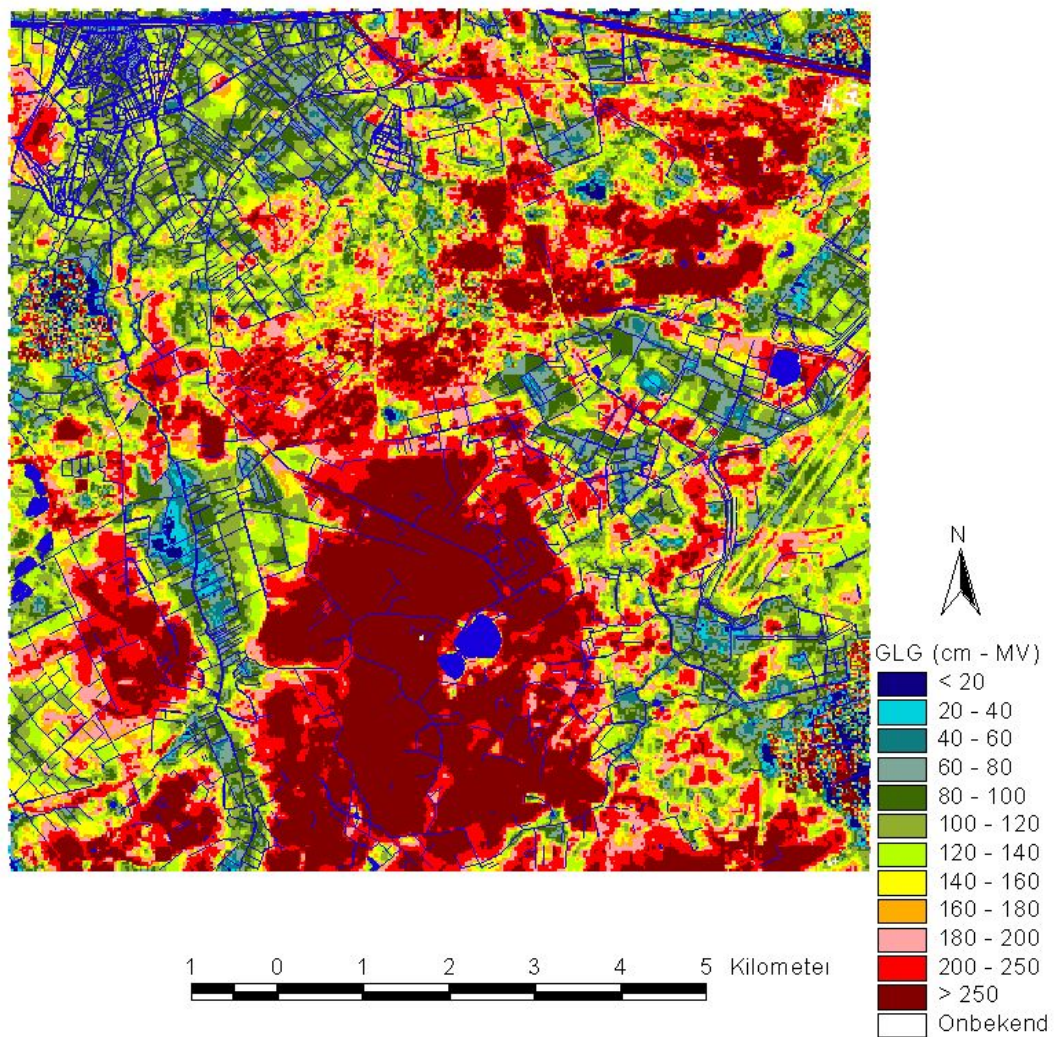
De LGM-resultaten, weergegeven in figuren 9 en 10, zijn neergeschaald met de methoden zoals beschreven in § 2.3. De meerwaarde van neerschalen is in deze uitsnede vooral zichtbaar in het beekdal van de Kleine Beerze dat als een aaneengesloten natter gebied wordt weergegeven, terwijl dit in de berekeningsresultaten van LGM alleen als aparte natte blokken zichtbaar was. Een aantal andere natte zones in de kaart kunnen waarschijnlijk beter worden begrensd, wat het lokaliseren van potentiële floristische hotspots mogelijk maakt. Ook het Wilhelinakanaal met aan weerszijden verhoogde kades is in de neergeschaalde GHG- en GLG-kaarten duidelijk zichtbaar, terwijl daarvoor volgens de LGM-resultaten het gehele gebied droger op kaart stond. De modelschematisatie van LGM bevat ook bebouwde gebieden, die buiten de Gt-kaart vallen (vergelijk figuren 4 en 7). Neerschaling van LGM-resultaten vindt hierdoor ook in bebouwd gebied plaats. De vraag is echter of in bebouwd gebied het AHN gebruikt kan worden voor de hoogtebepaling van ontwateringmiddelen, omdat ook de hoogteligging van bebouwing in de hoogtecijfers is meegenomen. In de neergeschaalde GHG- en GLG-kaarten zijn de bebouwde gebieden van Veldhoven (in het zuidoosten) en van Middelbeers (in het westen) als natte gebieden afgewisseld met kleine droge zones duidelijk herkenbaar. Waarschijnlijk staan deze gebieden te nat op de neergeschaalde kaarten omdat gecompenseerd wordt voor de bebouwing die door haar hoogteligging zeer droog op kaart wordt gezet. Het gemiddelde GHG- en GLG-niveau per invloedsgedebied wordt immers gelijk

gemaakt aan de LGM-resultaten door de opbolling te schalen. Voor toekomstige neerschaling van modelresultaten wordt aangeraden bebouwd gebied niet in de neerschaling te betrekken of alleen indien duidelijk is dat bebouwing succesvol uit het AHN is gefilterd.



Figuur 9 .Met LGM berekende GHG neergeschaald

In hoeverre het neergeschaalde beeld van de freatische grondwaterstand juist is, hangt af van de juistheid van het LGM-resultaat en pas in tweede instantie van een juiste neerschaling. Mogelijk kan met gebieddeskundigen de juistheid van het neergeschaalde kaartbeeld worden geschat. Het neergeschaalde kaartbeeld oogt logisch en laat in elk geval duidelijk meer ruimtelijk detail zien waarbij ook extremere situaties – droger of natter – voorkomen dan in de oorspronkelijke kaart.



Figuur 10. Met LGM berekende GLG neergeschaald

4 Conclusies

De patronen van de uit de bodemkaart afgeleide Gt-kaart zijn na neerschaling nog duidelijk herkenbaar, maar er ontstaat wel duidelijk differentiatie binnen Gt-vlakken. De hoger gelegen gebieden op de neergeschaalde landelijke GHG- en GLG-kaarten staan waarschijnlijk niet droog genoeg op kaart. Op de Veluwe en de Utrechtse heuvelrug komt regelmatig een GHG dieper dan 10 meter voor; dit wordt in de neergeschaalde kaart nooit berekend, omdat de GHG van Gt VII* begrensd is op 3 m en de GLG op 5 m. Voor de vochtvoorziening van vegetatie is het ook niet relevant of de GHG zich 3 m of 10 m onder maaiveld ligt.

Het is mogelijk een neerschalingmethode voor de freatische grondwaterstand uit hydrologische modelresultaten te ontwikkelen die aansluit bij de in LGM gehanteerde modelschematisatie en nauwelijks aanvullende aannames of gegevens vereist. De enige gegevens die niet in alle gevallen uit de gehanteerde modelschematisatie overgenomen kunnen worden, zijn gedetailleerde ruimtelijke gegevens uit een hoogtemodel (AHN) en informatie over het voorkomen van buisdrainage per perceel.

De methodiek voor het neerschalen van de freatische grondwaterstand is in deze studie ter illustratie toegepast op een klein proefgebied. De vraag is in hoeverre problemen als gevolg van bestandsgrootte en rektijden ontstaan als landsdekkende berekeningen worden uitgevoerd. Indien dit soort problemen blijken op te treden, is het altijd mogelijk om de berekeningen voor Nederland per deelgebied uit te voeren; hoe groot deze deelgebieden worden is nog niet bekend.

Door voor de neerschaling in gedraineerde percelen het grondwatervniveau vast te zetten op de diepte van de buisdrainage, ontstaan onrealistische resultaten voor invloedsgebieden die grotendeels zijn voorzien van buisdrainage. Dit probleem is in deze studie opgelost door het grondwatervniveau vast te zetten op het berekende GHG- en GLG-niveau in plaats van op de diepte van de buisdrainage.

De vraag is of deze aanpak ook bij toekomstige neerschalingvraagstukken moet worden gehanteerd, omdat ze voor inconsistentie tussen modelschematisatie en de neerschaling zorgt.

De meerwaarde van neerschalen van de LGM-resultaten is vooral zichtbaar in het beekdal van de Kleine Beerze dat als een aaneengesloten natter gebied wordt weergegeven, terwijl het in de berekeningsresultaten van LGM alleen als aparte natte blokken zichtbaar was. Een aantal andere natte zones in de kaart kunnen waarschijnlijk beter worden begrensd, wat het lokaliseren van potentiële floristische hotspots mogelijk maakt. Het neergeschaalde kaartbeeld oogt logisch en laat in elk geval duidelijk meer ruimtelijk detail zien waarbij ook extremere situaties – droger of natter – voorkomen dan in de oorspronkelijke kaart. In hoeverre het neergeschaalde beeld van de freatische grondwaterstand uit de LGM-resultaten juist is hangt af van de juistheid van het LGM-resultaat en pas in tweede instantie van de aannames en methoden gehanteerd bij neerschaling. Mogelijk kan met gebieddeskundigen de juistheid van het modelresultaat en het neergeschaalde kaartbeeld worden geschat.

De juistheid van de beide neerschalingresultaten is bijzonder lastig te beoordelen omdat men eerst moet vaststellen of de oorspronkelijke kaarten kloppen en pas dan kan men beoordelen of ook het neergeschaalde beeld juist is.

Mogelijk kan in een aantal proefgebieden samen met gebiedsdeskundigen een schatting worden gemaakt van de juistheid van de neerschalingmethode, of kan op basis van beschikbare metingen uit de DINO-database van TNO of de metingen in boorgaten van de Gt-kartering (Kekem et al, 2005) de juistheid van de neergeschaalde kaarten worden beoordeeld.

Een berekeningwijze voor neerschaling van de kwelflux is nog niet uitgewerkt omdat daarvoor eerst een aantal keuzes dienen te worden gemaakt: Om welke kwel gaat het en hoe verhoudt deze kwel zich tot de kwelflux over de eerste scheidende laag zoals door LGM berekend? De volgende vraag is of voor het neerschalen van de kwel wordt aangesloten op de reeds neergeschaalde freatische grondwaterstand of grijpt men terug op de modelschematisatie. De mogelijkheden voor neerschaling van kwel is een onderwerp voor een vervolgstudie.

Literatuur

- Finke P.A., T. Hoogland en F. de Vries (1999) Definitie en analyse van 4 methoden om GVG neer te schalen. Notitie Alterra, nov. 1999.
- Finke, P.A., D.J. Brus, M.F.P. Bierkens, T. Hoogland, M. Knotters en F. de Vries (2005) Kartering van de grondwaterdynamiek met behulp van geo-informatie van hoge resolutie. *Stromingen* **11**(1): 27-41.
- Gaast J. van der en H. Massop (2005) De verdroging in beeld met historische en actuele grondwatertrappen op basis van karteerbare kenmerken. H2O 14/15.
- Hinsberg, A. van, J. Wiertz en R. van Ek (2000) Concept projectplan Nationaal model voor de vegetatie (NVEG). Rapport 408662002. RIVM, Lelystad.
- Hoogewoud, J.C. en R. van Ek (2002) Regionale standplaatsmodellering voor terrestrische vegetatie; Naar een generieke methode voor het neerschalen van hydrologische modeluitkomsten ten behoeve van ecohydrologische toepassingen. RIZA rapport 2002.035
- Kekem A.J. van, T. Hoogland en J.B.F. van der Horst (2005) Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart; Werkwijze en resultaten. Alterra-rapport 1080
- Pastors M.J.H. (1992) Landelijk Grondwater Model; conceptuele modelbeschrijving. RIVM report no. 7143050004
- Pebesma E. en C. Wesseling (1998) Gstat, a program for geostatistical modelling, prediction and simulation. *Computers and Geosciences* **24**(1): 17-31; <http://www.gstat.org>.
- Sluijs, P. van der (1990) Hoofdstuk 11: Grondwatertrappen. In: Locher, W.P. en H. de Bakker (red.) *Bodemkunde van Nederland deel 1: Algemene bodemkunde*. Malmberg, Den Bosch.
- Stoppelenburg, F.J., K. Kovar, M.J.H. Pastors and A. Tiktak (2005) Modelling the interactions between transient saturated and unsaturated groundwaterflow. RIVM report 500026001/2005

Bijlage 1 Stappenbeschrijving

De stappen uit hoofdstuk 3 zijn in deze bijlage gesplitst in deelstappen en per deelstap is aangegeven hoe de betreffende stap is uitgevoerd en welke commando of Scripts daarvoor in ARCVIEW zijn gebruikt. Als het (tussen)resultaat als bijlage op de bijgesloten Cd-rom is opgenomen, wordt de naam van het bestand gegeven. Alleen rapporten voor de opdrachtgevers zijn voorzien van deze bijlage. De bestanden op de Cd-rom zijn leesbaar met ARCVIEW en de extensie Spatial analyst.

In **stap 1a** zijn de kaarten met invloedsgebieden (IFA_COV) en ontwateringmiddelen gecombineerd tot meerdere kaarten, vlakkenkaarten met primaire ontwateringmiddelen (WATER_VLAK_ELEM.SHP), buisdrainage (BUISDRAIN-ELEM.SHP), maaiveldrainage (MVDRAIN_GRD) en een lijnenkaart met primaire-, secundaire en tertiaire ontwateringmiddelen (WATER_LIJN_ELEM.SHP). In *ARCVIEW is hiervoor Intersect Themes* gebruikt. Hiervoor zijn de volgende kaarten gebruikt:

- Invloedsgebieden LGM modelnetwerk (IFA_COV),
- TOP10_water_lijn,
- TOP10_water_vlak,
- Gedraineerde percelen (DRAINAGEPERCELEN-TOP10VECTOR.SHP)
- AHN voor bepaling van locaties met maaiveldrainage

Primaire ontwateringmiddelen zitten deels in TOP10-vlak en deels in TOP10-lijnbestanden; daarom moet gewaakt worden voor het dubbel opnemen van deze ontwateringmiddelen in het gecombineerde bestand. De waterlichamen die in het vlakbestand zitten, worden altijd gebruikt. Daarnaast wordt een selectie van primaire waterlopen uit het lijnbestand gemaakt die hiermee geen overlap kennen.

In **stap 1b** wordt per invloedsgebied bekeken welke ontwateringmiddelen in de modelschematisatie voorkomen. Hiervoor is op basis van het knooppuntnummer (dat zowel in het bestand met invloedsgebieden (IFA_COV) als in het bestand met de schematisatie per knooppunt (GXG_COV) voorkomt) een koppeling gemaakt in *ARCVIEW via join*. Per invloedsgebied zijn ontwateringmiddelen geselecteerd (*ARCVIEW:select*) op basis van drainageweerstand <> missing data code (-9999). Daarna wordt afhankelijk van de neer te schalen grondwaterstand of GxG bepaald welke ontwateringmiddelen actief zijn bij het ontwateringproces. De primaire waterlopen zijn altijd actief omdat ze volgens de model-schematisatie zowel kunnen draineren als infiltreren, afhankelijk van de grondwater-stand; andere ontwateringmiddelen draineren alleen als de grondwaterstand boven het ontwateringniveau ligt.

In **stap 1c** worden aan de geselecteerde (1b) ontwateringmiddelen per invloedsgebied en categorie de ontwateringdiepte uit de modelschematisatie toegekend (*ARCVIEW: Aan de tabel (FTAB) het veld ontwateringdiepte toevoegen en via een koppeling op knooppuntnummer (Join) de ontwateringdiepte overnemen uit modelschematisatie*). Voor de diepte van buisdrainage is de modelberekende grondwaterstand (hier GHG en GLG) van het maaiveld gebruikt i.p.v. de diepte van drains, omdat tussen de drains opbolling plaatsvindt. Als de opbolling tussen de individuele drains van de buisdrainage bij de neerschaling wordt verwaarloosd door in een compleet perceel het grondwaterniveau vast te zetten op de diepte van de buisdrainage, leidt dat tot onrealistische resultaten voor invloedsgebieden die grotendeels zijn voorzien van buisdrainage. Indien de positie van individuele drains van de buisdrainage bekend zijn, zou alleen op deze plaats het grondwaterniveau vastgezet kunnen worden, gecombineerd met opbolling tussen de drains. Dit probleem is in deze studie opgelost door het grondwaterniveau vast te zetten op het berekende GxG niveau in plaats van op de diepte van de buisdrainage volgens de modelschematisatie.

In **stap 1d** zijn ontwateringsmiddelen-kaarten en bijbehorende ontwateringdiepten omgezet in punten kaarten t.b.v. interpolatie. Het TOP10-waterlopen-lijn bestand is met *avenue script (line2point.ave)* omgezet in het ontwateringhoogte bestand WATL-PNT-GHG.SHP en WATL-PNT-GLG.SHP De TOP10-water vlakken kaart, buisdrainage en maaiveld drainage (MVDRAIN-HGT-GHG.SHP) kaarten zijn eerst omgezet in 5x5m grid en vervolgens is de diepte t.o.v. MV met behulp van het AHN omrekend naar NAP. De cellwaarden met ontwateringdiepten zijn vervolgens omzetten in puntenkaart (*grid2point.ave*) met ontwateringhoogten. De NAP hoogtes van buisdrainage (DRAIN-HTL_GRD, DRAIN-HTH_GRD) en ontwateringmiddelen (ONTWAT-HGT-GHG.SHP, ONTWAT-HGT-GLG.SHP) t.o.v. lokaal MV zijn omgerekend, in hoogtes van waterlichamen (ONTW-HT_VLAK.SHP) t.o.v. de gemiddeld MV-hoogte per invloedsgebied (*berekend met ARCVIEW: summarize zones*).

In **stap 2a** zijn alle puntgegevens (1d) in een shapefile, met een gemeenschappelijk veld voor ontwateringdiepte (ONTW-HT-GHG.SHP, ONTW-HT-GLG.SHP) samengevoegd (*ARVIEW, Xtools, Merge*), is een X, Y, coördinaat toevoegen en zijn punten geëxporteerd naar een kommagescheiden text-file.

In **stap 2b** zijn met Gstat (Pebesma and Wesseling, 1998) puntgegevens via inverse afstand gewogen interpolatie (IDW) met alle punten binnen een zoekstraal 2000 m geïnterpoleerd tot een gridkaart met cellen van 25 x 25 meter met de hoogte van het ontwateringniveau (ONTWHTL_GRD, ONTWHTL_GRD).

In **stap 3** is de gemiddelde ontwateringhoogte (2b) per invloedsgebied (IFA_COV) berekend (*ARCVIEW: summarize zones*) en als "Ontwht_ghg" en "Ontwht_glg" in de tabel weggeschreven.

In **stap 4** is de met LGM berekende GHG en GLG per invloedsgebied t.o.v. NAP berekend ("hgt_glg" en "hgt_ghg") door de gemiddelde AHN-hoogte per invloedsgebied ("AHN_hgt") te verminderen met de met LGM berekende GHG en GLG t.o.v. maaiveld ("GHG_epg" en "GLG_epg").

In **stap 5** wordt de vorm van het opbollingsprofiel tussen de actieve ontwateringmiddelen (ONTW-HT-GHG.SHP en ONTW-HT-GLG.SHP) bepaald door per grid-cell (25x25) de afstand tot actieve ontwateringmiddelen te berekenen. (*ARCVIEW, spatial analyst, Find distance*). Neem aan dat de vorm van het opbollingsprofiel wordt bepaald door de wortel uit de afstand en bereken dit in een rasterkaart. (OPB-GHG_GRD EN OPB-GLG_GRD, *ARCVIEW, spatial analyst, Map calculator, [distance].sqrt*) Bepaal per invloedsgebied het gemiddelde opbollingsprofiel (*ARCVIEW: summarize zones*).

In **stap 6** is de opbollingsfactor per invloedsgebied ("vghg/distw" en "vglg/distw") bepaald door het verschil tussen het gemiddelde ontwateringniveau ("Ontwht_ghg" en "Ontwht_glg") en de modelberekende GHG en GLG per invloedsgebied ("hgt_ghg" en "hgt_glg") te delen door het gemiddelde opbollingsprofiel (5) per invloedsgebied.

In **stap 7** is met een gridberekening de neergeschaalde GHG en GLG (per 25 x 25 m cell) bepaald door de ontwateringhoogte (ONTWHTL_GRD en ONTWHTL_GRD) op te tellen bij de opbollingsfactor ("vghg/distw" en "vglg/distw") x het opbollingsprofiel (OPB-GHG_GRD EN OPB-GLG_GRD). Voor een realistischer kaartbeeld is het opbollingsprofiel rond de grenzen van het invloedsgebied afgevlakt door middeling over een cirkelvormig gebied met een straal van 75 meter (OPBS-GHG_GRD EN OPBS-GLG_GRD). Hierdoor worden abrupte overgangen (op sommige plaatsen op de grenzen van invloedsgebieden) gladgestreken.

WOt-onderzoek

Verschenen documenten in de reeks Rapporten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu – vanaf september 2005

WOt-rapporten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (voorheen Natuurplanbureau), Lumengebouw, te Wageningen.

T 0317 – 47 78 44

F 0317 – 42 49 88

E info.wnm@wur.nl

WOt-rapporten zijn ook te downloaden via de WOt-website www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

- 1 *Wamelink, G.W.W., J.G.M. van der Gref-van Rossum & R. Jochem* (2005)
Gevoeligheid van LARCH op vegetatieverandering gesimuleerd door SUMO
- 2 *Broek, J.A. van den* (2005)
Sturing van stikstof- en fosforverliezen in de Nederlandse landbouw: een nieuw mestbeleid voor 2030
- 3 *Schrijver, R.A.M., R.A. Groeneveld, T.J. de Koeijer & P.B.M. Berentsen* (2005)
Potenties bij melkveebedrijven voor deelname aan de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer
- 4 *Henkens, R.J.H.G., S. de Vries, R. Jochem, R. Pouwels & M.J.S.M. Reijnen*, (2005)
Effect van recreatie op broedvogels op landelijk niveau; Ontwikkeling van het recreatiemodel FORVISITS 2.0 en koppeling met LARCH 4.1
- 5 *Ehlert, P.A.I.* (2005)
Toepassing van de basisvrachtbenadering op fosfaat van compost; Advies
- 6 *Veeneklaas, F.R., J.L.M. Donders & I.E. Salverda* (2006)
Verrommeling in Nederland
- 7 *Kistenkas, F.H. & W. Kuindersma* (2005)
Soorten en gebieden; Het groene milieurecht in 2005
- 8 *Wamelink, G.W.W. & J.J. de Jong* (2005)
Kansen voor natuur in het veenweidegebied; Een modeltoepassing van SMART2-SUMO2, MOVE3 en BIODIV
- 9 *Runhaar, J., J. Clement, P.C. Jansen, S.M. Hennekens, E.J. Weeda, W. Wamelink, E.P.A.G. Schouwenberg* (2005)
Hotspots floristische biodiversiteit
- 10 *Cate, B. ten, H. Houweling, J. Tersteeg & I. Verstegen (Samenstelling)* (2005)
Krijgt het landschap de ruimte? – Over ontwikkelen en identiteit
- 11 *Selnes, T.A., F.G. Boonstra & M.J. Bogaardt* (2005)
Congruentie van natuurbeleid tussen bestuurslagen

- 12** *Leneman, H., J. Vader, E. J. Bos en M.A.H.J. van Bavel* (2006)
Groene initiatieven in de aanbieder. Kansen en knelpunten van publieke en private financiering
- 13** *Kros, J, P. Groenendijk, J.P. Mol-Dijkstra, H.P. Oosterom, G.W.W. Wamelink* (2005)
Vergelijking van SMART2SUMO en STONE in relatie tot de modellering van de effecten van landgebruikverandering op de nutriëntenbeschikbaarheid
- 14** *Brouwer, F.M, H. Leneman & R.G. Groeneveld* (2006)
The international policy dimension of sustainability in Dutch agriculture
- 15** *Vreke, J., R.I. van Dam & F.H. Kistenkas* (2005)
Provinciaal instrumentarium voor groenrealisatie
- 16** *Dobben, H.F. van, G.W.W. Wamelink & R.M.A. Wegman* (2005)
Schatting van de beschikbaarheid van nutriënten uit de productie en soortensamenstelling van de vegetatie. Een verkennende studie
- 17** *Groeneveld, R.A. & D.A.E. Dirks* (2006)
Bedrijfseconomische effecten van agrarisch natuurbeheer op melkveebedrijven; Perceptie van deelnemers aan de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer
- 18** *Hubeek, F.B., F.A. Geerling-Eiff, S.M.A. van der Kroon, J. Vader & A.E.J. Wals* (2006)
Van adoptiekip tot duurzame stadswijk; Natuur- en milieueducatie in de praktijk
- 19** *Kuindersma, W., F.G. Boonstra, S. de Boer, A.L. Gerritsen, M. Pleijte & T.A. Selnes* (2006)
Evalueren in interactie. De mogelijkheden van lerende evaluaties voor het Milieu- en Natuurplanbureau
- 20** *Koeijer, T.J. de, K.H.M. van Bommel, M.L.P. van Esbroek, R.A. Groeneveld, A. van Hinsberg, M.J.S.M. Reijnen & M.N. van Wijk* (2006)
Methodiekontwikkeling kosteneffectiviteit van het natuurbeleid. De realisatie van het natuurdoel 'Natte Heide'
- 21** *Bommel, S. van, N.A. Aarts & E. Turnhout* (2006)
Over betrokkenheid van burgers en hun perspectieven op natuur
- 22** *Vries, S. de & Boer, T.A. de,* (2006)
Toegankelijkheid agrarisch gebied voor recreatie: bepaling en belang. Veldinventarisatie en onderzoek onder in- en omwonenden in acht gebieden
- 23** *Pouwels, R., H. Sierdsema & W.K.R.E. van Wingerden* (2006)
Aanpassing LARCH; maatwerk in soortmodellen
- 24** *Buijs, A.E., F. Langers & S. de Vries* (2006)
Een andere kijk op groen; beleving van natuur en landschap in Nederland door allochtonen en jongeren
- 25** *Neven, M.G.G., E. Turnhout, M.J. Bogaardt, F.H. Kistenkas & M.W. van der Zouwen* (2006)
Richtingen voor Richtlijnen; implementatie Europese Milieuriichtlijnen, en interacties tussen Nederland en de Europese Commissie.
- 26** *Hoogland, T. & J. Runhaar* (2006)
Neerschaling van de freatische grondwaterstand uit modelresultaten en de Gt-kaart
- 27** *Voskuilen, M.J. & T.J. de Koeijer* (2006)
Profiel deelnemers agrarisch natuurbeheer
- 28** *Langeveld, J.W.A. & P. Henstra* (2006)
Waar een wil is, is een weg; succesvolle initiatieven in de transitie naar duurzame landbouw



W O t

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

