

Verkenning van bodemgeschiktheid ter identificatie van kansrijke gebieden voor de landbouwsector in Noord-Brabant

**C.A. van Diepen
H.J.S.M. Vissers
O.F. Schoumans
H.L. Boogaard
F. Brouwer
F. de Vries
J. Wolf**

Alterra-rapport 526

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

REFERAAT

C.A. van Diepen, H.J.S.M. Vissers, O.F. Schoumans, H.L. Boogaard, F. Brouwer, F. de Vries & J. Wolf, 2002. *Verkenning van bodemgeschiktheid ter identificatie van kansrijke gebieden voor de landbouwsector in Noord-Brabant* Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 526. 122 blz. 4 fig.; 26 tab.; 38 ref.; 69 kaarten

In opdracht van de Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant is een integrale bodembeoordeling uitgevoerd. Deze diende ter identificatie van kansrijke gebieden voor de landbouwsector in Noord-Brabant. De bodemgeschiktheid is bepaald voor de voornaamste vormen van agrarisch landgebruik. Tevens is de kwetsbaarheid van het milieu beoordeeld, op basis van berekeningen met het WSV-metamodel van de stikstof- en fosforbelasting van grond- en oppervlaktewater bij deze vormen van landgebruik. Deze beide analyses zijn uitgevoerd voor zowel de huidige, vrij droge hydrologische situatie en voor de natuurlijke, vrij natte situatie (in 1850). De resultaten van deze studie worden ruimtelijk weergegeven in de vorm van een uitgebreide set kaarten voor Noord-Brabant. De kaarten laten zien waar de bodems minder geschikt zijn voor weidebouw of akkerbouw, of waar de kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie groot is en daarmee het risico van overschrijding van de kwaliteitsnormen voor grond- en/of oppervlaktewater. De resultaten van deze studie kunnen gebruikt worden bij de invulling van de zonering van het platteland op basis van landbouwkundig perspectief en milieu-risico.

Trefwoorden: BODEGA, bodemgeschiktheid, emissies uit de landbouw, fosfaat, metamodel, milieu, Noord-Brabant, nutriënten, stikstof, uitspoeling

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €23 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 526. 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 veelevoudigd 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 | 7 |
| Samenvatting | 9 |
| 1 Inleiding | 11 |
| 1.1 Probleemverkenning | 11 |
| 1.2 Doel | 13 |
| 1.3 Achtergrond van deze studie | 13 |
| 1.3.1 Bodemgeschiktheidsbeoordeling als bouwsteen voor de ruimtelijke ordening | 13 |
| 1.3.2 Planologisch kader | 14 |
| 1.3.3 Relatie met andere onderzoeksthema's | 15 |
| 1.4 Werkwijze, modellentrein, data flow | 16 |
| 1.5 Scenarios | 18 |
| 1.6 Leeswijzer | 19 |
| 2 Bodemgeschiktheid voor agrarisch landgebruik | 21 |
| 2.1 De WIB-C methode | 21 |
| 2.1.1 Achtergrond en doel | 21 |
| 2.1.2 Bodembeoordelingsfactoren | 22 |
| 2.1.3 Data behoefte | 22 |
| 2.1.4 Bodemgeschiktheid | 23 |
| 2.2 Geldigheid en aannames van het WIB-C systeem | 24 |
| 2.3 Toelichting bij de beoordelingsfactoren | 25 |
| 2.4 Toelichting bij de bodemgeschiktheidsklassen | 27 |
| 2.5 Het instrument BODEGA | 29 |
| 2.5.1 Doel en functie | 29 |
| 2.5.2 Methodiek van BODEGA | 30 |
| 2.5.3 Inhoud en beheer van BODEGA | 31 |
| 2.6 Gebruikte gegevens | 31 |
| 2.6.1 Bronbestanden: bodemkaart, Gt kaart | 31 |
| 2.6.2 Grove actualisatie van grondwatertrappen | 32 |
| 2.6.3 Gegevensbewerking voor de bodemgeschiktheidsbepaling | 35 |
| 2.7 Toepassingsmogelijkheden | 36 |
| 2.8 Resultaten voor huidige hydrologie | 37 |
| 2.8.1 Bodemgeschiktheid voor weidebouw | 38 |
| 2.8.2 Bodemgeschiktheid voor natte weidebouw | 41 |
| 2.8.3 Bodemgeschiktheid voor akkerbouw | 42 |
| 2.8.4 Bodemgeschiktheid voor boomkwekerijen | 45 |
| 2.9 Resultaten voor Hydrologie 1850 | 46 |
| 2.9.1 Bodemgeschiktheid voor weidebouw | 47 |
| 2.9.2 Bodemgeschiktheid voor akkerbouw | 47 |
| 2.9.3 Bodemgeschiktheid voor boomkwekerijen | 47 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3 | Stikstof en fosfor uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater | 49 |
| 3.1 | Algemene inleiding | 49 |
| 3.2 | Het metamodel | 50 |
| 3.2.1 | WSV studie als bron van het metamodel | 50 |
| 3.2.2 | Afleiding van het metamodel | 51 |
| 3.2.3 | Aard van het metamodel | 51 |
| 3.2.4 | Mogelijkheden en beperkingen van het metamodel | 51 |
| 3.3 | Invoergegevens metamodel | 52 |
| 3.4 | Samengesteld schaalniveau | 58 |
| 3.5 | Berekeningswijze | 59 |
| 3.5.1 | Toepassing van metamodel op gridcellen | 60 |
| 3.5.2 | Stikstof en fosfor belasting van oppervlaktewater | 61 |
| 3.5.3 | Vertaling van metamodeluitkomsten naar de bodemkaartenheden | 62 |
| 3.6 | Resultaten metamodel voor huidige hydrologie | 63 |
| 3.6.1 | Nitraatconcentratie in het grondwater | 64 |
| 3.6.2 | Stikstofbelasting van het oppervlaktewater | 68 |
| 3.6.3 | Fosforbelasting van het oppervlaktewater | 70 |
| 3.7 | Resultaten metamodel voor Hydrologie 1850 | 71 |
| 3.8 | Kwetsbaarheid | 75 |
| 3.8.1 | Resultaten voor huidige hydrologie | 77 |
| 3.8.2 | Resultaten voor Hydrologie 1850 | 78 |
| 4 | Bodembeoordeling | 79 |
| 4.1 | Resultaten voor huidige hydrologie | 79 |
| 4.2 | Resultaten voor Hydrologie 1850 | 80 |
| 5 | Discussie | 83 |
| 5.1 | Bodemgeschiktheid bij huidige hydrologie | 83 |
| 5.2 | Bodemgeschiktheid bij Hydrologie 1850 | 84 |
| 5.3 | Kwetsbaarheid bij huidige hydrologie | 85 |
| 5.4 | Kwetsbaarheid bij Hydrologie 1850 | 86 |
| 5.5 | Interpretatie van resultaten | 86 |
| 5.6 | Onzekerheden in resultaten | 87 |
| 5.7 | Resultaten t.b.v. reconstructiecommissies | 88 |
| 6 | Conclusies | 91 |
| | Literatuur | 93 |
| | Bijlagen | |
| 1 | Lijst van Kaarten | 97 |
| | Kaarten voor huidige hydrologie | 97 |
| | Metamodel invoergegevens | 97 |
| | Metamodel resultaten grasland | 97 |
| | Metamodel resultaten maïsteelt | 98 |
| | Metamodel resultaten overig bouwland | 98 |
| | Bodega bodemgeschiktheid | 99 |

| | |
|---|-----|
| Bodega bodemgeschiktheid weidebouw | 99 |
| Bodega bodemgeschiktheid akkerbouw | 99 |
| Kwetsbaarheid resultaten | 100 |
| Bodega bodembeoordeling resultaten | 100 |
| Bodega bodemgeschiktheid boomkwekerijen | 101 |
| Metamodel resultaten huidig landgebruik | 101 |
| Kaarten voor Hydrologie 1850 | 102 |
| Metamodel invoergegevens | 102 |
| Metamodel resultaten grasland | 102 |
| Metamodel resultaten maisteelt | 102 |
| Metamodel resultaten overig bouwland | 103 |
| Bodega bodemgeschiktheid | 103 |
| Bodega bodemgeschiktheid weidebouw | 104 |
| Bodega bodemgeschiktheid akkerbouw | 104 |
| Kwetsbaarheid resultaten | 105 |
| Bodega bodembeoordeling resultaten | 105 |
| Bodega bodemgeschiktheid boomkwekerijen | 105 |
| 2 Overzicht beoordelingsfactoren en hun opbouw uit bodemkenmerken | 107 |
| 3 Bewerking van profielbeschrijvingen naar invoer voor BODEGA 2.1/1.0.2.0 (50 000 kartering) | 115 |

Woord vooraf

In het kader van het project 'Revitalisering Landelijk Gebied' (Reconstructie) en het Streekplan 2002 - 2012 van de provincie Noord-Brabant is de behoefte gerezen om de huidige en de oorspronkelijke eigenschappen van het abiotische milieu als bouwsteen te gebruiken voor de ordening van gebruiksfuncties. Doel hiervan is om ten minste te voorkomen, dat de verdroging en de verontreiniging van de bodem, grond- en oppervlaktewater verder toenemen. Daarnaast wordt er naar gestreefd om via afstemming tussen gebruik, en mogelijkheden en beperkingen van de bodem de milieubelasting geleidelijk te reduceren.

Binnen dat kader is in opdracht van de Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant een integrale bodembeoordeling uitgevoerd. Deze diende ter identificatie van kansrijke gebieden voor de landbouwsector in Noord-Brabant. De bodemgeschiktheid is bepaald voor de voornaamste vormen van agrarisch landgebruik. Tevens is de kwetsbaarheid van het milieu beoordeeld op basis van modelberekeningen. Door op deze wijze de geschiktheid en de kwetsbaarheid van de bodem in kaart te brengen, kan worden beoordeeld waar de eisen van de agrarische gebruiksfuncties overeenstemmen met de aanwezige (huidige en toekomstige) gebruiksmogelijkheden van bodem en grondwater, en waar degradatie en verontreiniging van bodems, grond- en oppervlaktewater waarschijnlijk zal plaatsvinden.

De provincie Noord-Brabant wil een beleid uitvoeren waarbij de bodem duurzaam wordt gebruikt. Dit vraagt om vormen van landgebruik waarbij milieudegradatie en verontreiniging worden geminimaliseerd. Om dit in de praktijk te brengen, kunnen de resultaten van deze integrale bodembeoordeling toegepast worden bij de ruimtelijke planvorming. Deze resultaten kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden bij de invulling van de zonering van het platteland op basis van landbouwkundig perspectief en milieu-risico.

Samenvatting

In opdracht van de Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant is een studie uitgevoerd naar de bodemgeschiktheid, ter identificatie van kansrijke gebieden voor de landbouwsector in Noord-Brabant. De bodemgeschiktheid is bepaald voor de voornaamste vormen van agrarisch landgebruik. Tevens is de kwetsbaarheid van het milieu beoordeeld, op basis van berekeningen met het WSV-metamodel van de stikstof- en fosforbelasting van grond- en oppervlaktewater bij deze vormen van landgebruik. De resultaten van deze studie worden ruimtelijk weergegeven in de vorm een uitgebreide set kaarten voor Noord-Brabant. De kaarten laten zien waar de bodems minder geschikt zijn voor weidebouw of akkerbouw, en waar de kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie groot is en daarmee het risico van overschrijding van de kwaliteitsnormen voor grond- en/of oppervlaktewater. De resultaten van deze studie kunnen gebruikt worden bij de invulling van de zonering van het platteland op basis van landbouwkundig perspectief en milieu-risico.

De geschiktheid van landbouwgronden voor respectievelijk weidebouw, akkerbouw en boomkwekerijen bij de huidige hydrologische situatie is bepaald met het instrument BODEGA. De bodemgeschiktheid is matig in grote delen van Noord-Brabant en wordt vooral beperkt door het geringe vochtleverende vermogen en het vrij diepe grondwater in de bodems van Noord-Brabant. Het betreft hier vooral de zandgronden die Noord-Brabant grotendeels bedekken. Dit geldt voor alle drie de vormen van landgebruik. Bij deze bodembeoordeling wordt verondersteld dat er geen beregening wordt toegepast. De bodemgeschiktheid is ook bepaald voor de natuurlijke hydrologische situatie waarvoor als referentiebeeld de hydrologie in het jaar 1850 is genomen. De bodemgeschiktheid bij Hydrologie 1850 wordt vooral beperkt door vernatting en de hoge grondwaterstanden. De meeste bodems in Noord-Brabant zijn nu slechts matig geschikt voor weidebouw en nauwelijks geschikt voor akkerbouw (idem voor boomkwekerijen) vanwege de slappe bovengrond en de slechte ontwatering.

De stikstof- en fosforbelasting van grond- en oppervlaktewater is berekend voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen. Bij de huidige hydrologische situatie is de nutriëntenbelasting zodanig dat de kwaliteitsnormen voor zowel grond- als oppervlaktewater in het grootste deel van Noord-Brabant worden overschreden. Dit is zowel onder grasland als bouwland het geval. De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van zandgronden met een diepe grondwaterstand zijn meestal te hoog. De stikstofconcentraties in de afstroming vanaf natte zandgronden naar het oppervlaktewater zijn vaak te hoog, en met name in West-Brabant. Dit geldt ook voor de fosforconcentraties in de afstroming vanaf natte zandgronden naar het oppervlaktewater, en met name in Oost-Brabant. De nutriëntenbelasting verandert door de vernatting volgens Hydrologie 1850, zowel onder grasland als bouwland. Enerzijds overschrijden de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater nu vrijwel nergens de kwaliteitsnorm. Anderzijds wordt het areaal natte zandgronden

groter. Daardoor wordt zowel het areaal met te hoge fosforconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater groter en neemt de fosforconcentratie in de afstroming sterk toe.

Een aantal belangrijke resultaten van deze studie heeft een nadere toelichting nodig: (1) Vernatting blijkt vaak een tegengesteld effect te hebben op de belasting van grond- en oppervlaktewater met respectievelijk stikstof (nitraat) en fosfor, en is dan een weinig effectief middel om de milieubelasting te beperken; (2) Nutriëntenbelasting is berekend voor een toekomstige evenwichtsituatie die wordt verondersteld in evenwicht te zijn met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen. Dit betekent dat deze berekende nutriëntenbelasting en de nutriëntenconcentraties in uit- en afstroming naar grond- en oppervlaktewater lager zijn dan de huidige nutriëntenbelasting en -concentraties; (3) Bodemgeschiktheid is bepaald voor een situatie zonder toepassing van beregening. Aangezien bij de huidige hydrologische situatie de bodemgeschiktheid in belangrijke mate beperkt wordt door de droogtegevoeligheid, heeft deze keuze van 'geen beregening' een aanzienlijk effect op de bepaalde bodemgeschiktheid.

1 Inleiding

1.1 Probleemverkenning

Gedurende de laatste decennia heeft een sterke nivellering plaats gehad van de grote verschillen die oorspronkelijk bestonden in de agrarische gebruiksmogelijkheden van bodemeenheden in de provincie Noord-Brabant. Deze ontwikkeling is veroorzaakt door het intensieve gebruik van nutriënten (stikstof en fosfaat), bestrijdingsmiddelen, grondbewerking en verregaande aanpassing van de waterbeheersing.

In het algemeen zijn de natte en vochtige gronden droger en alle gronden vruchtbaarder gemaakt. Intensieve ontwatering van relatief natte gebieden maakte hier een uitbreiding van functies mogelijk. Door deze sterk antropogene beïnvloeding zijn de fysische en chemische condities van bodem en (grond)water op nagenoeg alle landbouwgronden in de provincie in beginsel geschikt gemaakt voor een groot aantal uiteenlopende teelten. De nivellering van landschappelijke verschillen staat op gespannen voet met het huidige streven om het ruimtegebruik zoveel mogelijk een afspiegeling te laten zijn van de natuurlijke variatie in bodem- en wateromstandigheden.

Om de van nature minder geschikte gronden voor de landbouw in goede staat te houden, is intensief 'onderhoud' vereist. De bodem is gedurende vele jaren in feite als opslagplaats gebruikt, zonder dat de nadelige gevolgen zichtbaar werden. Het bufferend vermogen is echter door de aanhoudende toediening van meststoffen en bestrijdingsmiddelen in de landbouw, lozingen van afvalstoffen en deposities vanuit de lucht op veel plaatsen verbruikt, waardoor milieunormen in het grond- en oppervlaktewater worden overschreden en kwetsbare functies in gevaar komen. Met name de gronden die een intensief agrarisch beheer nodig hebben en gevoelig zijn voor uitspoeling van stoffen, dragen hieraan in sterke mate bij. Door transport via water en lucht zijn ook veel natuurgebieden in chemisch en hydrologisch opzicht aangetast. Als gevolg van deze ontwikkelingen zijn problemen ontstaan voor de natuurwaarden en loopt de kwaliteit van het grondwater dat bestemd is voor de drinkwatervoorziening gevaar.

Duurzaam grondgebruik¹ vereist een afstemming van het nutriëntenaanbod aan de nutriëntenopname van een teelt. In de huidige situatie is nog onvoldoende sprake van een afstemming van het landgebruik op de van nature aanwezige abiotische omstandigheden. Niet alleen de milieukwaliteit gaat hierdoor op veel plaatsen nog steeds achteruit, maar er treedt ook een sterke verarming van de ruimtelijke diversiteit van grondgebruik.

In het kader van het project 'Revitalisering Landelijk Gebied Noord-Brabant' en de voorbereidingen voor het nieuwe streekplan is de behoefte gerezen om de huidige en

¹ Onder duurzaam grondgebruik wordt in deze studie een gebruik van de bodem verstaan waarbij de gebruikswaarde van de grond voor de toekomst niet wordt aangetast en geen risico's optreden voor grond- en oppervlaktewater, d.w.z. de belasting aan nutriënten blijft binnen de grenzen van de MTR-waarden (=Maximaal Toelaatbaar Risico).

de oorspronkelijke eigenschappen van het abiotische milieu als bouwsteen te gebruiken voor de ordening van gebruiksfuncties. Doel hiervan is om ten minste te voorkomen, dat de verdroging en de verontreiniging van de bodem, grond- en oppervlaktewater verder toenemen en dat het bindend vermogen voor stikstof en fosfaat verder wordt aangetast. Daarnaast wordt gestreefd om via afstemming tussen gebruik en mogelijkheden en beperkingen van de bodem de belasting geleidelijk aan te reduceren. Deze afstemming komt ook de landschappelijke identiteit ten goede. Door de geschiktheid en de kwetsbaarheid² van de bodem in kaart te brengen, kan worden beoordeeld waar de eisen van de verschillende agrarische gebruiksfuncties overeenstemmen met de aanwezige (huidige en toekomstige) gebruiksmogelijkheden van bodem en grondwater.

Bodemgeschiktheid en bodembeoordeling voor agrarisch grondgebruik

In Nederlandse omstandigheden is de geschiktheid van land voor agrarisch landgebruik grotendeels bepaald door twee groepen eigenschappen, te weten;

1. de bodemwaterhuishouding
2. de mechanische eigenschappen van de grond.

Deze eigenschappen worden beïnvloed door onder andere bodemtextuur, profielopbouw, organische stof en grondwaterregime.

Binnen de eerste groep heeft de grondwaterstand een overwegende invloed op de ontwateringstoestand en het vochtleverend vermogen naar de plantenwortels. Binnen de tweede groep vooral op stevigheid van de bovengrond in verband met berijdbaarheid en bewerkbaarheid. Bij de beoordeling van de geschiktheid van land voor huidige en beoogde gebruiksvormen is het dus van groot belang welke grondwatersituatie men als referentie kiest. Voor het waarderen van de bodemgeschiktheid is in de zeventiger jaren voor een aantal toen gangbare landgebruiksvormen een classificatiesysteem ontwikkeld, WIB-C genaamd, naar de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten (Haans, 1979; Soesbergen et al, 1986), speciaal gericht op toepassing op basis van de 1 : 50 000 bodemkaart van Nederland.

De huidige situatie, in termen van Gemiddelde Hoogste Grond-waterstand (GHG), Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG), wijkt in de praktijk vrijwel overal in de provincie sterk af van hetgeen in de jaren '60 en '70 van de vorige eeuw in kaart is gebracht (Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000). In de huidige situatie is de grondwaterstand overal dieper dan aangegeven op de bodemkaart.

De referentietoestand (situatie ca. 1850) geeft de min of meer natuurlijke waterhuishouding van voor de grote ingrepen weer. Dit kan worden gehanteerd voor het beoordelen van de potenties van extensieve en natuurgerichte vormen van landgebruik.

Naast deze klassieke bodemgeschiktheid is ook de kwetsbaarheid voor het milieu, met name voor de uitspoeling van stikstof en fosfaat van belang. Beide componenten kunnen in een totaalbeoordeling worden gecombineerd tot een bodembeoordeling, waarmee de mogelijkheden en beperkingen van een bepaald bodem- en grondwatersysteem voor een bepaald agrarisch landgebruik worden uitgedrukt. Met de toevoeging van een beoordeling voor kwetsbaarheid voor stikstof en fosfaat wordt het WIB-C systeem gemoderniseerd tot een bodembeoordelingssysteem voor duurzaam grondgebruik.

² Onder kwetsbaarheid verstaan we hier de gevoeligheid van de bodem voor uitspoeling van fosfaat en nitraat naar grond- en oppervlaktewater

1.2 Doel

Vanwege de hierboven geconstateerde problematiek heeft Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant aan Alterra opdracht gegeven voor een studie naar de bodemgeschiktheid ten behoeve van de relevante agrarische landgebruiksvormen, te baseren op de klassieke landbouwkundige geschiktheid en op de kwetsbaarheid van het milieu voor de belasting van de bodem met N en P. Het algemene doel van dit onderzoek is om via een beoordeling van bodem voor agrarische teelten op basis van de bodemgeschiktheid en van bodemkwetsbaarheid invulling te geven aan duurzaam landgebruik.

De studie heeft een verkennend en beleidsondersteunend karakter:

- De studie levert een ruimtelijk inzicht in de bodemgeschiktheid voor verschillende vormen van agrarisch grondgebruik in de gehele provincie Noord-Brabant ten behoeve van het identificeren van huidig en potentiële kansrijke gebieden voor agrarische gebruiksfuncties;
- De studie biedt ondersteuning bij het kiezen voor een efficiënt landgebruik waarbij het water- en bodemsysteem zo weinig mogelijk wordt belast. Deze keuzes komen met name aan de orde op plaatsen waar de bestemming wordt gewijzigd, bijvoorbeeld in het kader van de revitalisering landelijk gebied.

Het onderzoek sluit aan bij eerdere of parallel uitgevoerde studies naar het voorkomen van milieuvreemde stoffen in bodem en grondwater, de huidige en gewenste grondwaterstanden, en de omgrenzing van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) in de provincie.

1.3 Achtergrond van deze studie

1.3.1 Bodemgeschiktheidsbeoordeling als bouwsteen voor de ruimtelijke ordening

De geconstateerde discrepantie tussen het huidige landgebruik en de potenties van bodem en grondwater, en de daaruit voortvloeiende degradatie en verontreiniging van het abiotisch milieu, hebben ertoe geleid dat de provincie Noord-Brabant een beleid wil uitvoeren, waarbij de bodem duurzaam wordt gebruikt. Dit houdt in het toepassen van vormen van landgebruik waarbij de nadelige effecten op de milieukwaliteit worden geminimaliseerd. Om dit in de praktijk te brengen wordt de bodembeoordeling als toets gebruikt bij ruimtelijke planvorming.

Vanuit het oogpunt van nutriënten en bestrijdingsmiddelen is duurzaam bodembeheer mogelijk door:

- Bij functiewijziging rekening te houden met de huidige milieusituatie. De relatief nog onbelaste gebieden worden zoveel mogelijk gereserveerd voor functies die afhankelijk zijn van een schone bodem en die het milieu niet verontreinigen. De meer belaste gebieden zijn daarentegen in beginsel bestemd voor functies die geen hinder ondervinden van een zekere mate van

bodemverontreiniging en voor functies die de bodem nog enigszins zouden kunnen belasten.

- De agrarische gebruiksfuncties af te stemmen op de van nature aanwezige bodemeigenschappen.

Hierdoor zullen er minder nutriënten en technische ingrepen noodzakelijk zijn. Een verdere verstoring van de chemische en fysische toestand van de bodem wordt hiermee tegengegaan en er ontstaan kansen voor geleidelijke verbetering van de milieukwaliteit. Uit onderzoek is komen vast te staan dat de gewasbehoefte aan nutriënten op een van nature geschikte bodem enkele tientallen procenten lager kan zijn dan bij een voor het betreffende gewas minder geschikte grond. Zo geldt bijvoorbeeld ook dat hoe droger de bodem is (of hoe slechter het waterbergend vermogen), hoe hoger de fosfaattoestand moet zijn. Een droge bodem (=schrale zandgrond) is van nature minder geschikt voor landbouw (Ehlert & De Willigen, 1999). Een betere afstemming van de gewasbehoefte op de natuurlijke bodemeigenschappen sluit dan ook goed aan bij de beginselen van de biologische landbouw. Bovendien versterkt een betere aansluiting van het landgebruik aan de abiotische opbouw de landschappelijke karakteristiek van een gebied.

- Agrarische gebruiksfuncties in te zetten voor herstel van de bodem.

Een voorbeeld hiervan is de aanpak van de fosfaatverzadigde gronden. Van deze gronden mag verwacht worden dat zij nog lang zullen bijdragen aan de eutrofiëring van het oppervlaktewater. De situatie in de bodem verbetert het snelst, door deze gronden als landbouwgrond te handhaven en zoveel mogelijk de fosfaatgiften achterwegen te laten, waardoor de aanwezige fosfaten in de bodem beter worden benut (uitmijnen van de bodem).

In de praktijk doen zich bodem- en grondwatersituaties voor, waarbij acceptabele gewasopbrengsten alleen bereikt worden door omvangrijke mestgiften en vergaande aanpassing van de waterhuishouding (bijvoorbeeld op de droge zandgronden die arm zijn aan organische stof). Onder deze omstandigheden bestaan er echter grote risico's van een aanzienlijke belasting van bodem en grondwater. Deze van nature voor de gangbare grondgebonden landbouw minder geschikte bodems zijn vaak wel geschikt voor niet-grondgebonden functies (wonen, industrie, niet-grondgebonden teelten), maar ook voor stikstof-efficiënte teelten zoals bepaalde graansoorten.

Het spreekt voor zich dat – vanwege de huidige ruimtelijke inrichting – een optimale afstemming van bodem en landgebruik een proces is dat vele jaren vergt. Bovendien zijn er ook andere factoren van invloed op de ruimtelijke ordening. De bovenstaande aanpak moet worden beschouwd als een bouwsteen bij het zoeken van locaties voor nieuwe functies.

1.3.2 Planologisch kader

Het onderzoek vormt een bouwsteen voor de planvorming in het kader van het project 'Revitalisering Landelijk Gebied' (Reconstructie) en het Streekplan 2002 - 2012 van de provincie Noord-Brabant. Uitgangspunt is de vraag welke vormen van

agrarisch grondgebruik op welke plaats het meest geëigend zijn, redenerend vanuit een verondersteld hydrologisch systeem waarbij functionele hydrologische relaties worden hersteld en problemen van verdroging en hoog water worden voorkomen. Ten behoeve van de Reconstructie zullen de z.g. extensiveringsgebieden, verwevingsgebieden en perspectiefgebieden voor de landbouw ruimtelijk worden begrensd (zoning). Er wordt daarbij geredeneerd vanuit de ontwikkelingsmogelijkheden voor de landbouw, de ligging van kwetsbare functies (drinkwater en natuur), de combinatie en stapeling van landschappelijke, hydrologische, ecologische en cultuurhistorische kwaliteiten, de realisatie- mogelijkheden van gewenste grondwaterstand en bodemkwaliteit alsmede de locatie van kernrandzones van dorpen en steden.

Bij deze zoning zullen onder meer afwegingen gemaakt worden tussen de kansrijkdom voor natuurdoeltypen enerzijds en de landgebruiksvormen met een bestendige agrarische productie bij een minimaal nutriëntenverlies anderzijds. Mengvormen van extensief en niet-grondgebonden agrarisch landgebruik zullen mogelijk gemaakt worden in de z.g. verwevingsgebieden.

De discrepantie tussen acceptabele milieudruk met nutriënten (NH₃-depositie, stikstof en fosfaataanvoer via grond- en oppervlaktewater) en de huidige milieudruk, speelt in de discussie een belangrijke rol. Vooralsnog zijn hiervoor op provinciaal niveau weinig gegevens beschikbaar.

Deze studie levert aan de regionale reconstructiecommissies informatie ten behoeve van de feitelijke invulling van de zoning op basis van een duurzaam gebruik van bodem en grondwater. De bodemgeschiktheidskaarten geven bijvoorbeeld de meest geschikte gebieden aan voor de hoofdvormen van agrarisch grondgebruik. Het onderzoek levert tevens bouwstenen aan voor het opstellen van z.g. regionale bodembeheersplannen, voor zover het de beheersing van de milieubelasting door nutriënten betreft. Andere belangrijke planologische toepassingen zijn: de identificatie van bodemkundig kansrijke gebieden voor de biologische landbouw en het landschaps- en waterbeleid.

1.3.3 Relatie met andere onderzoeksthema's

1. Binnen het project 'Revitalisering Landelijk Gebied' neemt 'Water als ordenend principe' een belangrijke positie in. Daarnaast wordt in de provincie Noord-Brabant onderzoek verricht naar de feitelijke invulling van 'water als ordenend principe' (project WOP) en het Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime (project Waterdoelen (Provincie Noord-Brabant, 2000a)). De voorliggende studie maakt onder meer gebruik van deze onderzoeken. Door integratie van de watersystemenkaart (studie Waterdoelen en WOP) en de bodembeoordelingskaart (dit onderzoek) ontstaat er een waardevolle abiotische onderlegger voor de ruimtelijke ordening.
2. Ten behoeve van de Milieubalans 1999 (RIVM, 2000) is door Alterra een inschatting gemaakt van de mate van verdroging in Nederland (De Groot & Finke, 1999). Dit is gedaan door het opstellen van z.g. 'verschuif functies' voor de huidige GHG, ten opzichte van de op de Bodemkaart van Nederland (schaal 1 : 50 000) gepubliceerde

grondwatersituatie. Deze verschuiffuncties zijn opgesteld aan de hand van steekproefsgewijze metingen en gegevens van het landelijk grondwatermeetnet van NITG-TNO. De resultaten van deze studie zijn gebruikt voor de karakterisering van de huidige grondwatersituatie in de provincie Noord-Brabant.

3. Door de provincie Noord-Brabant is begrenzing van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) vastgelegd. De kaarten met zoekgebieden voor de te realiseren natuurdoeltypen kunnen vergeleken worden met de kansrijke gebieden voor diverse vormen van agrarisch landgebruik, zoals die op de bodembeoordelingskaarten uit deze studie worden aangegeven, zodat zichtbaar wordt welke delen van de EHS agrarisch meer of minder geschikt zijn.

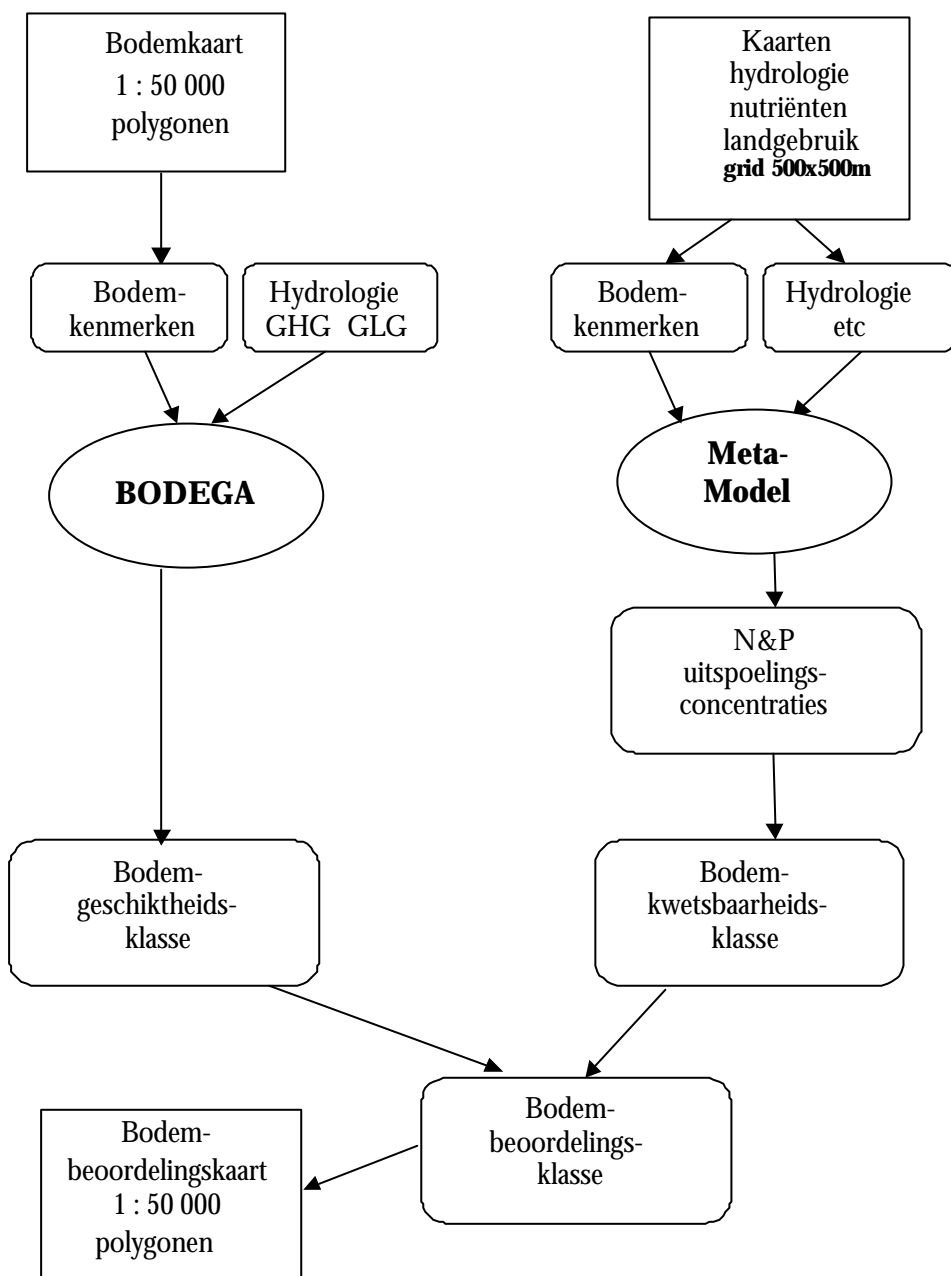
Gebieden die op basis van hun bodemeigenschappen in meer of mindere mate geschikt zijn voor bepaalde vormen van agrarisch grondgebruik, kunnen echter dermate vervuild zijn dat dit nadelig is voor de kwaliteit van het oogstproduct. De belasting van de bodem met milieuvreemde stoffen wordt weergegeven op een nog op te stellen bodemkwaliteitskaart (gereed juli 2000). Samen met de bodemkwaliteitskaarten voor het landelijk gebied, vormen de resultaten van dit onderzoek de basis voor bodembeheersplannen.

1.4 Werkwijze, modellentrein, data flow

De beoordeling van de bodems maakt gebruik van bestaand modellen instrumentarium dat op Alterra is ontwikkeld. In deze studie zijn twee modellen ingezet, BODEGA (bodemgeschiktheidsapplicatie) en het metamodel voor het berekenen van stikstof- en fosfor-belasting op waterkwaliteit. BODEGA wordt gebruikt om bodems te classificeren op mate van geschiktheid. Het kan ook worden gebruikt om kwetsbaarheidsklasse of bodembeoordelingsklasse te bepalen. BODEGA is een classificatiemodel, waarin kennisregels kunnen worden ingebracht, waarna de classificatie verloopt via het aflopen van een Booleaanse beslisboom. Booleaans wil zeggen dat de klassegrenzen hard zijn gedefinieerd, waarbij de vraag of een eigenschap binnen een klasse valt altijd met ja of met nee beantwoord moet worden, waardoor het te classificeren object (in ons geval een landschappelijke bodemeenheid) altijd in een bepaalde klasse terecht komt. Dit is soms onbevredigend bij overgangsvormen die net op een klassegrens zitten.

Het metamodel is een regressiemodel, afgeleid van de uitkomsten van het deterministisch procesmodel ANIMO, zoals dat werd toegepast in de studie naar uitspoeling van meststoffen uit de landbouw in het kader van de WaterSysteem-Verkenningen voor heel Nederland. Beide modellen gebruiken specifieke bodem- en hydrologische gegevens als invoer. Dit leidt tot twee stromen van gegevensverwerking: BODEGA bepaalt uit bodem- en grondwatertrapgegevens de bodemgeschiktheid voor een gekozen vorm van landgebruik, het metamodel bepaalt de stikstof- en fosfor-uitspoelingsconcentraties. De berekeningen worden gebiedsdekkend uitgevoerd. Dit leidt tot een serie bodemgeschiktheidskaarten en uitspoelingskaarten. De uitspoelingskaarten worden eerst gecombineerd tot kwetsbaarheidskaarten via classificatieregels, die speciaal daarvoor zijn opgesteld.

Vervolgens worden de landbouwkundige geschiktheid en de milieu-kwetsbaarheid gecombineerd tot een integrale bodembeoordeling, ook weer via beslisregels in BODEGA. Het dataverwerkingsproces vanaf de bronkaarten tot aan de bodembeoordeling is schematisch weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Het dataverwerkingsproces van bronkaart tot bodembeoordelingskaart

1.5 Scenarios

De bodemgeschiktheid voor de diverse vormen van landbouw en de belasting van oppervlaktewater en grondwater met stikstof en fosfaat dienen te worden berekend voor duidelijk beschreven situaties qua landgebruik, nutriëntengebruik, klimaatomstandigheden en hydrologie. Uit het grote aantal mogelijke combinaties kiezen we een beperkt aantal als scenarios waarvoor berekeningen worden uitgevoerd. Een scenario dient eenduidig te zijn, en alle basisgegevens dienen Brabantbreed aanwezig te zijn.

De berekeningen in de huidige studie zijn uitgevoerd voor de volgende situaties en veronderstellingen:

1. *Bodemgeschiktheid*
 - Drie vormen van landgebruik: weidebouw, akkerbouw, en boomkwekerij, waarvoor de bodemgeschiktheid provinciedekkend is bepaald.
 - Twee hydrologische situaties: de huidige en de situatie zoals die zou hebben geheerst in 1850.
2. *Nutriëntenbelasting:*
 - Drie vormen van uitspoeling: nitraat naar grondwater en stikstof en fosfor naar oppervlaktewater.
 - Drie vormen van landgebruik: grasland, maïs en overig bouwland achtereenvolgens in de gehele provincie.
 - Bemestinghistorie: bemesting volgens voortschrijdende wettelijke normering van 1991 tot 2003 en volgens constante eindnormen na 2003 tot aan 2045.
 - Twee hydrologische situaties: de huidige en de situatie zoals die zou hebben geheerst in 1850.

In deze studie zijn twee hydrologische scenario's toegepast:

1. Huidige situatie, gebaseerd op de grondwatertrappen uit de Bodemkaart van Nederland, voor zover mogelijk geactualiseerd met behulp van statistische rekenregels;
2. Historische situatie (1850) als referentie voor de natuurlijke hydrologische situatie. Hydrologie 1850 stelt de vernattingsvariant voor.

Dit laatste scenario is bedoeld om zicht te krijgen op perspectieven voor grondgebonden hedendaagse landbouw onder de extreme situatie, die zou ontstaan bij realisatie van de natuurlijke hydrologie.

Binnen elk hydrologisch scenario zijn de thema's bodemgeschiktheid en nutriëntenbelasting uitgewerkt voor verschillende provinciedekkende landgebruikstypen. Binnen ieder scenario is er toegewerkt naar een synthese door de verschillende vormen van nutriëntenuitspoeling te combineren in een kwetsbaarheidsclassificatie, en die weer te combineren met de bodemgeschiktheidclassificatie. Dit resulteert in een bodembeoordeling. Kwetsbaarheidskaarten en bodembeoordelingskaarten zijn samengesteld voor de afzonderlijke landgebruikstypen.

Onder het scenario voor de huidige hydrologie zijn de nutriëntenuitspoelingskaarten voor afzonderlijke vormen van landgebruik gecombineerd tot een uitspoelingskaart voor de huidige landgebruiksverdeling.

1.6 Leeswijzer

De beoordeling van de geschiktheid van de bodems in Noord-Brabant wordt besproken in Sectie 2. Het gaat hierbij alleen om de geschiktheid voor de belangrijkste agrarische vormen van landgebruik. De achtergrond, methodiek, gebruikte invoergegevens en toepassingsmogelijkheden van dit bodem-beoordelings-systeem worden beschreven in Sectie 2.1 t/m 2.7. De resultaten van deze bodembeoordeling voor zowel weidebouw, akkerbouw en boomkwekerijen in geheel Noord-Brabant bij de huidige hydrologische situatie staan in Sectie 2.8. Bodembeoordelingen voor dezelfde vormen van landgebruik zijn ook uitgevoerd voor het vernattingsscenario (Hydrologie 1850) dat de natuurlijke hydrologische situatie in het referentie jaar 1850 beschrijft (Sectie 2.9).

De uitspoeling van stikstof en fosfor uit landbouwgronden wordt besproken in Sectie 3. Deze uitspoeling en de resulterende nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en de stikstof- en fosforconcentraties in de afstroming naar oppervlaktewateren in Noord-Brabant worden berekend met een metamodel voor de belangrijkste agrarische vormen van landgebruik. De methodiek, invoergegevens, toepassingsmogelijkheden en beperkingen van dit metamodel worden besproken in Secties 3.1 t/m 3.5. De berekende nutriëntenemissies bij zowel grasland, maïsteelt en overig bouwland in geheel Noord-Brabant bij de huidige hydrologische situatie staan in Sectie 3.6. Nutriëntenemissies bij dezelfde vormen van landgebruik zijn ook berekend voor het vernattingsscenario volgens Hydrologie 1850 (Sectie 3.7). Tenslotte is de kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie bepaald op basis van integratie van de berekende resultaten voor nitraatconcentratie in grondwater, en stikstof- en fosforconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater (Sectie 3.8). Dit is gedaan voor de drie onderscheiden vormen van landgebruik, en zowel voor de huidige hydrologische situatie en voor Hydrologie 1850.

Een integrale beoordeling van de bodems in Noord-Brabant wordt gegeven in Sectie 4. Deze beoordeling is een combinatie van enerzijds de bodemgeschiktheidsbeoordeling (Sectie 2) en anderzijds de mate van stikstof- en fosforuitspoeling uit landbouwgronden in Noord-Brabant en het risico van overschrijding van de kwaliteitsnormen voor grond- en oppervlaktewater (Sectie 3). Deze integrale beoordeling is uitgevoerd voor de drie onderscheiden vormen van landgebruik, en zowel voor de huidige hydrologische situatie en voor Hydrologie 1850. De voornaamste resultaten van deze studie worden besproken in Sectie 5. De betekenis van deze resultaten en de mate van onzekerheid komt hier aan de orde. Tenslotte resulteren een aantal conclusies (Sectie 6).

De voornaamste bron van informatie uit deze studie zijn de bijgevoegde kaarten. Deze kaarten geven een ruimtelijke weergave van de gebruikte gegevens en van de

resultaten van deze studie. Bijlage 1 geeft de lijst van kaarten met hun nummering. De eerste kaarten zijn de door het metamodel gebruikte invoergegevens en de door het metamodel geproduceerde nutriëntenemissie-resultaten bij de huidige hydrologische situatie (Kaarten 3.1 t/m 3.16). Hierop volgen de bodemgeschiktheidskaarten (m.b.v. BODEGA), de kaarten met de kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie en de kaarten met de integrale bodembeoordeling (Kaarten 3.17 t/m 3.31). En tenslotte volgen er nog kaarten (nr. 3.29 t/m 3.39) met de bodemgeschiktheid voor boomkwekerijen en met metamodel-resultaten bij het huidige landgebruik. Voor Hydrologie 1850 is dezelfde set kaarten beschikbaar met dezelfde wijze van nummering (Kaarten 4.1 t/m 4.35). Achtergrondinformatie over het bodembeoordelingsysteem BODEGA is te vinden in Bijlagen 2 en 3.

2 Bodemgeschiktheid voor agrarisch landgebruik

Bodemgeschiktheid is een maat voor de grondproductiviteit voor een gegeven vorm van landgebruik. De grondproductiviteit kan fysiek worden uitgedrukt in kilo product per hectare, en financieel in een saldo van euros per hectare. Vink en van Zuilen (1967) definiëerden bodemgeschiktheid voor een bepaald gewas als 'wat een goede boer bij goede verkaveling en ontsluiting en bij redelijk goede waterbeheersing binnen het ter plaatse normale bedrijfstype en bij de daarbij behorende bedrijfsgrootte geschikt noemt'. De geschiktheid hangt af van vele factoren, met name de factor boer, zijn vakmanschap, het bedrijfstype, de technologische en economische omstandigheden, van landinrichtingsfactoren, en tenslotte ook van de factor bodem. In deze studie proberen we aan te geven hoe de bodem- en grondwatersituatie de bodemgeschiktheid bepaalt, onder de veronderstelling dat alle andere factoren niet variëren. Bodemgeschiktheid geeft aan in hoeverre de bodemeigenschappen voldoen aan de eisen die het landgebruik vanwege gewas, mechanisatie, en oogstzekerheid aan de bodem stelt.

2.1 De WIB-C methode

2.1.1 Achtergrond en doel

De bodemeenheden van de 1:50000 bodemkaart voor Noord-Brabant zijn beoordeeld op hun landbouwkundige geschiktheid voor diverse vormen van landgebruik. De beoordeling is volgens het Systeem van de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten, Stadium C, kortweg WIB-C, dat in de zeventiger jaren is ontwikkeld door de Stiboka (Haans et al., 1979). Later is het WIB-C systeem nog iets verfijnd (Van Soesbergen et al., 1986) en opnieuw beschreven (Ten Cate et al., 1995). Een overzicht van de achtergrond en doelstelling van de ontwikkeling ervan staat in van Diepen (1995). Het doel om WIB-C te ontwikkelen was om een uniform logisch raamwerk te ontwikkelen, waarmee de Nederlandse gronden naar landbouwkundige productiecapaciteit konden worden gerangschikt op basis van de bodemkaart. Een bodemgeschiktheidskaart groepeerde verschillende gronden met vergelijkbare opbrengstpotentie en is daardoor informatiever voor planvorming dan de bodemkaart zelf. Daarmee moest WIB-C voldoen aan de maatschappelijke behoefte ter ondersteuning van planvorming over de gebruiksbestemming van grond, bijvoorbeeld binnen ruilverkavelingen en voor de selectie van vestigingsgebieden.

De filosofie achter WIB-C is ontleend aan die van het 'Framework for land evaluation' van de FAO (1976), die ervan uitgaat dat elke vorm van landgebruik een aantal kwantificeerbare eisen aan de bodem stelt en dat de bodemkundige in zijn rol van land evaluator bepaalt in welke mate een bepaald stuk grond aan die eisen voldoet.

2.1.2 Bodembeoordelingsfactoren

De opzet van het WIB-C-systeem is eenvoudig. De eerste stap bestaat uit het aangeven van functionele bodemeigenschappen die het bodemgebruik beïnvloeden, zoals vochtleverend vermogen, verkruijmelbaarheid of draagkracht. Deze functionele eigenschappen worden als basis voor de bodembeoordeling gebruikt en worden daarom bodembeoordelingsfactoren genoemd (Tabel 1).

Voor een bepaalde bodemkaartenheid wordt elke bodembeoordelingsfactor gewaardeerd met een score die ligt tussen 1 (zeer gunstig) en 5 (zeer ongunstig). Daartoe hanteert WIB-C een verzameling van eenduidige, zoveel mogelijk gespecificeerde en gekwantificeerde beslisregels die bodem- en grondwatergegevens vertalen naar beoordelingsfactoren die belangrijk zijn voor het gewas en voor de bedrijfsvoering. De vertaling levert een gradatie (score) op voor de betreffende beoordelingsfactor. De laagste gradatie is het gunstigst, de hoogste gradatie het minst gunstig. Bijlage 2 geeft een overzicht van de verschillende beoordelingsfactoren en hun opbouw uit bodemkenmerken. Een samenvatting hiervan staat in Tabel 1. Dit bepaalt ook de databehoeftes voor toepassing van de WIB-C methode.

2.1.3 Data behoefte

Voor de vaststelling van de beoordelingsfactoren heeft WIB-C voor elke kaartenheid de informatie nodig die is aangegeven in Tabel 1. De afkortingen voor de beoordelingsfactoren staan uitgeschreven in Tabel 2.

Tabel 1 Bodemkenmerken nodig voor de vaststelling van beoordelingsfactoren voor de bodemgeschiktheid

| Bodemkenmerk | Beoordelingsfactor (zie verklaring Tabel 2) | | | | | | | | |
|------------------------------------|---|-------|------------|-------|---------------------|-------------------|---------|-------------------|----|
| | ontwatering | vocht | stevigheid | stuif | verkruijmelbaarheid | slempgevoeligheid | textuur | dikte bbovengrond | pH |
| gem. hoogste grondwaterstand (GHG) | X | X | X | | | | | | |
| gem. laagste grondwaterstand (GLG) | | X | | | | | | | |
| grondsoort | X | X | | | X | X | | | |
| organische. stofgehalte bovengrond | | | X | | X | X | X | | |
| textuur bovengrond | | | X | X | X | | X | | |
| vochthoudend vermogen wortelzone | | X | | | | | | | |
| effectieve bewortelingsdiepte | | X | | | | | | | |
| kritieke stijghoogte (bij 2 mm/d) | | X | | | | | | | |
| kalkgehalte bouwvoor | | | | | X | X | | | |
| dikte bovengrond | | | | | | | | X | |
| pH-KCl zuurgraad | | | | | | | | | X |

Tabel 2 Gebruikte beoordelingsfactoren en hun benaming

| Beoordelingsfactor | Aantal gradaties | Beschrijving van de gradaties |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Ontwateringstoestand | 5 | Van zeer diep tot zeer ondiep |
| Vochtleverend vermogen | 5 | Van zeer groot tot zeer gering |
| Stevigheid bovengrond (draagkracht) | 3 | Van groot tot gering |
| Stuifgevoeligheid | 3 | Van gering tot groot |
| Verkruijmelbaarheid | 3 | Van groot tot gering |
| Slempgevoeligheid | 3 | Van gering tot groot |
| Textuur, soort bovengrond | 2 | Klei en zand/veen |
| Dikte bovengrond | 2 | Dik en dun |
| pH zuurgraad | 3 | Zuur, neutraal, met vrije kalk |

2.1.4 Bodemgeschiktheid

De gradaties van verschillende beoordelingsfactoren geven via een set beslisregels (beslisboom) aan in hoeverre een bodem geschikt is voor een bepaalde vorm van landgebruik. Tabel 3 geeft aan welke beoordelingsfactoren een rol spelen bij de geschiktheid van een landgebruikvorm.

Tabel 3 Overzicht van landgebruikvormen met bijbehorend beoordelingsfactoren in het WIB-C-systeem

| Beoordelingsfactor | Aantal gradaties | Akkerbouw | Weidebouw | Boomkwekerijen |
|---------------------------|-------------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Ontwateringstoestand | 5 | relevant | relevant | relevant |
| Vochtleverend vermogen | 5 | relevant | relevant | relevant |
| Stevigheid bovengrond | 3 | relevant | relevant | - |
| Verkruijmelbaarheid | 3 | relevant | - | relevant |
| Slempgevoeligheid | 3 | relevant | - | relevant |
| Stuifgevoeligheid | 3 | relevant | - | relevant |
| Dikte bovengrond | 2 | - | - | relevant |
| Zuurgraad | 3 | - | - | relevant |
| Soort bovengrond | 2 | relevant | - | - |

WIB-C onderscheidt drie hoofdklassen naar afnemende geschiktheid, die worden omschreven in termen van ruimte van de gebruiksmogelijkheden, of van gebruiksrisico (zie Tabel 4). De hoofdindeling is vooral naar toenemend droogterisico en naar toenemende drassigheidproblemen. De beste gronden hebben geen enkel probleem met droogte, drassigheid, stevigheid of beperkingen voor grondbewerking en mechanisatie. Het minst geschikt zijn gronden waarop een hoog droogterisico het overheersende probleem is, of gronden die veel natter dan optimaal zijn, en daarom ook te slap, en die moeilijkheden opleveren voor bewerking en mechanisatie. Daartussenin onderscheidt men gronden met lichte tot matige beperkingen in bepaalde veelvoorkomende combinaties.

De hoofdklassen worden onderverdeeld in klassen naar de aard van de beperkingen van de grond op basis van de gradaties in bodembeoordelingsfactoren. Het aantal klassen binnen een hoofdklasse varieert van 2 tot 4. De volgorde van de klassen kan,

maar hoeft geen volgorde in geschiktheid aan te geven, het essentiële onderscheid is dat klassen verschillen in type beperking. Het aantal geschiktheidklassen is vrij klein en de klassenbreedte is daardoor groot.

Tabel 4 Indeling en betekenis van geschiktheidsklassen in WIB-C

| Hoofd-klasse | Klasse | Klasseomschrijving |
|--------------|-------------|---|
| 1 | | Gronden met ruime mogelijkheden, weinig gebruiksrisico |
| | 1.1 | Hoge opbrengst, geen beperking |
| | 1.2 | Hoge opbrengst, lichte beperking vanwege factor A |
| | 1.3 enz. | Hoge opbrengst, lichte beperking vanwege factor B Enz. |
| 2 | 2 | Gronden met beperkte mogelijkheden, vrij groot gebruiksrisico |
| | 2.1 | Matige opbrengst, matige beperking vanwege factor A |
| | 2.2 2.3 | Matige opbrengst, matige beperking vanwege factor B Matige opbrengst, matige beperking vanwege factoren A, C |
| 3 | 3 | Gronden met weinig mogelijkheden, zeer groot gebruiksrisico |
| | 3.1 | Lage opbrengst, sterke beperking vanwege factor A |
| | 3.2 | Lage opbrengst, sterke beperking vanwege factor B of (A en C) |

Deze indeling in geschiktheid wordt voor elke vorm van landgebruik afzonderlijk gedaan. Er bestaat daarom geen directe relatie tussen geschiktheidklassen voor akkerbouw en die voor weidebouw, hoewel de indeling en beschrijving van de klassen erg op elkaar lijken.

2.2 Geldigheid en aannames van het WIB-C systeem

Het WIB-C-systeem is duidelijk afgebakend. De beoordeling berust alleen op bodemkundige en hydrologische kenmerken van de bodem. Andere factoren die de beoordeling zouden kunnen beïnvloeden zoals sociaal-economische (marktprijzen, overheidsbeleid etc.), technologische (machinepark, verkaveling, etc.), klimatologische (neerslag, verdamping, temperatuur etc.) worden in het systeem behandeld als onveranderlijke randvoorwaarden. Dat wil zeggen dat de beoordeling wordt uitgevoerd voor een nauwkeurig omschreven vorm van agrarisch landgebruik (sociaal-economisch, technisch) en één klimaatstype. Het schattingssysteem is er niet op ingericht om de invloed van teeltaanpassingen mee te nemen in de geschiktheidclassificatie.

Verder is het WIB-C systeem hoofdzakelijk opgesteld voor het interpreteren van eenheden van de bodemkaarten met een schaal variërend tussen 1 : 10 000 en 1 : 50 000 (Haans, 1979), maar de nadruk lag op de toepassing van de 1 : 50 000 bodemkaart. WIB-C maakt dus gebruik van het type gegevens dat voor elke kaartenheid beschikbaar is. Het deel van de functionele bodemeigenschappen dat alleen per perceel correct vastgesteld zou kunnen worden, blijft buiten beschouwing, of men gaat uit van een gemiddelde toestand. Dit zijn bijvoorbeeld de detailontwatering en de toestand van de bovengrond, zoals die door de

bedrijfsvoering kan worden beïnvloed: structuur, kalktoestand, bemestingstoestand en interne drainage.

De geschiktheidbeoordeling is verder gebaseerd op een gemiddeld bedrijf uit de zeventiger jaren. Men veronderstelt dat het hele bedrijf binnen dezelfde kaartenheid valt, zodat met kwalitatief complementaire stukken land, bijvoorbeeld een nat deel naast een droog deel, geen rekening wordt gehouden. Ook wordt geen rekening gehouden met de nutriëntentoestand van de bodem, want men ging er van uit dat een eventueel nutriëntentekort gemakkelijk kon worden aangevuld met bemesting. Dit leidt ertoe dat de bodemgeschiktheidbeoordeling uitsluitend is gebaseerd op de fysische bodemtoestand. Aan de andere kant wordt droogterisico als een belangrijke beperkende factor beschouwd, omdat men uitgaat van landbouw zonder kunstmatige beregening.

De waardering van gronden kan in de loop der tijd veranderen, door ontwikkelingen in mechanisatie, milieuwetgeving, productiequotaregelingen en natuurdoelstellingen. De waardering kan ook verschillen tussen landstreken binnen Nederland. Dit zou aanleiding kunnen geven tot het aanpassen van het WIB-C-systeem door (regionaal) beoordelingsfactoren toe te voegen die deze nieuwe aspecten vertegenwoordigen. In grote lijnen zullen anno 2000 de relatieve waarderingen voor afzonderlijke beoordelingsfactoren nauwelijks verschillen van die van 30 jaar geleden, maar de relatieve zwaarte ervan in het totaaloordeel kan zich wel wijzigen. Zo zal de factor bodemvruchtbaarheid (of bufferend vermogen voor nutriënten) die nu niet in WIB-C wordt meegewogen, belangrijk worden wanneer de bemesting beperkt wordt in de toekomst. De factor vochtleverend vermogen zal weer even belangrijk worden als vroeger, wanneer beregening niet meer is toegestaan. Draagkracht van de bodem wordt belangrijker bij gebruik van steeds zwaardere machines.

Het WIB-C systeem van indeling van gronden naar geschiktheid is nationaal van opzet, zodat in Noord-Brabant de droge klassen wat overheersen. In deze provincie zijn de gronden nu eenmaal dieper ontwaterd dan vergelijkbare gronden elders in het land, zowel ten opzichte van de klei- als de zandgebieden in Nederland. De waardering van de gronden kan hierdoor regionaal anders worden beleefd dan de waardering volgens deze nationale meetlat.

2.3 Toelichting bij de beoordelingsfactoren

Bij nadere beschouwing blijkt dat de meeste beoordelingsfactoren worden beïnvloed door het grondwaterregime, en dat de geschiktheid er dus ook sterk door wordt bepaald (zie Bijlage 2). Het komt er in grote lijnen op neer dat voor bijna alle grondsoorten (zand, klei, veen) en profielverlopen (bodemgelaagdheid, met name de opbouw van het textuur profiel met de diepte) grondwatertrap IV als optimaal aangewezen wordt voor zowel weidebouw en akkerbouw. Voor weidebouw scoren de natte grondwatertrappen II*, III* in WIB-C meestal nog vrij hoog op de geschiktheidschaal, terwijl aan grondwatertrappen VI, VII en VII* een toenemende droogtebeperking wordt toegekend. Voor akkerbouw scoren de Gt's natter dan IV

slecht, en is de vochtleverantie op een aantal gronden met Gt VI nog heel redelijk. Gt VII is altijd te droog.

De meeste beoordelingsfactoren worden via vrij eenvoudige relaties afgeleid van de bodemkenmerken en grondwatertrap. Een uitzondering vormt het vochtleverend vermogen van de bodem, waarvoor de vaststelling van de gradatie een vrij complexe gegevensbewerking vereist in de vorm van een modelberekening. Het droogterisico wordt geheel bepaald door de beoordelingsfactor vochtleverend vermogen. De indeling naar vochtleverend vermogen wordt bepaald op basis van de hoeveelheid vocht die de bodem aan een gewas kan leveren tijdens het groeiseizoen in een 10 procent droog jaar (Tabel 5).

Tabel 5 Gradatie in vochtleverend vermogen in afhankelijkheid van de hoeveelheid vocht

| Hoeveelheid vocht (mm) | gradatie in vochtleverend vermogen | |
|------------------------|------------------------------------|--------|
| | Benaming | Klasse |
| > 200 | zeer groot | 1 |
| 150-200 | vrij groot | 2 |
| 100-150 | matig | 3 |
| 50-100 | vrij gering | 4 |
| < 50 | zeer gering | 5 |

Deze hoeveelheid beschikbaar vocht wordt bepaald door de vochtvoorraad in de bodem aan het begin van het groeiseizoen, het neerslagtekort, en het grondwaterstandsverloop en de capillaire nalevering vanuit het grondwater tijdens het groeiseizoen. Voor dit laatste wordt berekend hoe lang de periode (aantal dagen vanaf 1 april) is dat de bodem een vochtstroom van meer dan 2 mm per dag kan leveren. Dit vereist dynamische berekeningen, waarin de profielgelaagdheid en het resulterende capillair geleidingsvermogen, de bewortelingsdiepte, en het grondwaterstandsverloop een rol spelen. De grondwatertrap Gt is gedefinieerd in termen van GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) en GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand), maar in dit geval willen we het verloop in het maatgevende 10 procent droog jaar kennen. Daartoe wordt verondersteld dat het grondwaterpeil over het groeiseizoen zakt van GVG (gemiddelde voorjaarsstand, 20 cm beneden GHG) tot 20 à 40 cm onder GLG in het najaar, zodat het grondwater in het maatgevende 10 procent droog jaar steeds minstens 20 cm onder de GHG-GLG lijn zit. Vanwege de berekeningswijze zijn verschillen in vochtleverend vermogen te herleiden tot verschillen in vochtbergend vermogen, capillair geleidingsvermogen, doorwortelbare diepte van de bodem en bewortelingsdiepte van het gewas. WIB-C onderscheidt voor elke landgebruiksvorm een maximale bewortelingsdiepte, (60 cm voor gras, 100 cm voor akkerbouw, en 140 cm voor bomen), maar de diepte waarmee gerekend wordt, hangt sterk af van de grondsoort en profielopbouw.

De droogtegevoeligheid is het grootst in kleigronden met storende lagen (zoals een zandondergrond, of een zware tussenlaag), en in de relatief grove zandgronden (zoals matig fijn leemarm zand met dun humeus dek). Het zijn vooral de geringe effectieve bewortelingsdiepte en de lage capillaire opstijging die de droogtegevoeligheid bepalen. De beste gronden zijn de niet te zware klei- en zavelgronden met homogene of iets oplopende (zwaarder wordend met de diepte) textuur en de sterk lemige

zandgronden met dik humeus dek. De hoge vochtleverantie wordt veroorzaakt door de combinatie van goede vochthoudendheid van de bovengrond, de diepe doorworteling en, vooral bij zavelgronden, de hoge capillaire opstijging.

2.4 Toelichting bij de bodemgeschiktheidsklassen

De WIB-C bodemgeschiktheidsklassen voor de drie landgebruiksvormen weidebouw, akkerbouw en boomkwekerijen worden beschreven met behulp van een aantal tabellen.

Tabel 6 Bodemgeschiktheidsklassen voor weidebouw volgens WIB-C

| Klasse | Klasseomschrijving |
|----------|--|
| 1 | Gronden met ruime mogelijkheden |
| 1.1 | Hoge bruto-productie; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar |
| 1.2 | Hoge bruto-productie; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; enigszins beperkt berijdbaar |
| 1.4 | Hoge bruto-productie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar |
| 1.4 | Hoge bruto-productie behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen behalve in natte jaren; enigszins beperkt berijdbaar |
| 2 | Gronden met beperkte mogelijkheden |
| 2.1 | Hoge bruto-productie; matige beweidingsverliezen; beperkt berijdbaar |
| 2.2 | Matige bruto-productie in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar |
| 2.3 | Matige bruto-productie in droge jaren; matige beweidingsverliezen in natte jaren; beperkt berijdbaar |
| 3 | Gronden met weinig mogelijkheden |
| 3.1 | Matig of hoge bruto-productie; grote beweidingsverliezen; zeer beperkt berijdbaar |
| 3.2 | Lage of matige bruto-productie; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar |

Tabel 6, 8 en 10 geven de oorspronkelijke klassedefinities volgens het WIB-C systeem voor resp. weidebouw, akkerbouw en boomkwekerijen, en Tabellen 7, 9 en 11 de enigszins aangepaste klassenindeling en naamgeving die in deze studie wordt gehanteerd.

In deze studie is voor zowel weidebouw als akkerbouw de derde klasse gesplitst in tweeën, zodat er een vierde klasse bijkomt. Dit is vooral om de meest droogtegevoelige gronden te kunnen onderverdelen in extreem droog, zoals grof zand en stuifzand, en in gronden die nog wel voor de landbouw te gebruiken zijn. De voor Noord-Brabant gehanteerde klassenindeling voor de weidebouw is weergegeven in Tabel 7. In deze tabel wordt de sequentie aangegeven naar afnemende geschiktheid en toenemende gebruiksbepierking, bovenaan te beginnen bij klasse 1.1 met geen enkele uitgesproken gebruiksbepierking. De wat merkwaardige combinatie van te droog en te slap heeft te maken met gronden die afwisselend te nat en te droog zijn.

Tabel 7 Kenmerken van de geschiktheidsklassen voor weidebouw zoals toegepast in Noord-Brabant

| Mate van geschiktheid | Mate van gebruiksbeperkingen | te droog | te nat of te slap | soms te slap en soms te droog |
|-----------------------|------------------------------|----------|-------------------|-------------------------------|
| Goed | Geen | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| Goed | Enigszins | 1.3 | 1.2 | 1.4 |
| Redelijk | Matig | 2.2 | 2.1 | 2.3 |
| Matig | Sterk | 3.2 | 3.1 | 3.1 slap 3.3 droog |
| Gering | Zeer sterk | 4.2 | 4.1 | 4.1 slap 4.3 droog |

De klassenindeling voor akkerbouw lijkt op die voor weidebouw, maar de klassen zijn anders gedefinieerd, waarbij ook andere criteria (Tabel 3) worden gehanteerd. Er is geen aparte geschiktheidstabel voor de maïsteelt, maar de akkerbouwtabel kan ook voor maïs worden toegepast. De voor Noord-Brabant gehanteerde klassenindeling voor de akkerbouw is weergegeven in Tabel 9. In de hoofdklasse 1. wordt de onderverdeling in geschiktheidsklassen afhankelijk gesteld van de grondsoort.

Tabel 8 Bodemgeschiktheidsklassen voor akkerbouw volgens WIB-C

| Klasse | Klasseomschrijving |
|----------|--|
| 1 | Gronden met ruime mogelijkheden |
| 1.1 | Kleivruchtwisseling; hoog opbrengstniveau; weinig teeltrisico; goed berijdbaar en bewerkbaar |
| 1.2 | Kleivruchtwisseling; matig tot hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele beperkt berijdbaar en bewerkbaar |
| 1.3 | Zandvruchtwisseling; hoog opbrengstniveau; weinig teeltrisico; goed berijdbaar en bewerkbaar |
| 1.4 | Zandvruchtwisseling; matig tot hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele beperkt berijdbaar en bewerkbaar |
| 2 | Gronden met beperkte mogelijkheden |
| 2.1 | Vrij groot teeltrisico; veelal beperkt berijdbaar |
| 2.2 | Vrij groot teeltrisico; beperkt bewerkbaar |
| 2.3 | Vrij groot teeltrisico; vochttekort |
| 3 | Gronden met weinig mogelijkheden |
| 3.1 | Zeer groot teeltrisico; zeer beperkt bewerkbaar of berijdbaar |
| 3.2 | Zeer groot teeltrisico; vochttekort |
| 3.3 | Zeer groot teeltrisico; overstromingsgevaar |

Tabel 9 Kenmerken van de geschiktheidsklassen voor akkerbouw zoals toegepast in Noord-Brabant

| Mate van geschiktheid | Mate van gebruiksbeperkingen | alleen op klei | | | zand of kleigronden | | alleen op zand | |
|-----------------------|------------------------------|----------------------|----------|-------------------|----------------------------------|-----|----------------|--|
| | | te droog of te zwaar | te droog | te nat of te slap | te droog, te schraal, of te slap | | | |
| Goed | Geen | 1.1 | | | | | 1.3 | |
| Goed | Enigszins | 1.2 | | | | | 1.4 | |
| Redelijk | Matig | 2.2 | | | 2.3 | 2.1 | | |
| | | (te zwaar) | | | | | | |
| Matig | Sterk | | | | 3.2 | 3.1 | | |
| Gering | Zeer sterk | | | | 4.2 | 4.1 | | |

Tabel 10 Bodemgeschiktheidsklassen voor boomkwekerijen volgens WIB-C

| Klasse | Klasseomschrijving |
|----------|--|
| 1 | Gronden met ruime mogelijkheden |
| 1.1 | Goed ontwaterd, groot vochtleverend vermogen en een goed bewerkbare bovengrond >30 cm zonder vrije koolzure kalk (pH<6.5, zuur) |
| 1.2 | Idem, bovengrond <30 cm, pH<6.5 zuur |
| 1.3 | Idem, bovengrond >30 cm, pH>6.5 neutraal |
| 1.4 | Idem, bovengrond <30 cm, pH>6.5 |
| 2 | Gronden met beperkte mogelijkheden |
| 2.1 | Bovengrond >30 cm; matig teeltrisico vanwege 1 beperkende factor (ontwatering, vochtleverend vermogen, slemp- of stuifgevoeligheid) |
| 2.2 | Bovengrond <30 cm; matig teeltrisico vanwege 1 beperkende factor (ontwatering, vochtleverend vermogen, slemp- of stuifgevoeligheid) |
| 2.3 | Bovengrond >30 cm; matig teeltrisico vanwege 2 beperkende factoren (ontwatering, vochtleverend vermogen, slemp- of stuifgevoeligheid, hoge pH) |
| 2.4 | Bovengrond <30 cm; matig teeltrisico vanwege 2 beperkende factoren (ontwatering, vochtleverend vermogen, slemp- of stuifgevoeligheid, hoge pH) |
| 3 | Gronden met weinig mogelijkheden |
| | Gronden met ernstige beperkingen |

De klassenindeling voor boomkwekerijen is afwijkend van die voor akkerbouw. Nieuwe criteria, zoals dikte van de bovengrond en de zuurgraad van de bodem (Tabel 3), zijn gehanteerd. De voor Noord-Brabant gehanteerde klassenindeling voor boomkwekerijen is weergegeven in Tabel 11. In deze tabel houden lichte beperkingen verband met droogte, natheid, stuif- of slemp-gevoeligheid. Zware beperkingen zijn veel te nat, veel te droog of slecht bewerkbaar (verkruijmelbaar).

Tabel 11 Systematiek van de geschiktheidsklassen voor boomkwekerijen (WIB-C en Noord-Brabant)

| Mate van geschiktheid | Aantal en ernst van beperkingen | zand zuur | | klei basisch | |
|-----------------------|---------------------------------|-----------|-----|--------------|-----|
| | | dik | dun | dik | dun |
| Ruim | Geen | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
| Beperkt | 1 lichte | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 |
| Beperkt | 2 lichte | 2.3 | 2.4 | 2.3 | 2.4 |
| Weinig | 1 zware of 3 lichte of meer | 3 | 3 | 3 | 3 |

2.5 Het instrument BODEGA

2.5.1 Doel en functie

Het acronym BODEGA staat voor BODEmGeschiktheidsApplicatie. Het is een computerapplicatie die ontworpen is voor het bepalen van de bodemgeschiktheid voor akker- en weide- en tuinbouw volgens de WIB-C methode. BODEGA kwam voort uit de wens om het proces van waarderen van gronden in het kader van landinrichtingsprojecten van de Dienst Landelijke Gebieden (DLG) meer inzichtelijk, flexibel en reproduceerbaar te maken.

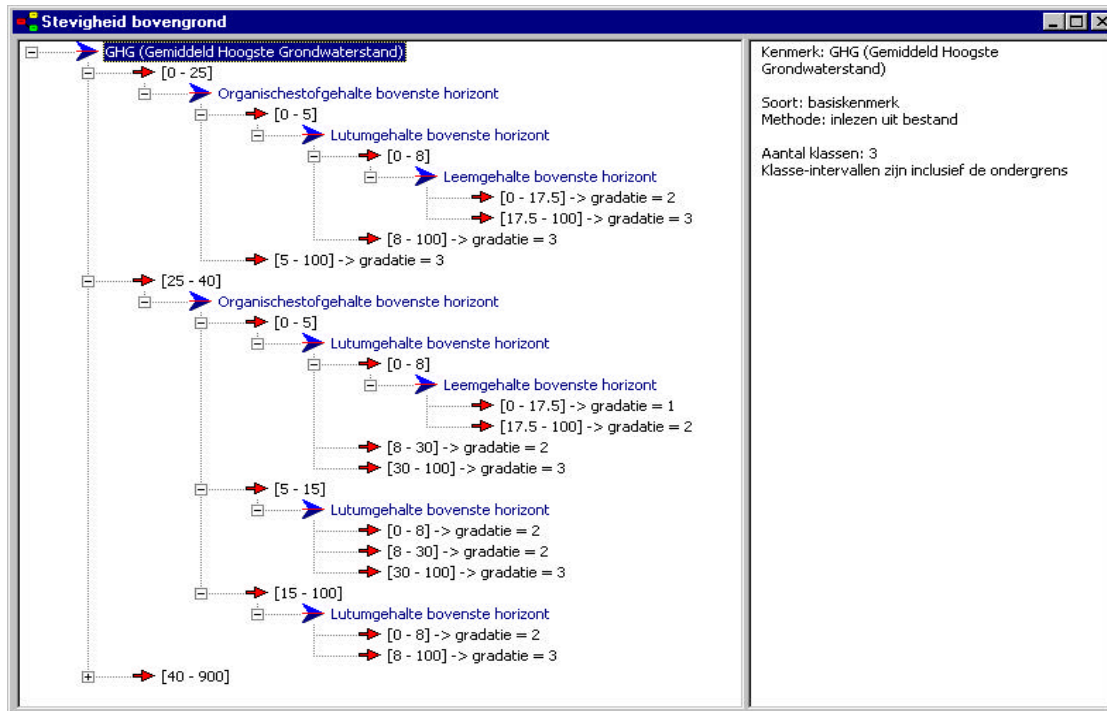
BODEGA draait in een PC-Windows-omgeving, waarin voor de BODEGA gebruiker menuschermen beschikbaar zijn, om beslisbomen te ontwerpen en te bewerken, om berekeningen te starten, om resultaten te exporteren en om uitkomsten na te lopen. De kennis uit het WIB-C-systeem is in BODEGA opgenomen (Boogaard en Otjens, 2000). Het is daarmee een interactieve Windows-versie van WIB-C.

2.5.2 Methodiek van BODEGA

BODEGA bepaalt voor elke bodem-Gt combinatie van de bodemkaart de geschiktheidsklasse voor een gegeven vorm van landgebruik. Voor de bodem-Gt kaarten dient wel een volledige set basiskenmerken bekend te zijn, die als invoer voor BODEGA nodig zijn. Hieruit bepaalt BODEGA eerst de gradatie van elke relevante beoordelingsfactor, en daaruit in een tweede slag de bodemgeschiktheidsklasse voor de bepaalde landgebruiksvorm. Voor elke bewerkingsslag zijn kennisregels nodig, of beslisregels die volgens Booleaanse logica zijn opgebouwd en stelsels van 'if ... then...else....' classificatieregels vormen, die kunnen worden weergegeven als beslisbomen. Behalve het toepassen van classificatieregels kan BODEGA gewichten toekennen in de vorm van vermenigvuldigingsfactoren, of aftrekpunten in rekening brengen. Een voorwaarde voor het toepassen van BODEGA is dat de kennisregels zijn opgenomen in de kennisdatabase van BODEGA, waarin inhoudelijke vakkennis is vastgelegd. De kennisdatabase is gescheiden van BODEGA's technische applicatie, waarin het rekenmodel is opgenomen, dat de beslisregels toepast.

De technische applicatie bevat ook mogelijkheden om beslisregels in de kennisdatabase toe te voegen of te wijzigen. BODEGA is in eerste instantie ontwikkeld voor het interactief bepalen van de bodemgeschiktheid, maar de technische applicatie is zo generiek opgebouwd, dat het voor allerlei classificatietoepassingen gebruikt kan worden, ook buiten de bodemgeschiktheid. Er moet dan wel steeds eerst een kennisdatabase worden opgebouwd. In het algemeen kun je met BODEGA op een eenvoudige, gebruiksvriendelijke en interactieve wijze kwalitatieve booleaanse kennis (zoals beslisregels en classificaties) ontwerpen, presenteren, aanpassen, beheren en toepassen. BODEGA kan daarom een digitaal kennissysteem genoemd worden. In deze studie gaat het uitsluitend om de bodemgeschiktheidsapplicatie volgens een variant op WIB-C.

Met BODEGA kun je de bodemgeschiktheid voor gronden afleiden en de afleiding inzichtelijk maken. Daarnaast kun je de kennis over bodemgeschiktheid uitbreiden met eigen (regionale) kennis en kun je je eigen weging van beoordelingsfactoren maken. Figuur 2 toont een scherm met beslisboom voor de beoordelingsfactor Stevigheid van de bovengrond. Uit het bovenste stuk van de beslisboom kun je de volgende classificatieregels teruglezen: 'indien de gemiddelde hoogste grondwaterstand ligt tussen 0 en 25 cm, en de bovengrond bevat minder dan 5% organische stof en minder dan 8% lutum en minder dan 17,5% leem, dan is de gradatie voor de Stevigheid van de bovengrond gelijk aan 2 (matige stevigheid). Wanneer het leemgehalte hoger is dan 17,5% of het lutumgehalte boven de 8%, dan is de gradatie 3 (geringe stevigheid)'.



Figuur 2 Voorbeeld van beslisboom voor de beoordelingsfactor Stevigheid van de bovengrond.

2.5.3 Inhoud en beheer van BODEGA

Vanwege de twee duidelijk verschillende onderdelen in BODEGA, de applicatie en de kennis, is het versiebeheer ook gescheiden. Afsproken is om het versienummer van de technische applicatie steeds als eerste te noemen, gevolgd door het versienummer van de vakinhoudelijke kennis. In deze studie is BODEGA 2.1/1.0.2.0 gebruikt. De vakinhoudelijke kennis is het WIB-C-systeem beschreven door (Haans, 1979; Soesbergen et al., 1986; Ten Cate et al., 1995b) inclusief verbeteringen ingevoerd door Hendriks et al. (1999) en wordt aangeduid met versienummer 1.0. Omdat in onderhavige studie de kennis verder is uitgebreid en verfijnd, spreken we van kennis versie 1.0.2.0. De verfijning geldt uitsluitend voor de vertaling van beoordelingsfactoren naar een geschiktheid voor weidebouw en akkerbouw. Deze twee beslisbomen geven meer onderscheid voor de drogere gronden. In kennisversie 1.0 worden de gradaties 4 en 5 over een kam geschoren, terwijl in deze studie hier wel onderscheid wordt gemaakt. Daarnaast heeft een uitbreiding plaatsgevonden om de milieu-effecten van agrarische landgebruik mee te wegen (zie paragraaf betreffende bodembeoordeling).

2.6 Gebruikte gegevens

2.6.1 Bronbestanden: bodemkaart, Gt kaart

De bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is een van de belangrijkste bronbestanden voor deze studie. Noord-Brabant beslaat 17 kaartbladen die met toelichtingen zijn

uitgekomen tussen 1961 en 1984, waarvan de helft in de periode 1981 en 1984. De bodemkaart geeft informatie over bodemeenheid en grondwatertrap (Gt). De bodemeenheid wordt in de legenda aangegeven met een code die op het hoogste niveau met hoofdletters grondsoorten aangeeft, waarvan in Noord-Brabant de podzolgronden (H en Y), dikke eerdgronden (bijvoorbeeld EZ), leemgronden (L), veengronden (V), moerige gronden (W), zeekleigronden (M), rivierkleigronden (R), oude kleigronden (KR) de belangrijkste zijn. Vervolgens worden met kleine letters voor en/of na de hoofdletter(s) onderverdelingen aangebracht, bijvoorbeeld Hn veldpodzol, en bEZ hoge bruine enkeerdgrond. Met cijfers achter de letters worden de textuurklasse en eventueel profielverloop aangegeven, bijvoorbeeld Hn23 heeft lemig fijn zand, Hn21 leemarm fijn zand, en Hn30 grof zand. De gekarteerde bodemeigenschappen zijn over het algemeen vrij permanent aanwezig en meetbaar. Alleen in het geval van egalisatie en diepe grondbewerking worden de bodemprofielen onherkenbaar veranderd.

De grondwatertrap geeft informatie over de diepte van het grondwater en het verloop ervan door het jaar. Omdat de grondwaterstand fluctueert met de toevallige weer- en seizoenomstandigheden, is de grondwatertrap niet direct meetbaar, en moet worden afgeleid van een langjarige reeks waarnemingen. Het grondwaterregime wordt vervolgens geschematiseerd beschreven met een gemiddelde hoogste stand in het voorjaar (GHG) en een gemiddeld laagste stand aan het einde van de zomer (GLG). Sinds het begin van de karteringen is de indeling in grondwatertrappen twee keer aangepast. Tenslotte zijn de grondwaterstanden in de zandgebieden over de afgelopen 40 jaar vrijwel overal systematisch gedaald door landinrichtingswerken en grondwateronttrekking. Op de bodemkaarten van Noord-Brabant is voor de grondwatertrappen de Gt-indeling van 1977 aangehouden, behalve voor het uiterste noordwesten en in het zuidoosten, waar alles dat zuidelijker ligt dan Valkenswaard nog met de oorspronkelijke indeling van 1960 gekarteerd is.

Ieder kaartvlak heeft minstens een bodemeenheid en een Gt klasse. Daarnaast zijn er samengestelde eenheden, associaties genaamd, die worden onderscheiden bij sterke afwisseling op korte afstand. De ruimtelijke verdeling is dan te complex om de verschillende eenheden afzonderlijk in kaart te brengen. Bij GIS-bewerkingen zoals kaartoverlaying zijn associaties soms lastig om rekening mee te houden. Naast de formele legenda-eenheden draagt de bodemkaart ook informatie over de ruimtelijke patronen van de landschappelijke eenheden (geomorfologie) en van de geologische opbouw van het land. Voor andere bronnen van informatie over de bodems in Noord-Brabant, zie Van Diepen (1968) en Provincie Noord-Brabant (2000b).

2.6.2 Grove actualisatie van grondwatertrappen

Om te kunnen rekenen met grondwatertrappen, dienen de klassen van grondwatertrappen (associaties) naar gemiddelde waarden voor GHG en GLG omgezet te worden. Deze vertaling gebeurde voorheen met de kengetallen van Van der Sluis (Van der Sluis, 1990). De waarden die hierin genoemd worden, zijn

inmiddels verouderd. Dit komt vooral door de algemeen geldende tendens dat de gronden in Nederland de laatste decennia droger geworden zijn.

Een goede methode om de gemiddelde GHG-/GLG-waarden voor de verschillende grondwatertrappen (Gt-strata) vast te stellen, is het aselekt meten op voldoende plaatsen binnen de Gt-strata. Dit is gebeurd voor het project 'Landelijke Steekproef Kaartbladen' (LSK) (Visschers, 1997 en 1998 & Van der Loo, 1997 en 1998). Per Gt-stratum zijn, afhankelijk van de bijbehorende arealen, een aantal steekproeven door geheel Nederland genomen. De uitkomsten van de GHG-/GLG-waarden zijn opgeslagen in een datamodel. Voor deze studie zijn alleen de GHG-/GLG-waarden van de steekproeven gebruikt die relevant zijn voor de provincie Noord-Brabant. De steekproeven zijn binnen het datamodel nog niet te selecteren per provincie, maar wel via coördinaten. Om de steekproeven van de provincie Noord-Brabant te selecteren, hebben we een rechthoek om de provincie gelegd en alle steekproeven binnen dit blok geselecteerd. De gemiddelde GHG-/GLG-waarden uit dit blok staan in Tabel 12.

Enkele problemen die hierbij optraden waren:

- Gt I heeft binnen Noord-Brabant te weinig waarnemingen voor een betrouwbare subset; om dit probleem op te lossen, hebben we voor dit Gt-stratum de hele Nederlandse set moeten gebruiken.
- Gt IV was nog niet klaar; hierdoor hebben we voor dit Gt-stratum alleen veldschattingen gebruikt.
- Op de bodem-/grondwatertrappenkaart bestaan nauwkeuriger klasse-indelingen binnen Gt-strata dan bij de 'Landelijke Steekproef Kaartbladen' onderscheiden zijn, bijv. Gt III en III*; om toch de extra informatie van de grondwatertrappenkaart te kunnen gebruiken, hebben we de volgende formules opgesteld:

$$\begin{aligned} \text{GHG_waarde_III} &= \text{GHG_LSK} - \text{oppervlakte_fractie_III*} \times \text{bandbreedte} \\ \text{GLG_waarde_III} &= \text{GLG_LSK} - \text{oppervlakte_fractie_III*} \times \text{bandbreedte} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GHG_waarde_III*} &= \text{GHG_LSK} + \text{oppervlakte_fractie_III} \times \text{bandbreedte} \\ \text{GLG_waarde_III*} &= \text{GLG_LSK} + \text{oppervlakte_fractie_III} \times \text{bandbreedte} \end{aligned}$$

Waarbij:

$$\begin{aligned} \text{GHG_LSK} &= \text{de GHG-waarde voor Gt III volgens de LSK-methode} \\ \text{GLG_LSK} &= \text{de GLG-waarde voor Gt III volgens de LSK-methode} \\ \text{oppervlakte_fractie_III} &= \text{oppervlakte van Gt-stratum III / oppervlakte van Gt-stratum III + III*} \\ \text{oppervlakte_fractie_III*} &= \text{oppervlakte van Gt-stratum III* / oppervlakte van Gt-stratum III + III*} \\ \text{bandbreedte} &= \text{(gem. GHG_traject van Gt III* - gem GHG_traject van Gt III) / 2:} \\ &\quad \text{(bandbreedte bij Gt II, III en V: voor GHG = 10 cm; bandbreedte voor GLG = 5 cm)} \\ &\quad \text{(bandbreedte bij Gt VII: voor GHG en GLG = 200 cm)} \end{aligned}$$

Tabel 12. Gemiddelde GHG- en GLG-waarden per grondwatertrap voor de provincie Noord-Brabant (Vischers, 1997 en 1998 & Van der Loo, 1997 en 1998)

| Gt | GHG | GLG | Bijzonderheden | N | Opp (ha) |
|------|-----|-----|--|-----|----------|
| I | 22 | 68 | Gemiddelde van geheel Nederland! | 115 | 458 |
| II | 26 | 86 | - | 10 | 6.921 |
| Iia | - | - | Niet onderscheiden bij 1 : 50 000 | - | - |
| Iib | 36 | 91 | - | - | 751 |
| III | 45 | 108 | - | 34 | 42.976 |
| IIIa | - | - | Niet onderscheiden bij 1 : 50 000 | - | - |
| IIIb | 55 | 113 | - | - | 22.269 |
| IV | 60 | 120 | Geen LSK maar gebaseerd op veldkenmerken | 21 | 24.550 |
| V | 59 | 158 | - | 45 | 46.961 |
| Va | - | - | Niet onderscheiden bij 1 : 50 000 | - | - |
| Vb | 69 | 163 | - | - | 38.091 |
| VI | 82 | 161 | - | 51 | 134.831 |
| VII | 160 | 271 | - | 39 | 59.997 |
| VIIa | - | - | Niet onderscheiden bij 1 : 50 000 | - | - |
| VIIb | 560 | 667 | - | - | 34.438 |

Vergelijking van de grondwaterstanden per gekarteerde Gt-klasse op basis van LSK met de oorspronkelijke kengetallen volgens van der Sluijs laat zien dat de GHG voor de meeste klassen 20 tot 30 cm gezakt is, en voor GtVII wel 60 cm (Tabel 13). De daling in GLG lijkt in absolute termen iets minder hevig: 5 tot 30 cm. Of anders gezegd, het verschil in grondwaterstandsdiepte tussen GHG en GLG is eerder afgenomen dan toegenomen. De grondwaterstand is over de hele linie gedaald, en de seizoensschommelingen tussen de GHG en GLG zijn over het algemeen niet groter geworden. Een goede verklaring kan alleen vanuit de hydrologie gegeven worden met regionale waterbalansen, waarin de verhouding tussen oppervlakkige afvoer, infiltratie en grondwateronttrekking wordt meegenomen. Maar kennelijk werken de veranderingen door verbeterde drainage tijdens de winterperiode sterker door dan de verhoogde onttrekkingen. De op basis van LSK afgeleide grondwaterstanden zullen in 2002 vervangen kunnen worden door de resultaten van de nu lopende Gt actualisatie (Finke et al., 1998). De grondwaterstands daling die over de laatste 30 tot 40 jaar heeft plaatsgevonden, heeft dus tot gevolg dat het anno 2000 heersende Gt-regime één Gt-klasse naar de droge kant is opgeschoven ten opzicht van de gekarteerde Gt.

De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde hoogste grondwaterstanden is weergegeven in Kaart 3.2. Deze kaart geeft helder aan waar de beekdalen worden gevonden, namelijk in die gebieden waar ondiepe grondwaterstanden worden waargenomen (blauwe aderen op de kaart). Daarnaast zijn er ook specifieke kwelgebieden zichtbaar, zoals enige blauwe plekken in West-Brabant in de lijn Halsteren-Waalwijk op de overgang van zand naar klei, en in Oost-Brabant langs de Peelrandbreuk in de lijn Oss-Helmond en enige plekken op de Peelhorst en ten oosten ervan. Ook de hoge ruggen met de diepe grondwaterstanden komen in grote delen van Noord-Brabant voor (in rood).

Tabel 13 De gemiddelde GHG- en GLG-waarden per grondwatertrap volgens de tabellen van van der Sluijs (1990) voor heel Nederland en de uit de LSK gegevens geschatte waarden voor de provincie Noord-Brabant (Vischers, 1997 en 1998 & Van der Loo, 1997 en 1998)

| Gt | LSK | | Sluijs | | Gt-definitie | |
|------|---------|---------|---------|---------|--------------------|--------------------|
| | Gem GHG | gem GLG | gem GHG | gem GLG | klasse breedte GHG | klasse breedte GLG |
| I | 22 | 68 | 0 | 38 | 0- 20 | <50 |
| II | 26 | 86 | 7 | 66 | 0- 30 | 50- 80 |
| Iia | - | - | | | | |
| Iib | 36 | 91 | 32 | 67 | 25- 40 | 50- 80 |
| III | 45 | 108 | 17 | 103 | 0- 25/40 | 80-120 |
| IIIa | - | - | | | | |
| IIIb | 55 | 113 | 32 | 102 | 25- 40 | 80-120 |
| IV | 60 | 120 | 56 | 104 | 40- 80 | 80-120 |
| V | 59 | 158 | 17 | 135 | 0- 25/40 | >120 |
| Va | - | - | | | | |
| Vb | 69 | 163 | 32 | 142 | 25- 40 | >120 |
| VI | 82 | 161 | 61 | 155 | 40- 80 | >120 |
| VII | 160 | 271 | 101 | 190 | 80-140 | >120 |
| VIIa | - | - | | | | |
| VIIb | 560 | 667 | 185 | 281 | >140 | >160 |

2.6.3 Gegevensbewerking voor de bodemgeschiktheidsbepaling

Voor 329 belangrijke eenheden (eenheden > 500 ha) van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1: 50000 zijn profielschetsen gemaakt (De Vries, 1999). Deze profielschetsen worden gebruikt om invoergegevens te genereren voor BODEGA (zie Bijlage 3). Alle overige kleinere eenheden van de eerder genoemde bodemkaart zijn op basis van verwantschap gekoppeld aan één van de 329 profielschetsen. De beschrijving geldt voor de bodemeenheid, dus los van de grondwatertrap.

Elk kaartvlak in Noord-Brabant wordt via een aml-procedure gekoppeld met één van deze 329 profielschetsen. Van de 9244 kaartvlakken in Noord-Brabant hebben 8242 kaartvlakken een volledige beschrijving: zowel bodem als grondwatertrap. De beschrijving betreft kenmerken zoals:

- textuur (per horizont)
- organische stofgehalte (per horizont)
- kalkgehalte (per horizont)
- GHG, GLG
- effectieve bewortelingsdiepte

Voor de huidige hydrologische situatie zijn de grondwatertrappen vertaald in een GHG en GLG volgens de methode beschreven in Bijlage 3. In geval van de referentie situatie voor 1850 (Hydrologie 1850) is gebruik gemaakt van gegevens van het RIZA die vervolgens zijn verwerkt tot GHG en GLG per kaartvlak.

Voor de landgebruikvormen weidebouw, akkerbouw en boomkwekerijen zijn voor elke profielschets effectieve bewortelingsdiepten ingeschat aan de hand van de richtlijnen uit de handleiding Bodemgeografisch onderzoek (Ten Cate et al., 1995).

Deze richtlijnen worden gegeven voor een zeventigtal legenda-eenheden. De gegeven waarden voor maximale bewortelingsdiepte bij goede ontwatering worden per groep legenda-eenheden samengevat in Tabel 14. Sommige kaarteenheden met een grote verbreiding hebben meerdere profielschetsen voor verschillende landgebruikvormen. Bijvoorbeeld Hn21 voor weidebouw, akkerbouw en bos.

Tabel 14 Effectieve bewortelingsdiepten voor de verschillende bodemtypen bij goede ontwatering

| Grondsoort | Bewortelbare diepte (cm) | effectieve bewortelingsdiepte (cm – maaiveld) | | | |
|---------------|--------------------------|---|-----------|----------------|-----------|
| | | gras | | akkerbouw | |
| | | norm gemiddeld | spreiding | norm gemiddeld | spreiding |
| Veengrond | 20- 40 | 15-30 | 10-40 | - | - |
| Moerige grond | 25- 40 | 20-25 | 15-40 | 25-30 | 20- 40 |
| Zandgrond | 25-100 | 20-50 | 15-80 | 25-80 | 20-100 |
| Zavel/klei | 30-100 | 25-40 | 20-60 | 30-90 | 30-100 |

De eerder genoemde aml-procedure maakt per landgebruikvorm twee bestanden aan, het eerste met informatie over de het bodemprofiel, en profielopbouw in horizonten, het tweede geeft eigenschappen van elke horizont.

Deze twee bestanden vormen de invoer voor een pre-processing programma die deze gegevens bewerkt tot geschikte invoer voor BODEGA. Het pre-processing programma (BP_BODEGA 1.0) bestaat uit:

- controles
- vertalen horizonten in bodemfysische profiel
- berekenen van de kritieke stijghoogte (zie Bijlage 3)
- afleiden van eigenschappen van de bovenste horizont
- bepalen grondsoort
- bepalen vochtbergend vermogen van de effectieve bewortelingsdiepte
- afleiden kalkgehalte
- bepalen dikte van de bovengrond

Om de pre-processing te kunnen uitvoeren leest BP_BODEGA gegevens in uit nog twee andere bestanden: een die de bodemfysische kenmerken beschrijft van de bodemfysische bouwstenen waaruit het profiel (met zijn horizonten) is opgebouwd en een bestand die aangeeft welke methodische opties waaruit binnen BODEGA moet worden gekozen, van toepassing zijn. Het eindresultaat van de pre-processing is een bestand, waarin voor een bepaalde vorm van landgebruik voor elke bodemeenheid van de bodemkaart de bodemkenmerken gespecificeerd staan, die nodig zijn om de beoordelingsfactoren en de bodemgeschiktheid vast te stellen. In Bijlage 3 zijn de in- en uitvoergegevens en tussenliggende bewerkingen beschreven.

2.7 Toepassingsmogelijkheden

De kaarten van de afzonderlijke bodembeoordelingsfactoren en de bodemgeschiktheidskaarten groeperen gronden met vergelijkbare gebruiks-mogelijkheden. Ze vormen een hulpmiddel voor het begrenzen van:

1. perspectiefgebieden voor grondgebonden landbouw, uitgaande van een beperkt gebruik aan hulpmiddelen, met name zonder toepassing van berekening.
2. zoekgebieden voor de niet-grondgebonden functies (woningbouw, glastuinbouw, e.d.)

De kaarten geven een provinciedekkend beeld van de bodemgeschiktheid en van de factoren die aan de geschiktheidsbeoordeling ten grondslag liggen. De toegepaste geschiktheidswaardering bevat geen factor voor ruimtelijke samenhang, omvang en aaneengeslotenheid van de kaarteenheden, die voor de ruimtelijke ordening echter wel van belang zijn. Aspecten als uitgestrektheid en versnippering, uniformiteit en heterogeniteit, kunnen wel uit het kaartbeeld geïnterpreteerd worden, maar een visualisatie ervan valt buiten het bestek van deze studie. Een aantal voorbeelden van toepassingsmogelijkheden van BODEGA zijn beschreven door Boogaard (1998) en Boogaard & Kiestra (1999).

2.8 Resultaten voor huidige hydrologie

De bodemgeschiktheid is bepaald voor de drie vormen van landgebruik bij de huidige hydrologische situatie. Deze laat een iets verdroogde situatie te zien ten opzichte van de gekarteerde toestand van 30 jaar geleden. De bodemgeschiktheidsresultaten worden hieronder beschreven uitgesplitst naar landgebruiksvorm. Deze resultaten kunnen worden vergeleken met die voor de natuurlijke hydrologische situatie (Sectie 2.9), waarvoor als referentiebeeld de hydrologie van 1850 is genomen, zoals beschreven in het project Waterdoelen (Provincie Noord-Brabant, 2000a).

Van de 500 000 ha in Noord-Brabant is voor bijna 440 000 ha de bodemgeschiktheid bepaald voor de drie vormen van landgebruik. De resterende 61 000 hectare is niet beoordeeld omdat het bebouwd gebied of wateroppervlakte betreft, of omdat gegevens van de grondwatersituatie ontbreken. Het beoordeelde areaal dekt dus ongeveer al het land in het landelijk gebied van de provincie. De resultaten worden weergegeven als bodemgeschiktheidskaarten per landgebruiksvorm (Kaart 3.20 voor weidebouw, Kaart 3.25 voor akkerbouw en Kaart 3.34 voor boomkwekerijen), en als tabellen van de bijbehorende oppervlakteverdeling van geschiktheidsklassen over de provincie (zie verderop).

De gradaties van verschillende beoordelingsfactoren geven via een set beslisregels aan in hoeverre een bodem geschikt is voor een bepaalde vorm van landgebruik (zie Sectie 2.1.4). De ruimtelijke verdeling van een aantal beoordelingsfactoren bij de huidige hydrologische situatie in Noord-Brabant die de bodemgeschiktheid voor diverse vormen van grondgebruik bepalen, zijn gegeven. Het gaat om de ontwateringstoestand van de bodem (Kaart 3.17), de stevigheid van de bovengrond voor agrarische toepassingen (Kaart 3.18), het vochtleverend vermogen van de bodem onder grasland en bouwland (Kaarten 3.19.0 en 3.21.0), en het aantal dagen dat een capillaire flux van meer dan 1 mm of 2 mm per dag kan worden gehandhaafd onder resp. grasland (Kaarten 3.19.1 en 3.19.2) en bouwland (Kaarten 3.21.1 en

3.21.2). Voor de akkerbouw zijn ook de verkruielbaarheid (Kaart 3.22), de stuifgevoeligheid (Kaart 3.23), en de slempgevoeligheid van de bodem (Kaart 3.24) van belang. Uit deze kaarten blijkt dat de bodemgeschiktheid voor zowel grasland als bouwland (zonder berekening) bij de huidige hydrologische situatie beperkt wordt door een gering vochtleverend vermogen van de bodem (Kaarten 3.19.0 en 3.21.0), zowel vanwege een gering vochtvasthoudend vermogen van de zandgronden, een diepe grondwaterstand in de helft van Noord-Brabant (Kaart 3.2), en de beperkte vochnalevering via capillaire opstijging (Kaarten 3.19.2 en 3.21.2). Voor de akkerbouw wordt de bodemgeschiktheid ook beperkt door de moeilijke verkruielbaarheid van de kleigronden in het noordelijke deel van Noord-Brabant (Kaart 3.22) en de stuifgevoeligheid van de zandgronden (Kaart 3.23). De ontwateringstoestand van de bodem (Kaart 3.17) en de stevigheid van de bovengrond (Kaart 3.18) zijn wel goed (met name vanwege de matig diepe grondwaterstand in combinatie met de grove bodemtextuur in de meeste delen van Noord-Brabant) en zeer geschikt voor agrarische toepassingen.

Voor boomkwekerijen wordt de bodemgeschiktheid bepaald door dezelfde beoordelingsfactoren als die bij akkerbouw (Sectie 2.1.4). Er zijn echter een aantal extra factoren meegenomen die specifiek van belang zijn voor de boomkwekerijen. Het gaat hierbij om een lage pH van de grond en een dikke bovengrond die bovendien iets lemig of kleilig is. Deze lemigheid is van belang om dat het resulteert in een samenhangende wortelkluif. Verder is een goed vochtleverend vermogen van de bodem belangrijk vanwege het relatief kleine wortelstelsel van jonge bomen. Meer informatie over de specifieke eisen van boomkwekerijen is te vinden in Sectie 2.8.4. De ruimtelijke verdeling van deze factoren bij de huidige hydrologische situatie in Noord-Brabant die de bodemgeschiktheid voor de boomkwekerij bepalen, zijn gegeven. Het gaat om de zuurgraad van de bodem (Kaart 3.32), de dikte van de bovengrond (Kaart 3.33), het vochtleverend vermogen van de bodem (Kaart 3.35.0), en de lemige zandgronden en leemgronden in Noord-Brabant (Kaart 3.36). Uit deze kaarten blijkt dat de bodemgeschiktheid voor boomkwekerijen beperkt wordt door een te hoge pH in de mariene kleien in Noord-west Brabant (Kaart 3.32), een te dunne bovengrond in de helft van de zandgronden in Noord-Brabant (Kaart 3.33), een gering tot matig vochtleverend vermogen van de bodem in de meeste zandgronden (Kaart 3.35.0).

2.8.1 Bodemgeschiktheid voor weidebouw

De bodemgeschiktheid voor weidebouw is weergegeven op de kaart van Kaart 3.20. Het gaat om weidebouw zonder toepassing van berekening. De oppervlakteverdeling over de vier hoofdklassen en de verdere onderverdeling naar type van beperking is weergegeven in Tabel 15. De klasse 4 is voor deze studie van de oorspronkelijke WIB-C klasse 3 afgesplitst, om de minst geschikte gronden te kunnen onderscheiden.

Tabel 15 Bodemgeschiktheid voor weidebouw zonder berekening voor de hele provincie Noord-Brabant, weergegeven in hectares per subklasse (Tabel 15A), en in percentage van het areaal landelijk gebied per subklasse (Tabel 15B)

Tabel 15A Bodemgeschiktheid weidebouw in aantal hectares per subklasse

| Mate van geschiktheid | Ernst van beperkingen | Type beperkingen (subklassen) | | | | totaal |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------|----------|--------------------|--------|
| | | geen | droog | slap/nat | droog/ slap/nat | |
| Goed | 1 Gering | 23219 | 51312 | 3466 | 2039 | 80036 |
| Redelijk | 2 Matig | | 58797 | 691 | 14211 | 73699 |
| Matig | 3 Sterk | | 204430 | 1083 | 7560 | 213073 |
| Gering | 4 Zeer sterk | | 60842 | 3288 | 8410 | 72540 |
| | Totaal | 23219 | 375381 | 8528 | 32220 | 439348 |

Tabel 15B Bodemgeschiktheid weidebouw als percentage van het areaal landelijk gebied per subklasse

| Mate van geschiktheid | Ernst van beperkingen | Type beperkingen (subklassen) | | | | totaal |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-------|----------|--------------------|--------|
| | | geen | droog | slap/nat | droog/ slap/nat | |
| Goed | 1 Gering | 5,3 | 11,7 | 0,8 | 0,5 | 18,2 |
| Redelijk | 2 Matig | | 13,4 | 0,2 | 3,2 | 16,8 |
| Matig | 3 Sterk | | 46,5 | 0,2 | 1,7 | 48,5 |
| Gering | 4 Zeer sterk | | 13,8 | 0,7 | 1,9 | 16,5 |
| | Totaal | 5,3 | 85,4 | 1,9 | 7,3 | 100,0 |

Volgens de WIB-C criteria vormt 'droogte' verreweg de ernstigste beperking voor de weidebouw in Noord-Brabant, omdat het vochtleverend vermogen voor grote delen van de provincie gewaardeerd wordt als gering (klassen 4 en 5, zie Kaart 3.19.0). Dit beeld is in de huidige situatie nog ongunstiger dan de traditionele inschatting gebaseerd op de gekarteerde grondwatertrappen van rond 1970, die dankzij ondieper grondwater over het algemeen een gunstiger vochtleverend vermogen aangeeft, wat tot een hogere geschiktheid en een gevarieerder kaartbeeld zou leiden.

De gronden in de twee beste klassen (goed en redelijk geschikt) nemen 36 procent van het oppervlakte in, vrijwel gelijk verdeeld over beide klassen. Ook binnen deze klassen domineert droogte als subklasse bepalende factor, vanwege lichte of matige beperkingen in het vochtleverend vermogen.

Van alle beoordeelde gronden is slechts 5 procent geclassificeerd als zijnde zonder beperkingen. Het betreft vooral vochtige zand(eerd)gronden in beekdalen en in de Langstraat met GHG tussen 50 en 70 cm. De overige drie subklassen met lichte beperkingen beslaan 12,5% van de provincie, grotendeels vanwege licht droogterisico, op iets hogere posities in het landschap, voor een klein deel op de nattere plekken, waar natheid en slapte van het terrein de grootste problemen vormen.

De gronden met matige beperkingen (redelijk geschikt) komen overal verspreid voor. In het zandgebied zijn het gronden met redelijk vochthoudend vermogen, zoals de lemige zandgronden rond Wouw en Oudenbosch, of gronden met niet al te diep

grondwater, zoals de leemarme zandgronden ten zuidoosten van Den Bosch en bij Someren. In het zeekleigebied zijn de redelijk geschikte gronden vrij sterk vertegenwoordigd. Over het algemeen zijn de zeekleigronden inclusief de zavelnauwelijks beter beoordeeld voor weidebouw dan de zandgronden, terwijl met name de zavelgronden bekend staan om hun goede vochtleverantie. In vergelijking met zandgronden loopt de capillaire nalevering van vocht in zavelgronden bij langdurige droogte niet zo snel terug en gaat op een laag niveau veel langer door. In de beoordeling volgens WIB-C komt dit niet tot zijn recht, vanwege een versimpeld beoordelingscriterium, die ervan uitgaat dat gedurende het groeiseizoen een capillaire levering van 2 mm per dag een minimum is. Wat er daarna nog geleverd wordt, wordt niet meegeteld in WIB-C. Volgens dit criterium scoren veel zand- en zavelgronden ongeveer even goed, afhankelijk van de grondwatertrap. Wanneer als criterium de grens van 1 mm per dag wordt gebruikt, dan kunnen zavelgronden over een langere periode vocht leveren dan zandgronden. Kaarten 3.19. 1 en 3.19.2 laten zien tot welke dag in het groeiseizoen (dagnr. sinds 1 april) een capillaire vochtstroom van 1 mm resp 2 mm per dag vanuit het grondwater aan de onderkant van de wortelzone onder grasland kan worden geleverd. Na het afbreken van de 2 mm vochtstroom duurt het in zavelgronden veel langer dan in zandgronden totdat de levering beneden de 1 mm per dag zakt.

In de klasse 'matig geschikt vanwege sterke beperkingen' zit de grootste subklasse '3.2 matig geschikt vanwege droogte' die 46 procent van het oppervlakte inneemt, en die in alle landschapstypen voorkomt. Het komt bij de zandgronden globaal overeen met een GHG tussen 60 en 90 cm (zie Kaart 3.2), wat met de droge kant van GtVI overeenkomt. In de kleigebieden zijn het vooral klei op zand profielen met GHG dieper dan 80 cm. De relatief kleine oppervlakten van matig geschikte gronden die drassigheid, of afwisseling van drassigheid en droogte als grootste beperking hebben, zijn veen en klei-op-veen gronden, die voorkomen op de overgang tussen zand- en kleigebieden in de lijn Halsteren-Waalwijk, pleksgewijs in het Land van Heusden, en in het uiterste zuidoosten van de provincie.

De gronden met geringe geschiktheid vanwege ernstige beperkingen beslaan 16 procent van de beoordeelde gronden, vooral vanwege zeer groot droogterisico. Onder deze zeer droogtegevoelige gronden vallen de stuifzanden, en andere hoge zandgronden die vanwege diep grondwater, of grove textuur, of lage humus- en leemgehalten een gering vochtleverend vermogen hebben. Een flink deel van deze gronden staat onder bos of is natuurgebied. De grootste gebieden zijn goed herkenbaar: ten zuiden van Bergen op Zoom, de rug van Gilze Rijen, de Loonse en Drunense duinen, de zandrug van Son tussen Hoge Mierde en Boekel, ten zuiden daarvan ruim verspreid in de Kempen en het bij Geldrop, en op de randen van Peelhorst tussen Oss en Asten, met een groot gebied ten zuidoosten van Oss, en daarnaast zijn er nog veel kleine duincomplexen. Onder de gronden met ernstige beperkingen vallen ook, enigszins verrassend wellicht, gronden in het rivierkleigebied met lagen veen of zware klei in het profiel.

De droogtegevoeligheid ontstaat door de geblokkeerde capillaire opstijging vanwege de zware en venige tussenlagen, zeker nu deze gronden dieper ontwaterd zijn dan in

het verleden. Omdat gras vrij ondiep wortelt, is de vochtvoorraad in de doorwortelde zone gering. Behalve dat ze gevoelig zijn voor droogte, leveren deze rivierkleigronden ook problemen op vanwege drassigheid en slappe bodem in natte perioden.

In vergelijking met de andere landgebruiksvormen is grasland iets gevoeliger voor droogte, omdat de bewortelingsdiepte minder is en de capillaire nalevering uit het grondwater dus een grotere hoogte moet overwinnen om de wortels te bereiken.

Wanneer we de geschiktheidskaart, gebaseerd op de huidige grondwatersituatie, vergelijken met de geschiktheidsbeoordeling die meegeleverd is met de 1: 50 000 bodemkaarten, dan zien we dat de geschiktheid sinds 1970 is opgeschoven langs de reeks met afnemende drassigheidsproblemen (klassen 3.1, 2.1, 1.2, en 1.1) en met toenemende droogteproblemen (klassen 1.1, 1.3, 2.2, 3.2, en 4.2; zie Tabel 7 Kenmerken van de geschiktheidsklassen voor de weidebouw zoals toegepast in Noord-Brabant).

2.8.2 Bodemgeschiktheid voor natte weidebouw

De weidebouw-variant waarbij het beheer is afgestemd op nattere omstandigheden is niet apart ge-evalueerd en in kaart gebracht. We denken dan aan een variant waarbij een aantal eisen op gebied van beweidbaarheid (vanwege beweidingsverliezen door vertrapping) en berijdbaarheid zijn afgezwakt. Dit kan op bedrijfsniveau bijvoorbeeld opgelost worden door een bedrijf voor een deel te situeren op natte gronden en voor het andere deel op drogere gronden. Dit wijkt af van de WIB-C aanname dat het hele bedrijf binnen één bodemtype ligt. Voor de natte gronden geldt dan dat ze niet het hele jaar door berijdbaar hoeven te zijn, dat het vee soms niet ingeschaard kan worden, dat de mechanisatie is aangepast aan geringe draagkracht, en dat detailontwatering met greppels aandacht krijgt. Dit type ideeën is ontleend aan het 'Boeren met water' project van CLM (Bleumink & Buys, 1997; Bleumink et al., 1998). In de geschiktheidsbeoordeling betekent dit dat gronden die een lagere waardering hebben gekregen vanwege ontwaterings- en berijdbaarheidsproblemen, kort aangeduid als te nat en te slap, opgevaardigd worden. De droogtebeperkingen, die ook op deze gronden kunnen meespelen, blijven gehandhaafd. Het zal ertoe leiden dat de gronden die met de aanduidingen nat en/of slap op de kaart staan, een klasse hoger uitkomen, tenzij de gelijktijdige droogtebeperking dit niet toelaat. Het gaat overigens om relatief kleine arealen, met name in de beekdalen, langs de overgang van zand naar kleigebied, de verspreide veengronden en gronden met veenlagen, alle met vrij ondiep grondwater.

Voor een overzicht van de verschuivingen die bij benadering kunnen worden verwacht, zie Tabel 16 en Tabel 7 Kenmerken van de geschiktheidsklassen voor weidebouw zoals toegepast in Noord-Brabant.

Tabel 16 *Verschuivingen in geschiktheidsklasse voor weidebouw als gevolg van het minder zwaar aanrekenen van beperkingen die het gevolg zijn van natte omstandigheden*

| Verschuiving in klasse | Beperking die minder zwaar gaat tellen |
|-------------------------------|---|
| 1.2 wordt 1.1 | Weinig beweidingsverliezen behalve in natte jaren enigszins beperkte berijdbaarheid |
| 1.4 wordt 1.3 | Weinig beweidingsverliezen behalve in natte jaren enigszins beperkte berijdbaarheid |
| 2.1 wordt 1.2 | Matige beweidingsverliezen beperkt berijdbaar |
| 2.3 wordt 2.2 | Matige beweidingsverliezen in natte jaren beperkt berijdbaar |
| 3.1 wordt 2.1 (of 1.4) | Grote beweidingsverliezen zeer beperkt berijdbaar |
| 3.3 wordt 3.2 | Grote beweidingsverliezen in natte jaren zeer beperkt berijdbaar |
| 4.1 wordt 3.1 | Zeer grote beweidingsverliezen zeer beperkt berijdbaar |
| 4.3 wordt 4.2 | Zeer grote beweidingsverliezen vooral in natte jaren zeer beperkt berijdbaar |

2.8.3 Bodemgeschiktheid voor akkerbouw

De bodemgeschiktheid voor akkerbouw is weergegeven in Kaart 3.25. Het gaat om akkerbouw zonder toepassing van beregening, waarbij rooivruchten (aardappelen en bieten) de hoogste eisen aan de bodem stellen qua vochtleverantie, bewerkbaarheid en berijdbaarheid. De verdeling over de vier hoofdklassen en de verdere onderverdeling naar type van beperking is weergegeven in Tabel 17.

Ook voor de akkerbouw geldt dat volgens de WIB-C criteria droogte verreweg de ernstigste beperkingen oplevert in Noord-Brabant. Omdat akkerbouwgewassen dieper wortelen dan gras, is het vochtleverend vermogen van de gronden iets gunstiger beoordeeld dan onder gras. De kaart van de beoordelingsfactor 'vochtleverend vermogen voor akkerbouw' (Kaart 3.21.0) laat dit zien. Desondanks zijn de teeltrisico's zonder beregeningsmaatregelen vrij groot. Daarnaast speelt op vrij zware kleigronden het probleem van beperkte bewerkbaarheid. Op de rivierkleien in de buurt van Cuijk is bodemverslemping als risicofactor gesignaleerd. Op de meest schrale zandgronden kan stuiven een probleem vormen. Voor akkerbouw is de berijdbaarheid belangrijk, die vooral afhangt van ontwateringstoestand en organische stofgehalte.

Tabel 17 Bodemgeschiktheid voor akkerbouw zonder berekening in Noord-Brabant,

Tabel 17A Bodemgeschiktheid akkerbouw in aantal hectares per subklasse

| Mate van geschiktheid | Ernst van beperkingen | Type beperkingen (subklassen) | | | | Totaal |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------|----------|------------------|--------|
| | | geen | droog | te zwaar | nat/stug of slap | |
| Goed | 1 Gering (kleigrond) | 8348 | 0 | 24283 | 0 | 32631 |
| Goed | 1 Gering (zandgrond) | 26598 | 0 | 0 | 54441 | 81039 |
| Redelijk | 2 Matig | 0 | 68431 | 4071 | 2137 | 74639 |
| Matig | 3 Vrij sterk | 0 | 207784 | 0 | 14545 | 222329 |
| Gering | 4 Sterk | 0 | 28635 | 0 | 78 | 28713 |
| | Totaal | 34946 | 304850 | 28354 | 71201 | 439351 |

Tabel 17B Bodemgeschiktheid akkerbouw als percentage van het areaal landelijk gebied per subklasse.

| Mate van geschiktheid | Ernst van beperkingen | Type beperkingen (subklassen) | | | | totaal |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-------|----------|------------------|--------|
| | | geen | droog | te zwaar | nat/stug of slap | |
| Goed | 1 Gering (kleigrond) | 1,9 | 0,0 | 5,5 | 0,0 | 7,4 |
| Goed | 1 Gering (zandgrond) | 6,1 | 0,0 | 0,0 | 12,4 | 18,4 |
| Redelijk | 2 Matig | 0,0 | 15,6 | 0,9 | 0,5 | 17,0 |
| Matig | 3 Vrij sterk | 0,0 | 47,3 | 0,0 | 3,3 | 50,6 |
| Gering | 4 Sterk | 0,0 | 6,5 | 0,0 | 0,0 | 6,5 |
| | Totaal | 8,0 | 69,4 | 6,5 | 16,2 | 100,0 |

De resultaten van de geschiktheidsbeoordeling voor akkerbouw laten een iets gunstiger en gevarieerdere beoordeling zien dan voor weidebouw. Het droogteprobleem is iets minder ernstig beoordeeld. Daarnaast spelen er andere factoren zoals bewerkbaarheid en berijdbaarheid, die vooral bij de nattere bodems een beperkende factor vormen. Als gevolg van de geleidelijk toenemende verdroging over de afgelopen 50 jaar, zijn praktisch alle gronden iets droger geworden. De beperkingen die met wateroverlast te maken hebben, zijn tegelijkertijd minder geworden.

Tabel 17 laat zien dat ruim een kwart van de gronden in Noord-Brabant als klasse 1 (goed geschikt, met hooguit geringe beperkingen) voor akkerbouw wordt geclassificeerd. Binnen deze klasse wordt onderscheid gemaakt tussen zand en kleigronden in verband met de verschillen in vruchtwisseling. Zavel en zware leem worden voor dit doel ook tot de kleigronden gerekend. Driekwart van de goed geschikte gronden behoren tot de zandgronden. Het zijn globaal de meest vochtige zandgronden. De allerbeste zandgronden zijn vooral de lage enkeerdgronden, en lemige zanden met GHG tussen 40 en 60 cm diepte. Bij nog ondiepere ontwatering worden zandgronden in de beekdalen al gauw als te nat beoordeeld. Toch vallen deze zandgronden nog in de klasse goed geschikt, net als de beste moerige en veengronden, die bovendien ook nog aan de slappe kant zijn. De vochtige zandgronden treft men aan in en vlak langs de beekdalen en in bepaalde landschappen zoals de Langstraat, de Leygraaf en de oostelijke flank van de Peelhorst

(Sint Hubert, Sint Anthonis). In het geografische zandgebied komen ook goed geschikte kleigronden voor, zoals ten noorden van Helmond en de leemgronden direct ten noordwesten van Eindhoven. De beste gronden voor de akkerbouw in het West-Brabantse zeeleigebied zijn zavelgronden met GHG van 80-90 cm, (die voor weidebouw wel enige droogtebeperking opleveren). Van de goed geschikte klei- en zavelgronden is een kwart zonder noemenswaardige beperkingen, en de overige klasse 1 gronden zijn iets te nat of iets te zwaar.

In de hoofdklasse 2 'redelijk geschikt vanwege matige beperkingen' komen deels dezelfde grondsoorten voor als hoofdklasse 1, maar wel met een iets diepere ontwatering (GHG tot 1 meter diep) of ongunstiger profielopbouw. Hierin vallen de enigszins droogtegevoelige zandgronden, zoals de lemige zanden die rond Wouw en Oudenbosch voorkomen, en in het deel van de Meierij tussen Schijndel, Boxtel, Oorschot en Best, de lemige enkeerdgronden bij Alphen, en die in de Kempen, de vochtige zandgronden bij Someren. Complexen van klasse 1 en klasse 2 gronden komen voor rond Hilvarenbeek, tussen Tilburg en Vught, in de oostelijke Langstraat tussen Waalwijk en Den Bosch, het gebied ten noorden van de lijn Geldrop, Helmond, Gemert tot aan de zandrug van Son-Boekel, en het gebied van Budel en Maarheeze. In het rivierengebied vallen de stroomrugggronden van de Maas in deze klasse, die in lange stroken voorkomen tussen Grave en Heusden. Ook in deze klasse vallen tussen Boxmeer en Cuijk de oude rivierkleigronden, en in het zeeleigebied zijn het de klei op zand profielen. Er komen op een paar plaatsen gronden voor binnen hoofdklasse 2 die enigszins te nat, te zwaar of te slap zijn voor akkerbouw, namelijk verspreid in de beekdalen, en in het rivierengebied in de buurt van Geertruidenberg.

Klasse 3.2, gronden met weinig mogelijkheden vanwege vrij sterke droogteproblemen, vormt de grootste subklasse en beslaat bijna de helft van de provincie. Hieronder vallen de gewone fijnzandige, zwaklemige dekzanden, met GHG van 80 tot 100 cm. Tevens valt een groot deel van de rivierkleigronden hieronder, met name de zware komkleien, en kleigronden met zware tussenlaag en venige ondergrond. Het vochtleverend vermogen is vanwege beperkte bewortelbare diepte en lage capillaire nalevering aan de lage kant, en droogte is daarmee de sterkste beperking. Op een aantal zware kleigronden in het zeeleigebied en in het westen van het land van Altena is de vochtvoorziening beter. Vanwege de geringere bewerkbaarheid wat vooral in natte perioden in voorjaar en najaar hinderlijk kan zijn, zijn deze zware klei-gronden ook in de hoofdklasse 3 geplaatst (matig geschikt voor akkerbouw, de oranjebruine kleur). Van de hele provincieoppervlakte nemen ze slechts 3 procent in.

De toegevoegde vierde geschiktheidsklasse is voor akkerbouw veel minder uitgestrekt dan die voor de weidebouw en is beperkt tot de werkelijk zeer droge zandgronden, gekenmerkt door grofzandige of ondiepe profielen of zeer diepe ontwatering. In feite zijn deze gronden voor een groot deel reeds onder bos en hei.

We kunnen ons voorstellen dat het areaal dat te nat is voor akkerbouw, vanwege ofwel incidentele overstromingen of slechte afwatering of slechte interne drainage,

toch groter is dan op Kaart 3.25 is aangegeven. Op de bestaande bodemgeschiktheidskaarten die op basis van de gekarteerde Gt (1 : 50000 bodemkaart) zijn vastgesteld, is de oppervlakte van gronden die te nat zijn voor akkerbouw, veel groter dan die op Kaart 3.25. Wat op de 1 : 50000 kaart geclassificeerd was als klasse 3.1 (veel te nat), is nu deels als klasse 1.2 (kleigrond) of 1.4 (zandgrond) op de kaart gezet, en vaak zijn ze zelfs doorgeschoven naar klassen 2.3 (iets te droog) en 3.2 (veel te droog). Het rivierkleigebied bestaat volgens de huidige studie overwegend uit klasse 3.2 gronden, met een enkele 2.3 klasse, terwijl de oude kaart een mozaïek liet zien van klassen 1.1, 1.2, 2.2, en 3.1.

2.8.4 Bodemgeschiktheid voor boomkwekerijen

De bodemgeschiktheid voor de boomkwekerijen is weergegeven op Kaart 3.34. De belangrijkste eisen die de boomkwekerij aan de grondsoort stelt, zijn de aanwezigheid van een dikke laag teelaarde die bovendien iets lemig of kleilig is (Kaart 3.33), een goede vochtleverantie (Kaart 3.35.0) en een lage pH (Kaart 3.32). De teelaarde is nodig vanwege afvoer van kluitplanten, en het gemak van planten en rooien. Een hoog leemgehalte bevordert het aanhangen van grond aan de wortelkluit, de vochtleverantie is belangrijk omdat de planten op de kwekerij een relatief klein wortelstelsel hebben en om continue groei mogelijk te maken. Bij droogte valt de groei stil en dit leidt later tot ongewenste vertakkingen. Daarom is continue groei nodig. Een lage pH betekent een ruime assortimentskeuze. Hieraan voldoen vooral de lage enkeerdgronden en bekeerdgronden in de zandgebieden, die onder de legenda-eenheid 'dik dek, zuur' vallen. Ze komen verspreid voor, maar de grotere oppervlakten zijn te vinden ten oosten van Tilburg, in de streek Udenhout-Haaren, en Hilvarenbeek, het gebied tussen Oorschot en Sint-Oedenrode, aan de noordkant van Eindhoven tussen Nuenen en Son, en ten zuidwesten van Breda, de streek Zundert-Rijsbergen. Kleinere stukken land in deze klasse 'dik dek, zuur' liggen langs de beken, of om dorpen heen, zoals Mierlo, Someren, Budel, en diverse dorpen in de Kempen, Ulicoten en Chaam. Ten slotte worden deze gronden ook aangetroffen op de lage zandgronden op de overgang naar het kleigebied, zoals bij Breda-Teteringen, ten noorden van Dongen, en langs de Langstraat. Ook enkele lemige zandgronden met een dun dek, maar met goede vochtleverantie vallen nog in de eerste geschiktheidsklasse van gronden met ruime mogelijkheden voor de boomkwekerij. Die liggen vooral ten westen van de Peelhorst, ruwweg in de driehoek tussen Helmond, Oss en Den Bosch. Deze groep van zandgronden met ruime mogelijkheden voor de boomkwekerij vallen grotendeels samen met de beste graslandgronden en de vochtige akkerbouwgronden in het zandgebied.

Voor de boomkwekerijen hebben de Brabantse zandgronden alle een geschikte zuurgraad. Veel zandgronden met of zonder dik dek zijn echter minder geschikt omdat ze problemen geven vanwege droogte of drassigheid of stuifgevoeligheid, en komen daardoor in klasse 2 (met beperkte mogelijkheden) of 3 (nauwelijks mogelijkheden). Binnen klasse 2 zijn wellicht nog redelijk goede gronden te vinden. In de praktijk zal de mogelijkheid tot beregening een belangrijke vestigingsfactor zijn. Daarnaast is leemgehalte van de bovengrond op zich een aantrekkelijk kenmerk.

Omdat in de WIB-C criteria de eigenschappen van de bovengrond zijn vertaald in vochtleverend vermogen, dikte van dek, en verkrumelbaarheid, is de leemfactor wat ondergesneeuwd in de classificatie. Daarom is er een speciale kaart gemaakt van de lemige zandgronden (Kaart 3.36), die naast de reeds genoemde meest geschikte gronden van klasse 1, ook de gronden met wellicht goede potenties uit klasse 2 aangeeft, zoals het land rond Wouw en Oudenbosch, het land aan de westkant van Breda, de streek van Baarle-Alphen, het land bij Veldhoven, de leemgronden ten noordwesten van Eindhoven, een groot stuk land in de Meijerei, begrensd door Berlicum, Boxtel, Oorschot, Sint-oedenrode, Schijndel en Veghel, en tenslotte de lemige gronden tussen Vierlingsbeek en Boxmeer, en ten noordwesten van Boxmeer. Alle droge, schrale zandgronden komen in de klasse 3, ongeschikt, of liever gronden met weinig mogelijkheden.

In het zeekleigebied scoren de zavelgronden, die de beste gronden voor akkerbouw zijn, voor de boomkwekerij iets minder hoog dan de beste zandgronden vanwege de hoge pH en het ontbreken van een dikke humeuze bovengrond. De beperkingen in assortimentskeuze kunnen goed opgevangen worden door de goede soorten te kiezen. Ze komen hier toch nog in de hoogste klasse 1.4. In de rivierkleigebieden worden de oevervallen qua geschiktheid voor boomkwekerij verdeeld over klassen 1 en 2. Ze komen voor in de strook land langs de Maas tussen Grave en Waalwijk, en in het Land van Altena. De lichte kleigronden komen in klasse 2.4 (gronden met beperkte mogelijkheden, dun dek en twee beperkende factoren), maar het grootste deel van de overige kleigronden is eigenlijk ongeschikt, klasse 3 (oranje op de kaart 3.34).

2.9 Resultaten voor Hydrologie 1850

Dit vernattingsscenario Hydrologie 1850 is representatief voor de natuurlijke hydrologische situatie, zoals beschreven in het project Waterdoelen (Provincie Noord-Brabant, 2000a). Vernatting volgens Hydrologie 1850 (Kaart 4.2 t.o.v. 3.2) resulteert in een aanzienlijke verandering van de groeiomstandigheden. De gevolgen hiervan voor de bodemgeschiktheid in de verschillende delen van Noord-Brabant voor weidebouw (Kaart 4.20), akkerbouw (Kaart 4.25) en boomkwekerijen (Kaart 4.34) worden bestudeerd.

De gradaties van verschillende beoordelingsfactoren geven via een set beslisregels aan in hoeverre een bodem geschikt is voor een bepaalde vorm van landgebruik (zie Sectie 2.1.4). De ruimtelijke verdeling van een aantal beoordelingsfactoren bij Hydrologie 1850 die de bodemgeschiktheid voor diverse vormen van grondgebruik over Noord-Brabant bepalen, zijn gegeven. Het gaat om de ontwateringstoestand van de bodem (Kaart 4.17), de stevigheid van de bovengrond voor agrarische toepassingen (Kaart 4.18), het vochtleverend vermogen van de bodem onder grasland, bouwland en boomkwekerijen (Kaarten 4.19.0, 4.21.0 en 4.35.0), en het aantal dagen dat een capillaire flux van meer dan 1 mm of 2 mm per dag kan worden gehandhaafd onder resp. grasland (Kaarten 4.19.1 en 4.19.2) en bouwland (Kaarten 4.21.1 en 4.21.2). Uit deze kaarten blijkt dat de bodemgeschiktheid voor zowel

grasland als bouwland bij Hydrologie 1850 beperkt wordt door de geringe ontwateringsdiepte (Kaart 4.17) en de geringe stevigheid van de bovengrond (Kaart 4.18). Het vochtleverend vermogen is groot in de meeste delen van Noord-Brabant (Kaarten 4.19.0 en 4.21.0), zowel vanwege de hoge grondwaterstanden en de grote vochtnalevering via capillaire opstijging (Kaarten 4.19.2 en 4.21.2). Het vochtleverend vermogen is alleen gering voor de droge zandgronden met een diepe grondwaterstand (Kaart 4.2).

2.9.1 Bodemgeschiktheid voor weidebouw

De bodemgeschiktheid is aangegeven voor weidebouw zonder toepassing van beregening (Kaart 4.20). De grootste delen van Noord-Brabant zijn slechts matig geschikt vanwege de slappe bovengrond als gevolg van hoge grondwaterstanden door de vernatting. Bij de huidige hydrologie waren deze gebieden ook matig geschikt, maar voornamelijk vanwege droogteproblemen. Alleen de gebieden met geringe geschiktheid vanwege sterke droogte (vanwege diepe grondwaterstand (Kaart 3.2)) bij de huidige hydrologische condities (Kaart 3.20) worden duidelijk beter geschikt voor weidebouw door de vernatting. In de meeste gebieden verandert de mate van geschiktheid voor weidebouw niet door de vernatting, maar het soort gebruiksbepijking verandert wel, namelijk van risico van verdroging in de zomer naar problemen met beperkte bewerk-, berijd- en betreedbaarheid in natte perioden vanwege de hoge grondwaterstanden.

2.9.2 Bodemgeschiktheid voor akkerbouw

De bodemgeschiktheid is aangegeven voor akkerbouw zonder toepassing van beregening (Kaart 4.25). Met name gewassen als aardappelen en bieten stellen hoge eisen aan de vochtlevering door en de bewerkbaarheid en berijdbaarheid van de bodem. Deze geschiktheidskaart geldt ook voor maïs. Meer dan de helft van Noord-Brabant is nauwelijks geschikt voor akkerbouw vanwege de slappe bovengrond (Kaart 4.18) en de slechte ontwatering (Kaart 4.17) door de vernatting volgens Hydrologie 1850. Bij de huidige hydrologie waren deze gebieden matig tot redelijk geschikt. Alleen de gebieden met geringe geschiktheid vanwege sterke droogtegevoeligheid (vanwege diepe grondwaterstand (Kaart 3.2) bij de huidige hydrologische condities (Kaart 3.25) worden vaak beter door de vernatting. Het areaal gronden in Noord-Brabant dat nog geschikt is voor akkerbouw, is sterk afgenomen door de vernatting. De hoge grondwaterstanden (Kaart 4.2) resulteren in reductie van de gewasproductie en in problemen met beperkte bewerk-, berijd- en betreedbaarheid in natte perioden.

2.9.3 Bodemgeschiktheid voor boomkwekerijen

De bodemgeschiktheid voor boomkwekerijen in Noord-Brabant bij vernatting volgens Hydrologie 1850 is weergegeven op Kaart 4.34. Het areaal gronden in

Noord-Brabant dat nog geschikt is voor boomkwekerijen, is sterk afgenomen (t.o.v. huidige hydrologie: Kaart 3.34) door de vernatting volgens Hydrologie 1850. Het vochtleverend vermogen van de bodem is wel groot (Kaart 4.35.0), maar de slechte ontwatering (Kaart 4.17) beperkt het geschikte areaal in zeer sterke mate.

3 Stikstof- en fosforuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater

3.1 Algemene inleiding

Om de huidige en de in de toekomst te verwachten nutriëntenuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater te berekenen, wordt tegenwoordig meestal gebruik gemaakt van gedetailleerde dynamische simulatiemodellen. Deze modellen bevatten wiskundige vergelijkingen die zo goed mogelijk de omzettings- en transportprocessen van nutriënten in de bodem, het watertransport in de bodem en naar grond- en oppervlaktewater, de wateruitwisseling met de atmosfeer, de gewasopname van water en nutriënten, enz. beschrijven. Met dergelijke modellen kan de effectiviteit van diverse maatregelen die ingrijpen op het stoffentransport door de bodem en grondwater, relatief nauwkeurig gekwantificeerd worden. De ontwikkeling en calibratie van deze modellen is gebaseerd op fysische, chemische, en fysiologische kennis, en op metingen in het laboratorium en het veld. Studies met gedetailleerde modellen zijn echter over het algemeen zeer arbeidsintensief en duur, omdat dergelijke modellen hoge eisen stellen m.b.t. de invoerdata, modelcalibratie en –validatie, en de daarvoor benodigde proefresultaten.

Daarom zijn dergelijke model-exercities alleen zinvol, wanneer blijkt dat de milieuproblemen in een gebied groot zijn. Om dergelijke gebieden te localiseren, wordt over het algemeen gebruik gemaakt van veel snellere en efficiëntere methoden, zoals kwetsbaarheidskaarten van de bodem. Een goed voorbeeld hiervan is het combineren van grondsoort en grondwatertrap bij het in kaart brengen van de droge zandgronden, die kwetsbaar zijn voor nitraatuitspoeling. Een ander voorbeeld is een kaart met de fosfaatvastleggings-capaciteit van bodems. Hierop staan de gronden aangegeven die gevoelig zijn voor fosfaatuitspoeling. Dergelijke kaarten geven echter uitsluitend het potentiële risico aan, en niet de werkelijke nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater. Zelfs bij het in kaart brengen van fosfaatverzadigde gronden, waarbij naast het fosfaatbindend vermogen van de bodem ook rekening wordt gehouden met de actuele fosfaatophoping, wordt alleen de kans op fosfaatbelasting van het grondwater aangegeven.

Mede om deze redenen heeft Alterra een modelinstrument ontwikkeld, waarmee de werkelijke nutriëntenbelasting van het grond- en oppervlaktewater kan worden bepaald, maar wel op een veel snellere en efficiëntere manier dan met een gedetailleerd simulatie-model. Het gaat om een zogenaamd metamodel, dat is toegepast in deze studie. Dit metamodel bestaat uit regressievergelijkingen die de relatie beschrijven tussen karakteristieke gebiedskenmerken en de nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater (Mol-Dijkstra et al., 1999; Schoumans et al., in voorber.). Om deze regressievergelijkingen af te leiden, zijn de uitkomsten van een gedetailleerd simulatiemodel gebruikt.

3.2 Het metamodel

3.2.1 WSV studie als bron van het metamodel

De metamodellen voor nutriëntenuitspoeling die in de huidige studie zijn toegepast, zijn afgeleid van de resultaten van modelberekeningen zoals deze zijn uitgevoerd in het kader van de landelijke studie Watersysteemverkenningen 1996 (Boers et al, 1997), de WSV-studie van Rijkswaterstaat. Deze WSV-studie onderzocht de toekomstige belastingen van oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw en natuurgebieden. De belasting van het bovenste grondwater met nitraat is daarbij meegenomen. De WSV-studie werd uitgevoerd door RIZA in samenwerking met SC-DLO (nu Alterra) en Waterloopkundig Laboratorium.

Voor deze nationale studie werd het landelijke gebied van Nederland opgedeeld (geschematiseerd) in 3634 rekeneenheden (plots) van gemiddeld 750 ha. De kleinste ruimtelijke eenheid die in de WSV studie werd onderscheiden, was een vierkante cel van 500x500m. Cellen met dezelfde eigenschappen werden samengevoegd tot een rekenplot. De plots onderscheidden zich van elkaar door verschillen in bemestingsniveau, bodemgebruik, bodem, grondwatertrap en kwel/wegzijgings-karakteristieken. Voor elke rekeneenheid werden een aantal bemestingsscenario's doorgerekend. In de WSV-studie werd het gecombineerde DEMGEN-ANIMO model gebruikt voor de kwantitatieve beschrijving van de volgende afbraak-, omzettings- en transport-processen in bodem en grondwater van stikstof, fosfaat, en koolstof:

- ammoniakvervluchtiging en depositie
- aanvoer van stikstof en fosfaat in kwel en infiltratiewater
- afbraak van organische stof onder aërobe en anaërobe omstandigheden
- mineralisatie en immobilisatie van stikstof en fosfaat
- nitrificatie onder aërobe omstandigheden
- denitrificatie onder anaërobe omstandigheden
- opname van nitraat, ammonium en fosfaat door het gewas
- adsorptie van ammonium en fosfaat aan de bodem
- transport van opgeloste stoffen in bodemwater, uitspoeling naar grondwater en naar oppervlaktewater, en oppervlakkige afspoeling (run off).

In de landsdekkende WSV-studie werd gebruik gemaakt van de weerjarenreeks voor De Bilt 1971-1985. Deze reeks wordt representatief geacht voor het weer in Nederland. Binnen deze reeks wordt het jaar 1985 gebruikt als referentie voor het gemiddelde weerjaar. Om modelberekeningen uit te voeren over een periode van 105 jaar (van 1941 tot 2045), is de reeks weerjaren 1971-1985 zes maal herhaald. Dit heeft als voordeel dat om de 15 jaar hetzelfde weer zich herhaalt en dat de invloed van beleidsmaatregelen onderscheiden kunnen worden van weerseffecten. Het heeft echter als nadeel dat buiten de periode 1971-1985 de modelresultaten niet vergelijkbaar zijn met de resultaten van meetreeksen. Een andere beperking van deze aanpak is dat effecten van regionale verschillen in neerslag, verdamping en temperatuur niet zichtbaar zijn, omdat er alleen met weerdata van De Bilt gerekend is.

3.2.2 Afleiding van het metamodel

Uit de resultaten van de WSV-studie (Boers et al., 1997) zijn de volgende modeluitkomsten geselecteerd: gemiddelde jaarlijkse nitraatconcentratie in het grondwater, en gemiddelde jaarlijkse N- en P-belasting van het oppervlaktewater. Het betreft hier gemiddelde waarden berekend over de periode 2031-2045. De modelresultaten van deze periode zijn gebruikt om het metamodel af te leiden, omdat ten eerste in deze periode alle weerjaren (15) voorkomen die in de WSV-studie zijn gebruikt en de gemiddelde modeluitkomst dus representatief is voor de weerjarenreeks van 15 jaar, en ten tweede, de bodemprocessen en de resulterende nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater tijdens de periode 2031-2045 grotendeels in evenwicht zullen zijn met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen (LNV, 1999; Tabel 19). Voor stikstof zal dit evenwicht al eerder bereikt worden en zal na 2015 de stikstofbelasting nog slechts marginaal veranderen, terwijl voor fosfor dit evenwicht in 2031-2045 nog niet helemaal bereikt zal zijn.

3.2.3 Aard van het metamodel

Voor de drie geselecteerde modeluitkomsten van de WSV-studie (gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater in de periode 2031-2045 en gemiddelde stikstof- en fosfor-belasting van het oppervlaktewater in de periode 2031-2045) is nagegaan welke gebiedskenmerken van grote invloed zijn op de uitkomsten. Bijvoorbeeld, een regressievergelijking is afgeleid tussen enerzijds de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater en specifieke gebiedskenmerken (zie Sectie 3.3 'Invoergegevens metamodel'). Voor de stikstof- of fosfor-belasting van het oppervlaktewater zijn vergelijkbare regressievergelijkingen afgeleid. Het Metamodel bestaat dus uit deze drie afzonderlijke vergelijkingen. Deze vergelijkingen zijn alleen beschikbaar voor de vier hoofdbodemgebruiksvormen, namelijk grasland, maïsland, overig bouwland en natuur, omdat in de WSV-studie alleen deze bodemgebruiksvormen werden onderscheiden. Het is dus niet mogelijk om de nutriëntenbelasting te berekenen voor alle specifieke landbouwgewassen. Het metamodel dat in deze studie is toegepast, bestaat in feite uit de drie regressievergelijkingen die voor combinaties van vier vormen van landgebruik en 21 bodemtypen geparаметriseerd zijn. Dat levert bijvoorbeeld $4 \times 21 = 84$ regressievergelijkingen op om de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in geheel Noord-Brabant te berekenen. Voor de berekeningen van de stikstof- en fosfor-belasting van het oppervlaktewater in Noord-Brabant is de aanpak identiek.

3.2.4 Mogelijkheden en beperkingen van het metamodel

De voordelen van het metamodel zijn:

1. Gebruik van relatief eenvoudig te verzamelen gebiedskenmerken (zoals bijv. bodemtype, grondwaterstand en N-overschot) om de nutriëntenbelasting van het grond- en oppervlaktewater te berekenen;

2. Gebieden met een verhoogde kans op nutriëntenuitspoeling kunnen op eenvoudige wijze worden gelokaliseerd in een bepaald stroomgebied, regio of provincie (zgn. 'hot spots');
3. Effecten van diverse maatregelen, zoals grondwaterstands- en/of landgebruiksverandering, kunnen relatief snel en efficiënt worden bepaald.

Toepassing van het metamodel kent ook zijn onzekerheden en beperkingen. De kwaliteit van de modeluitkomsten is sterk afhankelijk van de kwaliteit van de invoergegevens (Sectie 3.3). Daarom werkt een gedetailleerd beeld van bijvoorbeeld het bodemgebruik en de grondwaterstand direct positief uit op de betrouwbaarheid van de berekende nutriëntenuitspoeling. Tevens wordt de betrouwbaarheid van de uitkomsten van het metamodel in belangrijke mate bepaald door de betrouwbaarheid van de gebruikte resultaten van de WSV-studie. Het kan voorkomen dat een combinatie van invoergegevens niet gedekt wordt door het metamodel, omdat die combinatie niet voorkwam in de WSV-studie, en daarom buiten het bereik van het metamodel ligt. Dit is een typische beperking van het metamodel, dat immers een regressiemodel is. Er moet ook voor gewaakt worden dat de discrepantie tussen het schaalniveau waarop de invoergegevens bekend zijn, en de mate van detail waarmee de uitkomsten van het metamodel worden gepresenteerd, beperkt blijft. Indien deze discrepantie te groot is, bijvoorbeeld bij toepassingen op een te gedetailleerde schaal, zullen de relatieve verschillen/effecten volgens de metamodel-berekeningen van betekenis zijn, maar niet de absolute uitkomsten.

3.3 Invoergegevens metamodel

Om de nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater met het metamodel te kunnen berekenen, zijn de volgende specifieke gebiedskenmerken nodig:

- bodemtype
- bodemgebruik
- gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG)
- stikstof- en fosfor-overschot op perceelsniveau (gemiddeld over de periode 2031-2045)
- stikstof- en fosfor-concentraties in het kwelwater op grote diepte (7 m - mv.)
- Wateraanvoer of -afvoer via kwel resp. wegzijging op grote diepte (7 m - mv.)

Voor een juiste voorspelling van de fosfor-belasting van het oppervlaktewater, dient aanvullend nog informatie bekend te zijn omtrent de totale hoeveelheid opgehoopte fosfaat in de bodem (tot 1 meter) in de periode 2031-2045.

De bronnen en de bewerking van deze basisgegevens binnen de provincie Noord-Brabant worden hieronder toegelicht.

Bodemtype

In de metamodellen worden 21 bodemfysische eenheden onderscheiden, welke schematisatie ook in de WSV-studie werd gebruikt voor de beschrijving van de Nederlandse bodem (op basis van bodemkaart schaal 1 : 250 000 : Wosten et al.,

1988; Schoumans en Breeuwsma, 1990). Binnen de provincie Noord-Brabant is voor elke bodemeenheid (op basis van de bodemkaart schaal 1: 50 000) nagegaan tot welke bodemfysische eenheid deze behoort. Kaart 3.1 geeft hiervan een ruimtelijk beeld. Duidelijk herkenbaar is de ligging van het kleigebied in het noorden van Brabant en het afwisselende landschap met beekdalen en enken in het zandgebied in het centrale en zuidelijke deel van Brabant. Op de overgang van het kleigebied naar het zandgebied komen moerige en venige gronden voor, ontstaan onder invloed van grondwater (laagveen). Ook in zuidoost Brabant komen veengronden voor, gevormd onder invloed van stagnerend regenwater (hoogveen).

Bodemgebruik

Het metamodel onderscheidt de volgende bodemgebruikstypen: gras, maïs, overig bouwland en natuur. Een verdere opsplitsing is niet mogelijk omdat alleen voor deze bodemgebruiksvormen de nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater zijn berekend in de WSV-studie (waarop het metamodel is gebaseerd). De bodemgebruiksvormen verschillen in bemestingsniveaus, nutriëntenopname, en waterverbruik. Er wordt aangenomen dat bij de teelt van maïs vanggewassen zullen worden ingezet. Dit beperkt de nutriëntenuitspoeling en -belasting. Natuur is gelijkgesteld aan grasland dat niet bemest wordt en ook niet geoogst wordt. In de oorspronkelijke WSV-studie werd gebruik gemaakt van de LGN1-bodemgebruikskaart van 1986. In de huidige studie zijn de berekeningen in eerste instantie gedaan voor ieder type bodemgebruiksvorm afzonderlijk, waarbij de gehele provincie dus voor dit type wordt gebruikt. De uitkomsten zijn later in een aparte bewerkingsslag gesplitst naar bodemgebruik volgens de bodemgebruiksgegevens van 1995 (LGN3 (Wit et al., 1999) op grid van 25 m bij 25 m (bron: Noord-Brabant)). Daarbij zijn de gedetailleerde bodemgebruiksvormen van LGN3 toegewezen aan de vier bodemgebruikstypen die door het metamodel worden onderscheiden. Vervolgens zijn de modelresultaten geaggregeerd voor het huidige landgebruik, om de nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater over geheel Noord-Brabant te berekenen bij het huidige landgebruik.

Gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG)

De grondwatertrappen (Gt's) zoals deze zijn aangegeven op de bodemkaart schaal 1 : 50 000, zijn gebruikt om de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) te bepalen. De GHG-waarden van de verschillende grondwatertrappen zijn berekend door de GHG-waarden die binnen de provincie Noord-Brabant zijn verzameld in het kader van de landelijke steekproef van de grondwatertrappen (LSK), te middelen (zie Sectie 2.6.2 Grove actualisatie van grondwatertrappen). Deze gehanteerde gemiddelde GHG-waarden staan in Tabel 18 vermeld. Naast de huidige hydrologische situatie zijn ook de effecten van een vernattingsscenario (Hydrologie 1850) doorgerekend. De GHG-waarden die daarbij horen, staan ook in Tabel 18. Hieruit blijkt dat de meeste natte gronden ($GT < VI$) natter zijn geworden. Het is opvallend dat de droge gronden ($GT = VI$) bij Hydrologie 1850 droger zijn geworden dan die bij de huidige hydrologische situatie. Dit is tegengesteld aan de verwachting, aangezien de huidige hydrologische situatie op basis van de LSK-gegevens is bijgesteld en daardoor 20 cm drogere condities (of te wel GHG 20 cm dieper) aangeeft dan de oorspronkelijke bodemkaart van 40 jaar geleden.

Tabel 18. Gehanteerde GHG-waarden (cm - mv.) in de provincie Noord-Brabant per grondwatertrap voor de huidige hydrologische situatie (verzameld op basis van de landelijke steekproef van de grondwatertrappen (LSK huidig)) en voor Hydrologie 1850.

| Grondwatertrap | GHG (cm) | | Vershil |
|----------------|------------|-------------|--------------------------------|
| | LSK huidig | Hydrol.1850 | 1850 - LSK huidig ¹ |
| I | 22 | -21 | +43 |
| II | 26 | 0 | +26 |
| II* | 36 | 39 | -3 |
| III | 45 | 13 | +32 |
| III* | 55 | 31 | +24 |
| IV | 60 | 47 | +13 |
| V | 59 | 22 | +37 |
| V* | 69 | 58 | +11 |
| VI | 82 | 106 | -24 |
| VII | 160 | 340 | -180 |
| VII* | 560 | 500 | -60 |

¹ + = natter in 1850; - = droger in 1850.

Nutriënten-verliesnormen en -overschotten

Het stikstof- en fosfor-overschot is afgeleid uit het mest- en ammoniakbeleid, zoals vastgelegd in een brief aan de Tweede Kamer (Tweede Kamer, 2000). Tabel 19 geeft een overzicht van de vastgestelde (1998-2002) en de voorgenomen MINAS (vanaf 2003) verliesnormen.

Tabel 19 Vastgestelde en voorgenomen verliesnormen (kg/ha/jaar) zoals vastgelegd in Wijziging van Meststoffenwet (Tweede Kamer, 2000).

| Landgebruik | Verliesnormen N en P ₂ O ₅ in Jaar | | | | |
|-------------------------------|--|------|------|------|------|
| | 1998 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| N grasland | 300 | 275 | 250 | 220 | 180 |
| N grasland droge zandgronden | 300 | 275 | 250 | 190 | 140 |
| N bouwland klei/veen | 175 | 150 | 150 | 150 | 100 |
| N bouwland zand | 175 | 150 | 125 | 110 | 100 |
| N bouwland droge zandgronden | 175 | 150 | 125 | 100 | 60 |
| P ₂ O ₅ | 40 | 35 | 35 | 25 | 20 |

In de huidige studie wordt er vanuit gegaan dat de eindnormen voor 2003 (Tabel 19) ook voor de periode tot 2031-2045 zullen gelden. Omdat het huidige mestbeleid verliesnormen vaststelt en het metamodel uitgaat van de gemiddelde stikstof- en fosfor-overschotten op perceelsniveau (zie begin van Sectie 3.3), dient een vertaling te worden gemaakt van de verliesnormen naar nutriëntenoverschotten. Deze nutriëntenoverschotten worden dus afgeleid van de verliesnorm voor 2003 en gelden voor de gehele periode van 2003 tot 2045.

Fosfor-overschot

Voor fosfaat is de vertaling van verliesnorm naar overschot zeer eenvoudig, omdat er geen onderscheid wordt gemaakt naar bodemgebruiksvorm (Tabel 19) en er geen speciale verlies- en/of aanrijgingsprocessen optreden (dit in tegenstelling tot stikstof).

Dit houdt in dat voor fosfaat een perceeloverschot van 20 kg P₂O₅/ha/jaar wordt gehanteerd vanaf het jaar 2003 en dat ook voor de periode 2031-2045 een gemiddeld fosfaatoverschot van 20 kg P₂O₅/ha/jaar zal worden aangehouden. In het MINAS systeem (LNV, 1999) wordt voorlopig alleen de fosfaat-toediening in dierlijke mest meegeteld in de verliesnorm, en niet die in kunstmest. In deze studie is de aanname gedaan dat op termijn de verlies-norm zal gelden voor alle fosfaatgiften tezamen (dierlijk mest, kunstmest, overige fosfor-aanvoeren in met name veevoer). Aangezien de huidige en toekomstige fosfaatbelasting van het oppervlaktewater sterk bepaald wordt door de hoge dierlijke mestgiften die in het verleden hebben plaatsgevonden, zal een eventuele fout in deze aanname beperkte gevolgen hebben voor de berekende fosfaatbelasting. De historische fosfaat-ophoping wordt verderop behandeld.

Stikstof-overschot

De methodiek die in het derogatierapport (Willems et al, 2000; Annex 4) wordt gehanteerd, is hier toegepast voor de berekening van het stikstofoverschot op perceelsniveau. Voor grasland gaan Willems et al (2000) uit van een verliesnorm van 180 kg N/ha/jaar. Aangezien hierbij geen rekening wordt gehouden met stikstof-depositie en stikstof-binding door vlinderbloemigen, is het perceeloverschot resp. 25 en 9 kg N/ha/jaar hoger. Dit zijn gemiddelde waarden voor Nederland, die uniform over de hele provincie zijn toegepast. In werkelijkheid is de stikstof-depositie in Noord-Brabant gemiddeld iets hoger dan 25 kg N/ha/jaar. Er treden ook verliezen op die niet in de verliesnorm worden meegenomen, te weten: NH₃-emissies (35 kg N/ha/jaar) en extra denitrificatie in urineplekken (25 kg N/ha/jaar). Als gevolg van deze aanrijdings- (34 kg N/ha/jaar) en verliesposten (60 kg N/ha/jaar) komt het stikstof-overschot voor grasland 26 kg N/ha/jaar lager uit dan de verliesnorm: 154 kg N/ha/jaar. Voor een overzicht van deze berekening van het N-overschot voor grasland, zie Tabel 20.

Voor maïsland en overig bouwland geldt vanaf 2003 een verliesnorm van 100 kg N/ha/jaar (Tabel 19). Op dergelijke bouwland-percelen doet zich geen biologische N-binding voor, is extra denitrificatie als gevolg van urineplekken niet aan de orde, en zijn de NH₃-emissies beduidend lager (4 kg N/ha/jaar). Indien de verliesnorm gecorrigeerd wordt voor de stikstof-depositie (25 kg N/ha/jaar) en de NH₃-emissies (4 kg N/ha/jaar) bedraagt vanaf 2003 het stikstof-overschot op bouwlandpercelen 121 kg N/ha/jaar. Dit is dus 21 kg N/ha/jaar hoger dan de stikstof-verliesnorm. Omdat de stikstof-overschotten die in het metamodel zijn gebruikt, gebaseerd zijn op stikstof-overschotten exclusief de stikstof-depositie, zijn ook deze waarden aangegeven. Voor een overzicht van de berekening van het stikstof-overschot voor bouwland, zie Tabel 20. Aangezien droge (zand)gronden extra gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling, zal voor deze gronden een lagere verliesnorm gelden (nl. 40 kg N/ha/jaar lager). In de berekeningen voor deze studie is nog geen rekening is gehouden met dit aanvullend stikstofbeleid, aangezien hierover nog geen zekerheid bestond.

Tabel 20 Berekening van N-overschotten (kg/ha/jaar) uit de verliesnormen (Tabel 19) voor resp. grasland en bouwland (naar Willems et al, 2000).

| | Grasland | Bouwland |
|--|----------|----------|
| Verliesnorm | 180 | 100 |
| Denitrificatie urineplekken | -25 | |
| Ammoniakemissie | -35 | -4 |
| Stikstofbinding | 9 | |
| Stikstofdepositie | 25 | 25 |
| Netto bodembelasting | 154 | 121 |
| Netto bodembelasting excl. N-depositie | 129 | 96 |

Voor Hydrologie 1850 wordt met dezelfde stikstof- en fosfor-overschotten gerekend als voor het huidige hydrologische scenario.

Nutriëntenaanvoer via kwelwater en wateraan- en afvoer via resp. kwel en wegzijging

Stikstof- en fosfor-concentraties in kwelwater zijn slechts globaal bekend. Toch blijken deze nutriëntenaanvoeren van significant belang te zijn om de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater vanuit het landelijke gebied goed met het metamodel te kunnen berekenen. In deze studie is gebruik gemaakt van de nutriëntenconcentraties die in de WSV-studie voor elke rekeneenheid (plot) zijn bepaald (Boers et al, 1997). Gegevens over de wateraan- en afvoer via resp. kwel en wegzijging zijn afkomstig van de provincie Noord-Brabant. Kaart 3.5.2 laat deze netto water-aanvoer zien. Deze kaart vertoont duidelijk overeenkomsten met de Gt-kaart. In de beekdalen (natte gronden) treedt in het algemeen veel kwel op, terwijl in de hoger gelegen gebieden het grondwater wegzijgt naar de ondergrond. Stikstof- en fosforvrachten die in kwelgebieden via het diepe grondwater worden aangevoerd (onderkant van bodemprofiel op 7 m -mv.), zijn weergegeven op resp. Kaart 3.3 en 3.4. Deze vrachten zijn berekend op basis van de stikstof- en fosfor-concentraties in het diepe grondwater en de kwelintensiteit. Op de overgang van kleigronden naar de zandgronden worden hoge fosfor- en stikstof-aanvoeren berekend vanwege de hoge kwelintensiteit. In de meeste beekdalen is de stikstofaanvoer ook hoog, maar de fosforaanvoer niet (vanwege de lage fosfor-concentratie). Omdat tijdens het transport door de bodem allerlei omzettingprocessen optreden, komt slechts een beperkt deel van deze stikstof- en fosforaanvoer via kwelwater in het oppervlaktewater terecht.

Voor het historische vernattingsscenario zijn kwel- en wegzijgingsgegevens niet beschikbaar.

Fosfaat-ophoping in de bodem

De fosfaat-ophoping in de bodem is geschat uit het historische fosfaat-overschot van het gebied. Hiervoor is de dataset gebruikt die voor de 31 LEI-districten in Nederland is ontwikkeld (Schoumans et al., 2000). Van deze 31 LEI-districten liggen er 5 volledig in Noord-Brabant. Het historisch fosfaat-overschot in de bodem is berekend door de cumulatieve fosfaat-bemestingsgiften van een gewas (gras, maïs, overig bouwland) in een LEI-district te bepalen (periode 1945-1994; Boers et al., 1997), en hierop de cumulatieve fosfaat-onttrekking van dat gewas in mindering te brengen (Reijerink & Breeuwsma, 1992). Er wordt uitgegaan van een vast

landgebruik. Omdat maïs pas sinds 1970 op grote schaal is verbouwd, wordt maïsland vóór 1970 behandeld als overig bouwland. Vanaf 1995 zijn per bodemgebruiksvorm de fosfaat-overschotten aangenomen die in de regelgevingen zijn vastgelegd. De fosfaat-ophoping die vóór 1945 in de bodem aanwezig was, is ingeschat op basis van twee veronderstellingen. Er is ten eerste verondersteld dat de bodemvruchtbaarheids-toestand van de bouwvoor (net) voldoende was en ten tweede, dat in de ondergrond geen verhoogde fosfaatgehalten aanwezig waren (natuurlijke achtergrondgehalten). Op basis van deze initiële fosfaattoestand van de bodem (1945), de historische fosfaatoverschotten per bodemgebruiksvorm per LEI-district (1945-1994), en het toekomstige mestbeleid (1995-2003 (Tabel 19) en verder) wordt geschat hoeveel fosfaat in 2037 in de bodem aanwezig zal zijn. Dit jaar is gekozen omdat het midden in de periode (2031-2045) ligt, waarvoor het metamodel de gemiddelde nutriëntenbelasting van het grond- en oppervlaktewater voorspelt. Kaart 3.5 geeft een ruimtelijke weergave van deze fosfaatophoping in landbouwgronden, en laat zien dat de historische fosfaatoverschotten in Oostelijk Brabant relatief hoog zijn geweest. Dit maakt duidelijk dat grote hoeveelheden fosfaat reeds in de bodem zijn opgeslagen en dat een fout in de veronderstelde grootte van toekomstige fosfaat-overschotten van geringe invloed zal zijn op de opgeslagen hoeveelheid fosfaat in de bodem in de periode 2031-2045.

Deze berekening van de fosfaat-ophoping in de bodems van Noord-Brabant geeft alleen de orde van grootte. Een gedetailleerder beeld kan verkregen worden door met mestcijfers per gemeente te werken, in plaats van met gemiddelden voor de vijf LEI-districten. Dit geeft een beter inzicht in de ruimtelijke variatie in fosfaat-ophoping. Ook zou men rekening kunnen houden met historische veranderingen in landgebruik, in plaats van met een vast landgebruik te rekenen. Dit vereist echter een aparte studie.

Samenvatting van kenmerkende aannames

Belangrijkste eigenschappen van het metamodel en voornaamste aannames bij de modelanalyse in deze studie, zijn als volgt:

- Metamodel is afgeleid van resultaten van de landsdekkende WSV-studie, waarvan de ruimtelijke schematisatie was afgestemd op de schaal van Nederland;
- Nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater is berekend voor een evenwichtsituatie met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen (LNV, 1999; Tabel 19) en is daarom gebaseerd op gemiddelde resultaten van de WSV-studie voor de 15 jarige periode van 2031-2045;
- Metamodel bestaat uit regressievergelijkingen tussen deze nutriëntenbelasting uit de WSV-studie en gebiedskenmerken;
- In de huidige Noord-Brabant-brede studie wordt gebruik gemaakt van een meer gedetailleerde ruimtelijke schematisatie, en meer recente gegevens dan in de WSV-studie;
- Ruimtelijke distributie van fosfaat-ophoping is vrij grof ten opzichte van die van bodem en grondwater;
- Grondwatertrap is schematisch geactualiseerd op basis van LSK-gegevens;
- Stikstof-depositie is overal 25 kg/ha/jaar;

- Vier typen van bodemgebruik zijn onderscheiden: gras, maïs, bouwland, en natuur (onbemest gras); er is geen verder onderscheid in gewassen mogelijk; maïs wordt altijd met vanggewas geteeld;
- Stikstof-overschot op perceelsniveau, zoals gebruikt in metamodel, is gelijk aan stikstof-verliesnorm vanaf 2003 met correcties voor aanrijking- en verliesprocessen; nog geen aangescherpte normen toegepast op droge zandgronden;
- Fosfor-overschot op perceelsniveau, zoals gebruikt in metamodel, is gelijk aan fosfor-verliesnorm en bestaat uit zowel kunstmest als dierlijke mest;
- Bodemgebruiksverdeling is gebaseerd op LGN3 (Wit et al., 1999) en ligt vast voor hele periode, waarvoor berekeningen worden gedaan; meeste berekeningen zijn gedaan voor een uniform landgebruik over de gehele provincie.

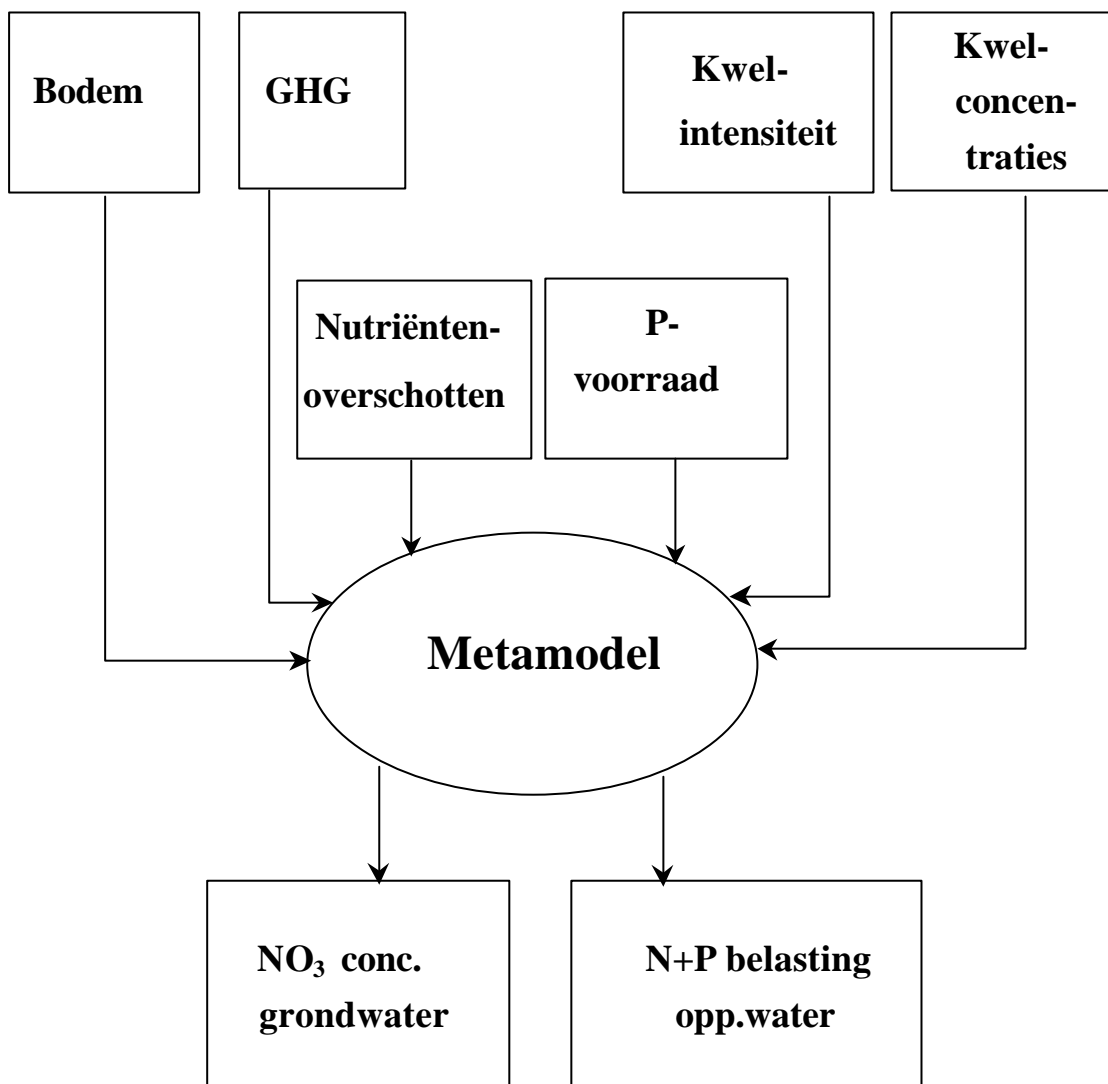
3.4 Samengesteld schaalniveau

Het schaalniveau is belangrijk in verband met de bewerking van invoergegevens, de nauwkeurigheid van invoergegevens voor het model, de betrouwbaarheid van modelberekeningen, de betrouwbaarheid en de interpretatie van modelresultaten. Het heeft te maken met ruimtelijke aggregatie (Groot et al., 1998), het combineren van gegevens, en hun visualisatie. De voorafgaande Sectie (3.3) beschrijft de invoergegevens voor het metamodel en laat zien dat deze gegevens sterk kunnen variëren in mate van detail en daarmee waarschijnlijk samenhangend, in mate van betrouwbaarheid. Het bodemgebruik (25 m bij 25 m) en de GHG-waarde van de grondwatertrap (schaal 1 : 50 000) zijn relatief nauwkeurig bekend. De nutriëntenconcentraties in het water dat op grote diepte omhoog kwelt, zijn daarentegen zeer globaal bekend als gevolg van het ontbreken van data (geschatte schaalniveau 1 : 250 000 tot 500 000). Ook de historische fosfaat-belasting van de bodem, opgesplitst naar de drie belangrijkste bodemgebruiksvormen (gras, maïsland, overig bouwland) in de 5 LEI-districten van Noord-Brabant, is slechts globaal bekend. Feitelijk zouden de modelresultaten dan ook niet op een fijnere schaal gepresenteerd moeten worden dan het grofste schaalniveau van de invoergegevens. Vooralsnog is gekozen voor een 'tussenschaal', namelijk een schaal 1 : 500 000 (grid van 500 m bij 500 m). Dit betekent wel dat het bij de interpretatie van de resultaten meer gaat om relatieve verschillen dan om de exacte absolute getallen.

Vanwege de presentatie hebben we gekozen om de polygonen van de geclusterde bodemkaartenheden te handhaven, omdat daardoor de vrij kleine landschapselementen ook op een provinciale overzichtskaart zichtbaar blijven (bijvoorbeeld zandkoppen, duinen, beekdalen, rivierbeddingen, en veengebiedjes).

3.5 Berekeningswijze

Voor de gehanteerde regressie-vergelijkingen in het metamodel, zoals kortweg beschreven in Sectie 3.2.3, wordt voor meer gedetailleerde informatie verwezen naar Mol-Dijkstra et al. (1999) en Schoumans et al. (in prep.). Een schematisch overzicht van data-invoer en -uitvoer van het metamodel voor de berekening van de nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater wordt gegeven in Figuur 3.



Figuur 3 Schematisch overzicht van Metamodel voor de berekening van de uitspoeling van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater.

3.5.1 Toepassing van metamodel op gridcellen

Strikt genomen zijn er drie metamodellen: één voor de berekening van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, één voor de stikstofbelasting en één voor de fosforbelasting van het oppervlaktewater. Voor elk metamodel zijn er een groot aantal regressievergelijkingen opgesteld: één voor elke combinatie van bodemtype en landgebruik, oftewel $21 \times 4 = 84$. De geldigheid van een regressievergelijking wordt bepaald door het gegevensbereik van de invoervariabelen (nl. gebiedskenmerken zoals GHG en netto kwel in de WSV-studie), die bij het afleiden van de vergelijking zijn gebruikt. Voor, bijvoorbeeld, de combinatie van Bodemtype 9 (zwak lemig fijn zand) en grasland zijn in de WSV-studie als maximum waarden voor GHG 4.72 meter gebruikt en voor wegzijging (netto kwel) -548 mm/jr. In de huidige Noord-Brabant studie zijn ook hogere waarden voor beide invoervariabelen aangetroffen (tot 1000 mm wegzijging en GHG tot 560 cm), zodat deze waarden buiten het bereik van het model liggen. Om het metamodel veilig toe te passen, kunnen de invoergegevens worden afgekapt op de maximale waarden van de WSV-studie. Het nadeel van dit 'afkappen' is dat het effect van opgetreden veranderingen in gebiedskenmerken niet geheel wordt meegenomen, en dat het metamodel ongevoelig wordt gemaakt om nieuwe situaties te evalueren, zodra die buiten het bekende modelbereik vallen. In deze studie worden de invoergegevens daarom niet afgekapt. Echter, wanneer de invoergegevens ver buiten het bereik van het metamodel liggen, is het risico groot dat het model onzinnige uitkomsten geeft. Een controle achteraf van de modelresultaten is een optie, maar dit is niet gedaan. Voor een aantal bodems bleken de waarden van de invoervariabelen zoals toegepast in deze Noord-Brabant studie, vrij ver buiten het bereik van het metamodel te liggen (zie Tabel 21). Dit komt vooral door het gebruik van nieuwere en gedetailleerdere gegevensbestanden.

Tabel 21 Vergelijking tussen gebruikte invoerwaarden in deze Noord-Brabant studie en bereik van het metamodel op basis van de WSV-studie aan de hand van maximale waarden voor GHG en wegzijging per bodemtype onder grasland.

| Bodem- type | Bodemnaam | GHG WSV cm | GHG NBrabant cm | Wegzijging WSV mm/jr ¹⁾ | Wegzijging NBrabant mm/jr ¹⁾ |
|----------------|---------------------|------------------|-----------------------|--|---|
| 7 | stuifzand | 287 | 560 | -365 | -500 |
| 8 | leemarm zand | 167 | 160 | -365 | -500 |
| 9 | zw.-lemig fijn zand | 472 | 560 | -365 | -800 |
| 10 | idem op grof zand | 84 | 160 | +91 | -1000 |
| 11 | st.-lemig fijn zand | 272 | 160 | -365 | -800 |
| 12 | enkeerd | 550 | 560 | -365 | -800 |
| 13 | st.- lemig zand | 105 | 160 | -365 | -800 |
| 14 | grof zand | 45 | 560 | -127 | -800 |
| 21 | leem | 208 | 160 | -255 | -800 |

¹⁾ Netto kwel: positieve waarde duidt op kwel en negatieve waarde op wegzijging.

De mate van milieubelasting bij het telen van een bepaald gewas is voor elke grid van 500 m bij 500 m afzonderlijk berekend. Hierbij wordt aangenomen dat het betreffende gewas in de gehele gridcel wordt geteeld. Bij de inschatting van de

nutriëntenbelasting van het grond- en oppervlaktewater in een gridcel (periode 2031-2045) is telkens uitgegaan van de dominante bodemeenheid, één netto kwelintensiteit en één nutriëntenconcentratie in het kwelwater per gridcel. Omdat de grondwatertrap (lees GHG) van grote invloed is op de mate van de nutriëntenuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater, is de waarde per gridcel tot stand gekomen door een gewogen (evenredig aan grondwatertrap-oppervlakte) gemiddelde te bepalen op basis van de met het metamodel berekende nutriëntenuitspoeling voor afzonderlijke grondwatertrappen.

Deze methodiek is toereikend voor de berekening van de nitraatconcentratie in het grondwater op GLG-niveau en de potentiële stikstofbelasting van het oppervlaktewater. De voorspelling van de fosfor-belasting van het oppervlaktewater is ingewikkelder, omdat deze ook sterk afhankelijk is van de mate van de fosfaatophoping in de bodem. Deze fosfaat-ophoping is een gemiddelde waarde op basis van de verdeling van de bodemgebruiksvormen in een gridcel.

3.5.2 Stikstof en fosfor belasting van oppervlaktewater

Voor de provincie Noord-Brabant is de stikstof- en fosfor-belasting van oppervlaktewateren met het metamodel berekend. Deze stikstof- en fosfor-belasting omvat de totale vracht die vanuit landbouwgronden via diepe of ondiepe grondwaterstroming of via oppervlakteafstroming het stelsel van greppels, sloten en kanalen bereikt. Om deze stikstof- en fosfor-vrachten te kunnen vergelijken met waterkwaliteitseisen (oftewel maximale concentraties) voor het oppervlaktewater, zijn deze vrachten omgerekend naar gemiddelde concentraties in het bodemvocht dat afstroomt naar het oppervlaktewater. De 4e Nota Waterhuishouding (V & W, 1999) geeft als maximaal toelaatbaar risico (MTR) waarden voor eutrofiëringgevoelig stilstaand water: 2,2 mg N/l en 0,15 mg P/l. Bij een geringe waterafvoer naar het oppervlaktewater kan de concentratie echter een vertekend beeld van het probleem opleveren. Een hoge concentratie in een zeer kleine afvoer heeft nauwelijks invloed op de totale oppervlaktewaterbelasting. Dit toont het nadeel van het rekenen met concentraties: bijdrage van de landbouw aan de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater wordt niet meer wordt gekwantificeerd (oorspronkelijk doel van het metamodel), en dus ook niet de mate van beïnvloeding van de concentraties in het oppervlaktewater door de landbouw. Het voordeel is dat wel aangegeven kan worden of de kwaliteit van het bodemvocht dat afstroomt uit landbouwgronden naar oppervlaktewateren, voldoet aan de normen voor de oppervlaktewaterkwaliteit. Voor de omrekening naar afstromingsconcentraties wordt de stikstof- of fosfor-vracht gedeeld door de waterafvoer uit de landbouwgronden. In deze waterafvoer is wegzijging en kwelaanvoer verdisconteerd (zie hieronder). In deze studie hebben de termen wegzijging en kwelaanvoer betrekking op de neer- en opwaartse waterstromingen door het ondergrensvlak van het bodemprofiel op 7 meter diepte. De waterafvoer naar oppervlaktewater is als volgt geschat:

Kwelsituaties:

Waterafvoer = netto neerslagoverschot + kwelaanvoer (7 m - mv.)

Wegzijingssituaties:

Waterafvoer = netto neerslagoverschot - wegzijging (7 m - mv.)

Het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot is voor grasland op 215 mm gesteld, en voor maïsland en bouwland op 300 mm, en deze waarden zijn gehanteerd voor alle bodem en Gt combinaties. Dit is een globale maar bruikbare benadering. Het neerslagoverschot wordt in werkelijkheid ook door bodemtype en grondwatersituatie bepaald, echter de spreiding binnen een gewastype is niet erg groot. Ter vergelijking, de WSV-studie geeft als gemiddeld neerslagoverschot voor alle gewas-bodem-Gt situaties 271 mm, met een standaardafwijking van 68 mm.

De gemiddelde stikstof- en fosforconcentratie in de afstroming uit landbouwgronden, uitgedrukt in resp. mg N/l en mg P/l, wordt berekend uit het quotiënt van de N- (of P-) vracht (uit metamodel) en de waterafvoer (zie hierboven):

Afstromingsconcentratie (N) = Stikstof-vracht (kg N/ha/jaar)*100/ Waterafvoer (mm/jaar)

De stikstof- en fosfor-concentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater zijn minder betrouwbaar dan de met het metamodel berekende stikstof- en fosforbelasting. De onzekerheid in deze concentraties wordt vooral bepaald door de onzekerheid over de waterafvoer naar het oppervlaktewater. Met name in wegzijgingsgebieden is de afstroming naar het oppervlaktewater klein tot nihil. Dan kan de fout in de voorspelde concentraties zeer groot (tot zelfs oneindig bij een waterafvoer gelijk aan nul) worden. Om deze effecten te minimaliseren, is verondersteld dat bij lage waterafvoeren (minder dan 100 mm/jaar) er geen lokaal oppervlaktewater aanwezig is, en dus geen (ondiepe) nutriëntenafstroming. Deze aanname betekent dat er onder grasland geen waterafvoer naar het oppervlaktewater is wanneer de diepe wegzijging meer dan 115 mm/jaar bedraagt. Onder maïs en bouwland ligt de grens bij 200 mm/jaar wegzijging.

Naast de afstroming van stikstof uit landbouwgronden naar het oppervlaktewater kan ook de atmosferische depositie als een diffuse bron beschouwd worden. Een gemiddelde N-depositie van 25 kg N/ha.jaar en een gemiddelde neerslag van 800 mm/jaar resulteert in een concentratie van 3.1 mg N/liter. Dat is al boven de MTR norm.

3.5.3 Vertaling van metamodeluitkomsten naar de bodemkaartenheden

De invoer van het metamodel is een mengsel van gridcel- en polygoonkenmerken. De inhoud van gridcellen noch polygonen is homogeen. Het betreft vaak procentuele verdelingen over verschillende categorieën, zoals bodemtype, grondwatertrap, en bodemgebruik. Afhankelijk van het belang van de eigenschap wordt er, als modelinvoer, soms de dominante, meest voorkomende waarde gebruikt en soms wordt er rekening gehouden met de verdeling over verschillende klassen (bijvoorbeeld bij GHG). Bij de toekenning van gridwaarden aan polygonen worden de verdelingen in de gridcel zoveel mogelijk overgenomen in de polygoonwaarde.

Wanneer een polygoon over een aantal gridcellen heen ligt, kan daardoor informatie afkomstig van diverse gridcellen gemiddeld worden, en kunnen lokale verschillen weggemiddeld worden. Het zou mooi zijn als door dergelijke procedures fouten worden weggemiddeld, maar het kan ook gebeuren dat fouten worden geïntroduceerd, of dat er in de ruimtelijke schematisatie (Groot et al., 1998) niet bestaande artefacten opduiken. Ter verduidelijking, een simpel voorbeeld. Stel dat een gebied bestaat uit twee landschapstypen met voor de helft nat weiland en voor de ander helft droge akkers. Een ongelukkige schematisatie zou kunnen leiden tot een verdeling in vier kwarten van nat en droog weiland, en natte en droge akkers.

Het metamodel berekent de nutriëntenuitspoeling voor een gridcel van 500 bij 500 meter als een gemiddelde voor het dominante bodemtype en de GHG combinaties die in de gridcel voorkomen. Dit modelresultaat wordt vervolgens vertaald naar een polygoonkaartvlak van de bodemkaart. De nutriëntenuitspoeling is berekend voor Noord-Brabant onder de aanname dat één bepaald gewas de provincie geheel zou bedekken. De uitspoeling onder het huidige landgebruik is bepaald door per grid cel van 500x500 meter de verdeling van vier onderscheiden bodemgebruiktypen af te leiden uit LGN3 (Wit et al., 1999), en voor elke grid cel de naar bodemgebruik gewogen uitspoeling te bepalen. Dit resulteert in uitspoelingskaarten voor een grid van 500x500 meter.

3.6 Resultaten metamodel voor huidige hydrologie

De uitkomsten van het metamodel zijn in kaart gebracht. De legenda is zodanig gekozen, dat groene kleuren overeenkomen met streefwaarden voor waterkwaliteit, en rood met situaties, waarin de normen voor waterkwaliteit duidelijk overschreden worden. Het tussengebied, waarbij enige verbetering wenselijk is, is met oranje aangegeven. Op de kaarten staan ook witte gebieden, waar basisinformatie ontbreekt, meestal de GHG waarde (bijvoorbeeld, in buitendijkse gronden en in de uiterwaarden, en een speciaal geval bij Bergeijk, waar vroeger vloeivelden lagen). In het geval van netto kwel zijn witte vlekken weggepoetst door gemiddelde waarden van omliggende gridcellen te nemen. Ter ondersteuning van de orientatie is de infrastructuur van hoofdwegen en bebouwing zwart afgedrukt over de kaart. De werkelijke bebouwde oppervlakte volgens de LGN kaart is groter vanwege recente uitbreidingen.

Er is ook een grijze legendakleur voor situaties dat de model-resultaten ongeldig waren. Dit is met name het geval op de kaarten van de stikstof- en fosfor-afstroming naar oppervlaktewater. Deze ongeldige resultaten hebben te maken met een criterium dat is toegepast om gebieden met een lage waterafvoer uit te sluiten van bijdrage aan nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater (zie Sectie 3.5.2). Dit betekent dat onder grasland alle gebieden met een diepe wegzijging van meer dan 115 mm/jaar grijs zijn gemaakt (afvoerloos verklaard, zie Kaart 3.7). Onder maïs en bouwland ligt deze grens bij 200 mm wegzijging. Dit blijkt uit de ligging van de grijze gebieden in vergelijking met de ligging van de wegzijgingsgebieden volgens de netto kwelkaart (Kaart 3.5.2). Deze vergelijking laat ook zien dat de kwelintensiteitswaarden eerst nog regionaal gemiddeld zijn, voordat ze gebruikt zijn bij de afbakening van afvoerloze

gebieden. Hierdoor zijn gebieden met hoge wegzijging die vlak naast gebieden liggen met hoge kwel, toch niet grijs geworden zijn. Voor gras is het grijze gebied groter dan voor bouwland en maïs, omdat gras een lager neerslagoverschot heeft. Als extra criterium had ook de Gt of GHG (Kaart 3.2) gebruikt kunnen worden om gebieden uit te sluiten van bijdrage aan oppervlaktewaterafvoer. Het kaartbeeld was dan nog iets gewijzigd omdat de inzijging (Kaart 3.5.2) en Gt-gegevens niet consistent aan elkaar gekoppeld zijn (nl. afkomstig uit verschillende bronnen). De meeste gronden met zeer diepe GHG komen overeen met gronden met sterke wegzijging. Uitzonderingsgebieden met zeer diepe GHG die niet zijn uitgesloten vanwege sterke wegzijging, zijn de Loonse en Drunense Duinen, de zandrug van Nuland-Geffen, een deel van de zandrug Lage Mierde-Son, een stuk land ten zuidoosten van Geldrop, en tussen Valkenswaard en Eindhoven.

De nutriëntenemissie-berekeningen met het metamodel zijn in eerste instantie gedaan voor de onderscheiden bodemgebruikstypen (gras, maïs en overig bouwland) afzonderlijk, waarbij de gehele provincie dus voor dit type wordt gebruikt. De uitkomsten zijn later in een aparte bewerkingsslag gesplitst naar bodemgebruik volgens de bodemgebruiksgegevens van 1995 (LGN3 (Wit et al., 1999) voor een grid van 25 m bij 25 m (bron: Noord-Brabant)). Daarbij zijn de gedetailleerde bodemgebruiksvormen van LGN3 toegewezen aan de vier bodemgebruikstypen die door het metamodel worden onderscheiden. Vervolgens zijn de modelresultaten geaggregeerd voor het huidige landgebruik (oftewel, gewogen gemiddelde van nutriëntenemissies voor de onderscheiden bodemgebruikstypen), om de nutriënten-belasting van grond- en oppervlaktewater bij het huidige landgebruik over geheel Noord-Brabant te berekenen.

Voor de huidige hydrologie is een overzicht gemaakt van de landarealen met verschillende klassen nutriëntenconcentraties in het grondwater en in de afstroming naar het oppervlaktewater bij verschillende soorten van landgebruik (Tabel 22). Dezelfde resultaten zijn procentueel uitgedrukt ten op zichte van het totale landbouwareaal in Noord-Brabant (Tabel 23). Deze resultaten worden verderop (Sectie 3.7) vergeleken met de resultaten voor het vernattingsscenario volgens Hydrologie 1850 (Tabellen 24 en 25).

3.6.1 Nitraatconcentratie in het grondwater

De met het metamodel berekende nitraatconcentratie in het bovenste grondwater tijdens de periode 2031-2045 voor gras-, maïs- en bouwland over geheel Noord-Brabant is weergegeven op resp. Kaart 3.6, 3.10 en 3.14. Tevens is de nitraatconcentratie bij het huidige bodemgebruik in Noord-Brabant bepaald (Kaart 3.37). Deze kaarten laten zien dat bij alle drie de landgebruiksvormen het huidige mestbeleid ontoereikend is om op de droge zandgronden te kunnen voldoen aan de norm van 50 mg NO₃/l in het grondwater. Hierbij moet worden opgemerkt dat er nog geen rekening gehouden is met het aanvullende stikstofbeleid voor droge zandgronden (zie Tabel 19: verliesnorm 40 kg N/ha lager). Alleen de kleigronden zullen op termijn aan de streefwaarde voor het bovenste grondwater kunnen voldoen (25 mg NO₃/l).

Tabel 22 Landbouwarealen die behoren tot een aantal nutriëntenemissie-klassen bij uniforme teelt van één gewas op alle gronden in Noord-Brabant. Scenario: Huidige hydrologische situatie.

Oppervlakten (ha) behorende bij klassen van gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater

| Klassen (mg NO ₃ /l) | Grasland (kaart 3.6) | Maïsteelt (kaart 3.10) | Overig bouwland (kaart 3.14) |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0-25 | 120671 | 146031 | 115405 |
| 25-50 | 230291 | 280845 | 227142 |
| 50-75 | 76127 | 12235 | 94019 |
| >=75 | 12137 | 115 | 2661 |
| Onbepaald | 173 | 173 | 173 |
| Overig | 60808 | 60808 | 60808 |
| Totaal | 500207 | 500207 | 500208 |

Oppervlakten (ha) behorende bij klassen van gemiddelde stikstofconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater

| Klassen (mg N/l) | Grasland (kaart 3.7) | Maïsteelt (kaart 3.11) | Overig bouwland (kaart 3.15) |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0-5 | 123777 | 267581 | 159188 |
| 5-10 | 146746 | 59179 | 161313 |
| >=10 | 4063 | 1039 | 4855 |
| Onbepaald | 164813 | 111600 | 114043 |
| Overig | 60808 | 60808 | 60808 |
| Totaal | 500207 | 500207 | 500207 |

Oppervlakten (ha) behorende bij klassen van gemiddelde fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater

| Klassen (mg P/l) | Grasland (kaart 3.8) | Maïsteelt (kaart 3.12) | Overig bouwland (kaart 3.16) |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0-0,15 | 90218 | 148704 | 124046 |
| 0,15-0,3 | 69255 | 89186 | 87143 |
| >=0,3 | 126050 | 95464 | 123409 |
| Onbepaald | 153876 | 106044 | 104802 |
| Overig | 60808 | 60808 | 60808 |
| Totaal | 500207 | 500206 | 500208 |

Kaart 3.6 laat zien, dat indien de gehele provincie wordt omgezet in grasland en de toekomstige nutriëntenuitspoeling in evenwicht is met de nutriëntenverliesnorm voor 2003 (Tabel 19), verwacht mag worden dat de streefwaarde van 25 mg NO₃/l nagenoeg overal (nl. 73%) in de zandgebieden wordt overschreden en dat de MTR-waarde (maximaal toelaatbaar risico) van 50 mg NO₃/l (tevens EU richtwaarde voor grondwater) wordt overschreden in 20% van het totale landbouwareaal (Tabel 23). Dit laatste is nog een onderschatting. In de gevarenzone liggen de droge zandgronden met GtVII en GTVII*, waarvoor in deze studie gerekend is met GHGs van 160 en 560 cm. Een klein deel van de zandgronden met GtVI (met GHG op 82 cm) valt ook in het rood (>50 NO₃ mg/l). Vergelijk hiervoor Kaart 3.6 met de GHG kaart (Kaart 3.2). Het grootste risicogebied ligt met name rond Eindhoven. Verder komen rode gebieden (>50 NO₃ mg/l) voor bij Bergen op Zoom, tussen Roosendaal en Breda, op de zandrug Oosterhout-Rijen-Baarle, bij Loon op Zand, wat verspreid tussen Hilvarenbeek en

Vught, bij Oss, op de Peelhorst, bij Overloon en langs de Maas bij Boxmeer. Voor een deel van de droge zandgronden heeft het metamodel de nitraat-uitspoeling fors onderschat, en deze gronden zouden ook rood ingekleurd moeten zijn. Het zijn de stuifzanden en grove zanden (bodems 7 en 14) met overwegend diepe GHG, die in werkelijkheid veelal onder dennenbos of heide liggen. Het zijn de bossen ten zuiden van Bergen op Zoom, het droge zandcomplex bij Gilze-Rijen, de Loonse en Drunense Duinen, de zandrug tussen Lage Mierde en Son, het land ten oosten van Geldrop, de zandrug van Geffen-Nuland, de grofzandige noordkop van de Peelhorst, stuifzanden in de hoek bij Overloon, en achter Deurne. Nagenoeg al deze zandgronden zullen niet aan deze norm kunnen voldoen bij grasland. In de praktijk is het beeld minder dramatisch dan hier geschetst, omdat de meest gevoelige gronden voor nitraatuitspoeling in Noord-Brabant als bos en natuurgebied in gebruik zijn.

Tabel 23 Percentage van totale landbouwareaal (in totaal: 449400 ha) dat behoort tot een van de nutriëntenemissie- klassen bij uniforme teelt van één gewas op alle gronden in Noord-Brabant. Scenario: Huidige hydrologische situatie

Relatieve oppervlakten (%) behorende bij klassen van gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater

| Klassen (mg NO ₃ /l) | Grasland (kaart 3.6) | Maïsteelt (kaart 3.10) | Overig bouwland (kaart 3.14) |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0-25 | 27,5 | 33,2 | 26,3 |
| 25-50 | 52,4 | 63,9 | 51,7 |
| 50-75 | 17,3 | 2,8 | 21,4 |
| >=75 | 2,8 | 0,0 | 0,6 |
| Onbepaald | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Overig | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totaal | 100 | 100 | 100 |

Relatieve oppervlakten (%) behorende bij klassen van gemiddelde stikstofconcentratie in afstroming naar het oppervlaktewater

| Klassen (mg N/l) | Grasland (kaart 3.7) | Maïsteelt (kaart 3.11) | Overig bouwland (kaart 3.15) |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0- 5 | 28,2 | 60,9 | 36,2 |
| 5-10 | 33,4 | 13,5 | 36,7 |
| >=10 | 0,9 | 0,2 | 1,1 |
| Onbepaald | 37,5 | 25,4 | 26,0 |
| Overig | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totaal | 100 | 100 | 100 |

Relatieve oppervlakten (%) behorende bij klassen van gemiddelde fosforconcentratie in afstroming naar het oppervlaktewater

| Klassen (mg P/l) | Grasland (kaart 3.8) | Maïsteelt (kaart 3.12) | Overig bouwland (kaart 3.16) |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0 -0,15 | 20,5 | 33,8 | 28,2 |
| 0,15-0,3 | 15,8 | 20,3 | 19,8 |
| >=0,3 | 28,7 | 21,7 | 28,1 |
| Onbepaald | 35,0 | 24,1 | 23,9 |
| Overig | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totaal | 100 | 100 | 100 |

In de klasse 25-50 mg nitraat-uitspoeling vallen de meeste vochtige zandgronden met GtVI en lager. Ze voldoen dus wel aan de EU-richtlijn. Vrij grote aaneengesloten stukken land in het zandgebied die hieraan voldoen liggen in West-Brabant ten oosten van de Brabantse wal tot Roosendaal en Oudenbosch, ten zuiden van Breda in het stroomgebied van de Mark rond Zundert en rond Chaam. Aan de andere kant van de zandrug van Gilze ligt een groot stuk land ten noorden van het Wilhelminakanaal. Ook het vrij vochtige land van Boxtel en Oisterwijk, en een groot oppervlak tussen gelegen tussen Den Bosch-Nistelrode-Helmond-Boxtel kunnen aan de norm voldoen. De gronden in het zandgebied die nog beneden de streefwaarde van 25 mg NO₃/l blijven, liggen vooral in de beekdalen en het vochtige land in de Meijerij en de Leijgraaf, ruwweg in de driehoek tussen Helmond, Den Bosch en Tilburg. Het zijn veelal gronden met tamelijk fijne textuur, zoals klei op zand, leem en sterk lemige gronden. Zoals eerder vermeld, wordt de streefwaarde van 25 mg NO₃/l in het grondwater in het kleigebied (d.w.z. het zeeklei- en het rivierkleigebied en de daarop aansluitende veengronden) vrijwel nergens overschreden.

De nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder overig bouwland (Kaart 3.14) over geheel Noord-Brabant vertoont grote gelijkheid met het beeld voor grasland. In de kleigronden zijn de nitraat-concentraties laag. Concentraties boven de streefwaarde van 25 mg NO₃/l worden vrijwel overal in de zandgronden aangetroffen, en de hoogste concentraties (>50 mg NO₃/l) in met name de droge zandgronden (zie Kaarten 3.1. en 3.2). Over het algemeen is de nitraat-concentratie onder bouwland iets hoger dan onder gras. Uitzonderingen vormen de westelijke helft van de Kempen en de Peelhorst bij Uden met hogere nitraat-concentraties onder grasland. De redenen voor deze verschillende nitraat-concentraties onder grasland en overig bouwland hebben te maken met de verschillen tussen grasland en bouwland, maar zijn niet geheel duidelijk. Grasland verschilt van bouwland vooral m.b.t. een hoger stikstof-overschot, een geringere bewortelingsdiepte, een langer groeiseizoen, een groter vochtgebruik dat ook regelmatig verdeeld is over het langere groeiseizoen, en een geringere wegzijging.

De nitraatconcentratie in het bovenste grondwater is bij de teelt van maïs in de gehele provincie duidelijk lager dan bij grasland of overig bouwland (Kaart 3.10). Overschrijding van de MTR-waarde van 50 mg NO₃/l doet zich voor in minder dan 3% van het totale areaal landbouwgrond in de provincie. Ondanks dat er geen verschil is in stikstof-overschot tussen maïspcelen en overige bouwlandpercelen, is de nitraatconcentratie in grondwater onder velden met maïs verschillend van die onder overige bouwland. Bij maïsteelt spoelt er gemiddeld ongeveer evenveel water uit naar het grondwater als bij overige gewassen, maar de verdeling ervan over het seizoen is anders. Overige verschillen in nitraat-uitspoeling en dus nitraatconcentratie in het grondwater worden veroorzaakt door het verschil in groeipatroon van maïs en overig bouwland tijdens het groeiseizoen en door de teelt van een vanggewas alleen na maïsteelt. Teelt van een vanggewas resulteert in minder nitraatuitspoeling. De enige gebieden waar de MTR-waarde van maximaal 50 mg NO₃/l wordt overschreden, zijn de locaties met een zeer sterke wegzijging (zie Kaart 3.5.2). Nitraatconcentraties in grondwater blijven bij de teelt van maïs alleen onder de

streefwaarde van 25 mg NO₃/l op de kleigronden (Kaart 3.1) en op de relatief natte zandgronden (Kaart 3.2: GHG < 60cm).

Bij het huidige bodemgebruik in Noord-Brabant is de nitraat-concentratie in het bovenste grondwater alleen beneden de streefwaarde van 25 mg NO₃/l in de noordelijke en noordwestelijke kleigebieden (Kaart 3.37). Op deze kaart zijn de grijze, onbepaalde plots voornamelijk de arealen bossen en natuur, waarvoor de NO₃-concentraties niet zijn berekend. In de zandgronden zijn de NO₃-concentraties meestal boven deze streefwaarde, maar beneden de MTR-waarde van 50 mg NO₃/l. Overschrijding van de MTR-waarde doet zich vooral voor op de zandgronden met een diepe grondwaterstand (Kaart 3.2). Dergelijke overschrijdingen doen zich vaker voor dan bij alleen maïsteelt (Kaart 3.10), maar veel minder vaak dan bij alleen grasland (Kaart 3.6). Dit is te verwachten aangezien het bodemgebruik op de zandgronden voornamelijk bestaat uit afwisselend grasland en maïsteelt.

3.6.2 Stikstofbelasting van het oppervlaktewater

De met het metamodel berekende stikstofconcentratie in het water dat afstroomt vanuit landbouwgronden naar het oppervlaktewater tijdens de periode 2031-2045 voor gras-, maïs- en overig bouwland in geheel Noord-Brabant, is weergegeven op resp. Kaart 3.7, 3.11 en 3.15. Vervolgens is de stikstofconcentratie over geheel Noord-Brabant bepaald bij het huidige bodemgebruik (Kaart 3.38). De MTR-waarde voor het oppervlaktewater bedraagt 2,2 mg N/l (Sectie 3.5.2). Zoals in deze laatste sectie is aangegeven, ligt de gemiddelde stikstofconcentratie in neerslag op het oppervlaktewater al boven deze MTR-norm. Deze oppervlaktewaterkwaliteitsnorm is met name vastgesteld voor stilstaand eutrofiëringsgevoelig oppervlaktewater (zoals meren en plassen) en niet zozeer voor waterlopen met doorstroming en menging met ander water (zoals beken). Omdat de met het metamodel berekende stikstofconcentratie geldt op het moment van uitstroming uit het bodemprofiel en er veel stikstof verloren gaat via denitrificatie tijdens het transport naar het oppervlaktewater en aan het grensvlak met het oppervlaktewater (slootwand/waterbodembodem), kan een met het metamodel berekende stikstofconcentratie van 5 mg N/l ongeveer gelijk gesteld worden aan de MTR-norm van 2.2 mg N/l. Deze grenswaarde en veelvouden ervan zijn voor de legenda-indeling gebruikt (bijv. Kaart 3.7). Deze indeling geeft de mate van kwetsbaarheid aan voor stikstofuitspoeling naar oppervlaktewater binnen de provincie.

Indien de hele provincie wordt omgezet in grasland en de toekomstige nutriëntenuitspoeling in evenwicht is met de nutriëntenverliesnormen voor 2003 (Tabel 19), wordt de grenswaarde van 5 mg N/l niet overschreden in 28% van het totale landbouwareaal (Kaart 3.7; Tabel 23). Dit areaal dat niet kwetsbaar is voor de uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater, omvat voornamelijk de lichte zeelegronden (Noord-west Brabant) en de lichtere riverkleigronden. Ook in een deel van de natte zandgronden (GHG < 50cm -mv.) worden deze lage stikstofconcentraties verwacht. Dit heeft te maken met het gunstige effect van denitrificatie op de uitspoeling. Het verband tussen de stikstofafstroming naar het

oppervlaktewater en de stikstofaanvoer via kwel vanuit de diepe ondergrond (Kaart 3.3) is bestudeerd. Stikstofaanvoer via kwel doet zich voor op de overgang van zand naar klei in West Brabant in de lijn Halsteren-Waalwijk, in de beekstelsels van de Mark (ten zuiden van Breda), van de Dommel en van de Aa, en in noordoost Brabant tussen Peel en Maas. De kwaliteit van het kwelwater blijkt zo goed te zijn dat de oppervlaktewaterkwaliteit er meestal niet door verslechtert. Kaart 3.7 laat zien dat de stikstofconcentratie in afstroming vanuit zandgronden naar het oppervlaktewater iets onder of boven de grenswaarde van 5 mg N/l ligt en nauwelijks beïnvloed wordt door de kwel. Alleen in Zuidoost Brabant zijn er een aantal locaties met hoge stikstofconcentraties (>2x de grenswaarde), die vooral samen hangen met de aanwezigheid van veenlagen in de bodem (Kaart 3.1).

De droge zandgronden met een diepe grondwaterstand (Kaart 3.2) hebben meestal een sterke wegzijging naar de diepe ondergrond en vrijwel geen afstroming naar het oppervlaktewater. Deze gebieden die grijs zijn aangegeven (begin van Sectie 3.6) en die ongeveer 38% van alle landbouwgebieden in Noord-Brabant (Tabel 23) beslaan, dragen vrijwel niet bij aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater. Er zijn een aantal 'grijs aangegeven' gebieden, die als vrij vochtig te boek staan, zoals bijvoorbeeld bij Udenhout-Haren, tussen Schijndel en Boxtel, en bij Erp. Anderzijds zijn er ook droge gronden met diepe GHG, die niet grijs zijn aangegeven. Het globale beeld klopt dus wel, maar soms is er een mismatch tussen GHG en wegzijging.

De stikstofconcentraties in de afstroming vanuit overig bouwland (in geheel Noord-Brabant; Kaart 3.15) naar het oppervlaktewater zijn vrijwel identiek aan die vanuit grasland. Het voornaamste verschil zijn de grijze gebieden die vrijwel niet afvoeren naar het oppervlaktewater. Voor grasland zijn de grijze gebieden groter, omdat grasland een lager neerslagoverschot heeft (zie Sectie 3.5.2).

De stikstofconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater zijn bij de teelt van alleen maïs (met vanggewas) over geheel Noord-Brabant lager (Kaart 3.11) dan bij grasland en overig bouwland. De lagere uitspoelingsconcentraties bij maïsteelt zijn het gevolg van een gunstiger groeipatroon (d.w.z. meer stikstofopname tijdens uitspoelingsgevoelige perioden, met name door vanggewas). In ongeveer 61% (268 000 ha) van het totale landbouwareaal blijven de stikstofconcentraties beneden de grenswaarde van 5 mg N/l en in ca. 25% van het totale areaal (Tabel 23) is de waterafvoer naar het oppervlaktewater verwaarloosbaar (grijze areaal). Op slechts 14% van het areaal zijn de stikstofconcentraties iets boven de grenswaarde. Stikstofconcentraties boven 10 mg N/l komen praktisch niet voor.

Bij het huidige bodemgebruik in Noord-Brabant is de stikstof-concentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater beneden de grenswaarde van 5 mg N/l in de droge zandgronden (Kaart 3.38) met een diepe grondwaterstand (Kaart 3.2). Op Kaart 3.38 zijn de grijze, onbepaalde plots voornamelijk de arealen bos en natuur, waarvoor de stikstof-concentraties niet zijn berekend. In de nattere zandgronden zijn de stikstof-concentraties soms wel en soms niet boven deze grenswaarde. Dergelijke overschrijdingen doen zich vaker voor dan bij alleen maïsteelt (Kaart 3.11), maar veel

minder vaak dan bij alleen grasland (Kaart 3.7). Dit is te verwachten aangezien het bodemgebruik op de zandgronden voornamelijk bestaat uit afwisselend grasland en maïsteelt.

3.6.3 Fosforbelasting van het oppervlaktewater

De met het metamodel berekende fosforconcentratie in het water dat afstroomt vanuit landbouwgronden naar het oppervlaktewater tijdens de periode 2031-2045 voor gras-, maïs- en overig bouwland in geheel Noord-Brabant, is weergegeven op resp. Kaart 3.8, 3.12 en 3.16. Vervolgens is de fosforconcentratie over geheel Noord-Brabant bepaald bij het huidige bodemgebruik (Kaart 3.39). De MTR-waarde voor stilstaand eutrofiëringsevoelig oppervlaktewater bedraagt 0.15 mg P/l (Sectie 3.5.2). De legenda-klassen op de kaarten zijn gebaseerd op veelvouden van deze MTR-waarde.

De fosforconcentratie in de uitspoeling onder grasland (Kaart 3.8) is hoog (>0,3 mg P/l, oftewel meer dan 2x de MTR-waarde) in het grootste deel van het zeelei- en rivierkleigebied (Kaart 3.1) in het noordelijk deel van Noord-Brabant. Deze hoge waarden zijn in strijd met de verwachting, omdat kleigronden een relatief hoog fosfaatbindend vermogen bezitten (Schoumans & Breeuwsma, 1990). Bij nadere analyse bleek deze hoge fosforafspoeling vanuit kleigronden een artefact van het metamodel te zijn. Daarom kan men aannemen dat de fosforconcentratie in de afspoeling vanuit kleigronden laag en meestal beneden de MTR-waarde blijft, en dat de met het metamodel voor kleigronden berekende fosforconcentratie onjuist is. De fosfor-aanvoer via kwel vanuit de diepere ondergrond (Kaart 3.4) blijkt beperkt te zijn, en alleen van enige betekenis op de overgang van zand- naar klei-gebieden. Deze fosfor-aanvoer via kwel verklaart dus ook niet de hoge fosforafspoeling uit kleigronden. De zandgebieden kunnen in tweeën worden verdeeld, namelijk westwaarts en oostwaarts van de lijn Den Bosch-Eindhoven. In de westelijke zandgebieden is de fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater beneden de MTR-waarde, met uitzondering van hogere fosforconcentraties in de driehoek Goirle-Boxtel-Best (Kaart 3.8). In de oostelijke zandgebieden zijn de fosforconcentraties meestal boven de MTR-waarde (d.w.z. 0.15 – 0.30 mg P/l). De belangrijkste oorzaak van deze tweedeling is de grotere fosfaatophoping in de zandgronden in het oostelijk deel van Noord-Brabant (Kaart 3.5). In dit deel van Noord-Brabant heeft de sterke groei van de intensieve veehouderij tijdens de afgelopen decennia geresulteerd in grote mest- en fosfaatoverschotten. Daarom is de hoeveelheid fosfaat in landbouwgronden in dit gebied geaccumuleerd tot 10 à 16 ton fosfaat per hectare (Kaart 3.5). In deze zandgronden is de fosfaatverzadigingsgraad dus hoog. In nattere zandgronden met een hogere grondwaterstand is de fosfaatvastleggingscapaciteit beperkter dan in droge zandgronden. De hoogste fosforconcentraties in de afspoeling van zandgronden onder gras naar het oppervlaktewater (Kaart 3.8) doen zich daarom voor in de gebieden met een grote fosfaataccumulatie (Kaart 3.5: oostelijk deel) en een hoge GHG (Kaart 3.2). De hoge fosforconcentratie zoals bepaald voor de Drunense duinen en ander stuifduinen in

Oost Brabant, is een artefact (d.w.z. veroorzaakt door een lage P-vracht te delen door een zeer lage waterafvoer, zie Sectie 3.5.2).

Wanneer de hele provincie in gebruik zou zijn als overig bouwland, stemt het ruimtelijk beeld van de fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater (Kaart 3.16) sterk overeen met het ruimtelijk beeld voor grasland (Kaart 3.8). De fosforconcentratie voor bouwland is gemiddeld iets lager dan voor grasland, maar het verschil is klein. De fosforconcentratie in de afstroming onder maïsland (Kaart 3.12) is nog weer iets lager dan de fosforconcentratie onder overig bouwland, maar het ruimtelijk beeld stemt opnieuw sterk overeen. Evenals bij de kaartbeelden voor stikstof, is het areaal met een sterke wegzijging naar de diepere ondergrond en vrijwel geen afstroming naar het oppervlaktewater (dus 'grijs aangegeven') kleiner bij overig bouwland of maïsteelt in geheel Noord-Brabant dan bij volledig grasland (zie begin van Sectie 3.6). De verschillen in fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater tussen de drie verschillende vormen van grondgebruik zijn kleiner dan de verschillen voor stikstof. Bijvoorbeeld, de MTR-waarde van 0,15 mg P/l wordt in ongeveer 45% van het totale landbouwareaal overschreden, met een kleine variatie tussen grasland, maïsteelt en bouwland (nl. resp. 45%, 42% en 48% (Tabel 23)). De belangrijkste oorzaak van deze geringe verschillen in fosforconcentratie in de afstroming is gelegen in het feit dat de fosforconcentratie sterk wordt gereguleerd door de fosfaatophoping in de bodem. Daarbij komt dat de toegepaste fosfaatverliesnormen niet gedifferentieerd zijn naar gewas (Tabel 19).

Bij het huidige bodemgebruik in Noord-Brabant is de fosfor-concentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater beneden de MTR-waarde van 0.15 mg N/l in de droge zandgronden (Kaart 3.39) met een diepe grondwaterstand (Kaart 3.2). Op Kaart 3.39 zijn de grijze, onbepaalde plots voornamelijk de arealen bos en natuur, waarvoor de fosfor-concentraties niet zijn berekend. In de nattere zandgronden zijn de fosfor-concentraties soms boven de MTR-waarde in West-Brabant, en vaak boven deze norm in Oost-Brabant. De frekwentie van dergelijke overschrijdingen is vergelijkbaar met die voor maïsteelt (Kaart 3.12) en grasland (Kaart 3.8). Dit is te verwachten aangezien het bodemgebruik op de zandgronden voornamelijk bestaat uit afwisselend grasland en maïsteelt. De hoge fosforconcentratie in de afstroming uit kleigronden in de noordelijke en noord-westelijke delen van Noord-Brabant (Kaart 3.39) bleek een artefact van het metamodel te zijn. Daarom kan men aannemen dat de fosforconcentratie in deze kleigronden laag is en meestal beneden de MTR-waarde blijft.

3.7 Resultaten metamodel voor Hydrologie 1850

De nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater zijn met het metamodel berekend voor een situatie, waarin de grondwaterstanden zouden overeenstemmen met die in het jaar 1850 (bron: provincie Noord-Brabant). Vernatting volgens Hydrologie 1850 resulteert in grote delen van Noord-Brabant met een GHG ondieper dan 40 cm en zelfs ondieper dan 25 cm. (Kaart 4.2). Een vergelijking van deze nutriëntenbelasting voor

1850 en de huidige nutriëntenbelasting geeft een indicatie van het milieurendement van een dergelijke vernatting van het Noord-Brabantse land. In de situatie van 1850 is ook de kwel/wegzijging in het gebied drastisch gewijzigd t.o.v. de huidige situatie. Dergelijke kwel/wegzijging gegevens voor 1850 zouden beschikbaar moeten zijn, maar dit is niet geval en dit beperkt de kwaliteit van de berekende nutriëntenuitspoeling voor 1850. Tabel 24 geeft voor 'Hydrologie 1850' een overzicht van de landarealen met verschillende klassen nutriëntenconcentraties in het grondwater en in de afstroming naar het oppervlaktewater bij verschillende soorten van landgebruik. Deze resultaten kunnen vergeleken worden met die voor de huidige situatie (Tabel 22). In Tabellen 25 en 23 zijn dezelfde resultaten procentueel uitgedrukt ten op zichte van het totale landbouwareaal in Noord-Brabant voor resp. Hydrologie 1850 en de huidige hydrologie.

Tabel 24 Landbouwarealen die behoren tot een aantal nutriëntenemissie-klassen bij uniforme teelt van één gewas op alle gronden in Noord-Brabant. Scenario: Hydrologie 1850

Oppervlakten (ha) behorende bij klassen van gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater

| Klassen (mg NO ₃ /l) | Grasland (kaart 4.6) | Maïsteelt (kaart 4.10) | Overig bouwland (kaart 4.14) |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0-25 | 312173 | 338313 | 289074 |
| 25-50 | 114776 | 94056 | 137456 |
| 50-75 | 9035 | 4045 | 8970 |
| >=75 | 3298 | 2868 | 3782 |
| Onbepaald | 117 | 117 | 117 |
| Overig | 60808 | 60808 | 60808 |
| Totaal | 500207 | 500207 | 500207 |

Oppervlakten (ha) behorende bij klassen van gemiddelde stikstofconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater

| Klassen (mg N/l) | Grasland (kaart 4.7) | Maïsteelt (kaart 4.11) | Overig bouwland (kaart 4.15) |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0- 5 | 140399 | 186705 | 89701 |
| 5-10 | 131501 | 136979 | 226324 |
| >=10 | 6893 | 6385 | 13200 |
| Onbepaald | 160605 | 109330 | 110174 |
| Overig | 60808 | 60808 | 60808 |
| Totaal | 500206 | 500207 | 500207 |

Oppervlakten (ha) behorende bij klassen van gemiddelde fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater

| Klassen (mg P/l) | Grasland (kaart 4.8) | Maïsteelt (kaart 4.12) | Overig bouwland (kaart 4.16) |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0 -0,15 | 20418 | 18091 | 14621 |
| 0,15-0,3 | 42219 | 35847 | 35739 |
| >=0,3 | 224111 | 282333 | 286052 |
| Onbepaald | 152651 | 103128 | 102987 |
| Overig | 60808 | 60808 | 60808 |
| Totaal | 500207 | 500207 | 500207 |

Tabel 25. Percentage van totale landbouwareaal (in totaal: 449400 ha) dat behoort tot een van de nutriëntenemissie-klassen bij uniforme teelt van één gewas op alle gronden in Noord-Brabant. Scenario: Hydrologie 1850

Relatieve oppervlakten (%) behorende bij klassen van gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater

| Klassen (mg NO ₃ /l) | Grasland (kaart 4.6) | Maïsteelt (kaart 4.10) | Overig bouwland (kaart 4.14) |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0-25 | 71,0 | 77,0 | 65,8 |
| 25-50 | 26,1 | 21,4 | 31,3 |
| 50-75 | 2,1 | 0,9 | 2,0 |
| >=75 | 0,8 | 0,7 | 0,9 |
| Onbepaald | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Overig | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totaal | 100 | 100 | 100 |

Relatieve oppervlakte (%) behorende bij klassen van gemiddelde stikstofconcentratie in afstroming naar het oppervlaktewater

| Klassen (mg N/l) | Grasland (kaart 4.7) | Maïsteelt (kaart 4.11) | Overig bouwland (kaart 4.15) |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0-5 | 32,0 | 42,5 | 20,4 |
| 5-10 | 29,9 | 31,2 | 51,5 |
| >=10 | 1,6 | 1,5 | 3,0 |
| Onbepaald | 36,6 | 24,9 | 25,1 |
| Overig | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totaal | 100 | 100 | 100 |

Relatieve oppervlakte (%) behorende bij klassen van gemiddelde fosforconcentratie in afstroming naar het oppervlaktewater

| Klassen (mg P/l) | Grasland (kaart 4.8) | Maïsteelt (kaart 4.12) | Overig bouwland (kaart 4.16) |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0-0,15 | 4,6 | 4,1 | 3,3 |
| 0,15-0,3 | 9,6 | 8,2 | 8,1 |
| >=0,3 | 51,0 | 64,3 | 65,1 |
| Onbepaald | 34,7 | 23,5 | 23,4 |
| Overig | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totaal | 100 | 100 | 100 |

Tabel 24 laat zien dat Hydrologie 1850 resulteert in een groot areaal met lage nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en dat de streefwaarde van 25 mg NO₃/l niet vaak wordt overschreden. Ca. 66% (overig bouwland), 71% (grasland) en 77% (maïsteelt) van het totale landbouwareaal heeft dan een nitraatconcentratie beneden deze streefwaarde (Tabel 25). Deze arealen met een nitraatconcentratie beneden de streefwaarde zijn aanzienlijk groter dan ca. 26% (overig bouwland), 28% (grasland) en 33% (maïsteelt) van het totale landbouwareaal bij de huidige hydrologie (Tabel 23). Deze afname van de nitraatconcentratie in het grondwater door Hydrologie 1850 wordt veroorzaakt door de vernatting van vrijwel het gehele landbouwareaal en de resulterende toename van de stikstofverliezen door denitrificatie.

Vernatting volgens Hydrologie 1850 resulteert in nitraatconcentraties in het bovenste grondwater beneden de streefwaarde van 25 mg/l in de kleigebieden en in de natste zandgebieden (GHG <25 cm, zie Kaart 4.2) van Noord-Brabant en beneden de MTR-waarde van 50 mg nitraat/l in vrijwel alle overige gebieden onder grasland (Kaart 4.6). Dit beeld van de verdeling van nitraatconcentraties in grondwater over Noord-Brabant is vrijwel het zelfde voor maïs- (Kaart 4.10) en overig bouwland (Kaart 4.14) als voor grasland. Bij maïsteelt zijn de nitraatconcentraties iets lager, met name vanwege de teelt van een vanggewas. Overschrijding van de streefwaarde van 25 mg nitraat/l komt dan minder vaak voor.

Ondanks dat de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater sterk is afgenomen bij Hydrologie 1850 t.o.v. de huidige hydrologie, blijft de stikstofconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater hetzelfde of neemt toe, met name bij overig bouwland en bij maïsteelt (d.w.z. toename van areaal met hogere stikstofconcentratie in Tabel 24 t.o.v. Tabel 22). Bij Hydrologie 1850 heeft ca. 20% (overig bouwland), 32% (grasland) en 43% (maïsteelt) van het totale landbouwareaal (Tabel 25) een stikstofconcentratie beneden de grenswaarde van 5 mg N/l, terwijl bij de huidige hydrologie dit geldt voor ca. 36% (overig bouwland), 28% (grasland) en 61% (maïsteelt) van het totale areaal (Tabel 23). Vernatting door Hydrologie 1850 resulteert enerzijds in een toename van stikstofverliezen door denitrificatie en anderzijds in een toename van water- en stikstofafstroming naar het oppervlaktewater. Vernatting kan resulteren in zowel een toename als een afname van de stikstofafstroming naar het oppervlaktewater, afhankelijk van beide effecten. Afhankelijk van het landgebruik, blijkt de stikstofconcentratie in de afstroming dus gelijk te blijven (grasland) of toe te nemen.

Vernatting volgens Hydrologie 1850 heeft vrijwel geen effect op de stikstofconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater onder grasland (Kaart 4.7 t.o.v. Kaart 3.7), maar veroorzaakt een sterke toename van de gebieden met stikstofconcentraties boven de grenswaarde van 5 mg N/l onder zowel maïsteelt als overig bouwland (Kaarten 4.11 en 4.15). Onder overig bouwland zijn de nitraatconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater het hoogst van de drie bodemgebruikstypen, en liggen vrijwel overal tussen de 5 en 10 mg N/l.

Vernatting volgens Hydrologie 1850 resulteert in een sterke toename van de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. Bij Hydrologie 1850 heeft slechts ca. 3% (overig bouwland), 5% (grasland) en 4% (maïsteelt) van het totale landbouwareaal (Tabel 25) een fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater beneden de grenswaarde van 0.15 mg P/l, terwijl bij de huidige hydrologie dit gold voor ca. 28% (overig bouwland), 21% (grasland) en 34% (maïsteelt) van het totale areaal (Tabel 23). Verhoging van de grondwaterstand resulteert in meer anaerobe condities in de bovengrond. Omdat de fosfaatophoping vanwege hoge mestgiften zich vooral de bovengrond voordoet en anaerobe condities de oplosbaarheid van fosfor in de bodem sterk doen toenemen, resulteert de verhoging van de grondwaterstand in een sterke toename van de fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater. Deze toename van de fosforconcentratie is sterker, naarmate de fosforophoping in de bovengrond groter is.

Vernatting volgens Hydrologie 1850 resulteert in een sterke toename van de fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater onder alle drie de bodemgebruikstypen over Noord-Brabant. Onder grasland is de fosforconcentratie nu overal boven de grenswaarde van 0.15 mg P/l en in het grootste deel van Noord-Brabant zelfs hoger dan tweemaal deze grenswaarde (Kaart 4.8). Onder maïsteelt en onder overig bouwland zijn de fosforconcentraties ook vrijwel overal in Noord-Brabant hoger dan tweemaal de grenswaarde van 0.15 mg P/l (Kaarten 4.12 en 4.16).

De voornaamste conclusies zijn dat vernatting door Hydrologie 1850 resulteert in (1) een lagere nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, en daarmee in een betere kwaliteit water voor de drinkwatervoorziening; (2) een ongeveer gelijkblijvende (alleen bij grasland) of toenemende stikstof-concentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater; en (3) een sterke toename van de fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater. Deze resultaten van vernatting volgens Hydrologie 1850 laten zien dat vernatting zowel positieve als negatieve effecten heeft op de nutriëntenbelasting en dus de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Bij de invulling van gebiedsgericht milieubeleid zal nagegaan moeten worden welke normen, stoffen (stikstof, fosfaat), compartimenten (bodem, grondwater of oppervlaktewater), en functies (bijv. drinkwatervoorziening of zwemwaterkwaliteit) van het grootste belang zijn en waarop dus gestuurd moet gaan worden. Dit omdat maatregelen zoals vernatting, verschillende, tegenstrijdige effecten blijken te hebben.

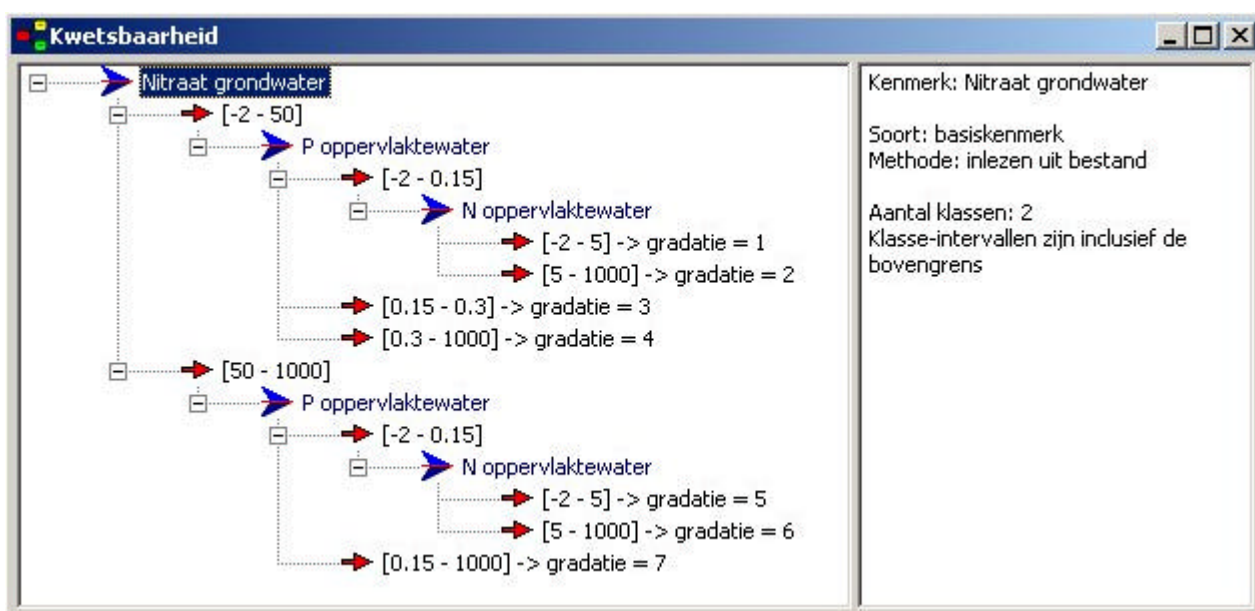
3.8 Kwetsbaarheid

Het ruimtelijke beeld van de mate van nutriëntenaf- en uitspoeling naar grond- en oppervlaktewateren over Noord-Brabant, zoals berekend met het metamodel, is samengevoegd in een drietal kwetsbaarheidkaarten. Deze drie kaarten geven de nutriëntenbelasting voor de drie onderscheiden vormen van bodemgebruik, waarbij steeds verondersteld wordt dat de hele provincie onder het gekozen bodemgebruik is gebracht. Zoals beschreven in Sectie 3.2.2, geldt deze nutriëntenbelasting voor de periode 2031-2045 en is grotendeels in evenwicht met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen (LNV, 1999; Tabel 19). De drie kwetsbaarheidskaarten zijn samengesteld voor zowel de huidige hydrologische situatie en voor Hydrologie 1850.

De kwetsbaarheid wordt bepaald op basis van integratie van de drie volgende soorten van nutriëntenemissie: (1) gemiddelde nitraatconcentratie (mg/l) in het bovenste grondwater onder landbouwgronden; (2) gemiddelde stikstofconcentratie (mg N/l) in afstroming naar oppervlaktewater; (3) gemiddelde fosforconcentratie (mg P/l) in afstroming naar oppervlaktewater. De toegepaste grenswaarden voor nitraat in grondwater, en voor stikstof en fosfor in de afstroming naar het oppervlaktewater bedragen resp. 50 mg nitraat/l, 5 mg N/l en 0,15 mg P/l (Secties 3.6.1, 3.6.2, en 3.6.3). Integratie van deze drie vormen van nutriëntenemissie, zoals bepaald met het metamodel, vindt plaats in het BODEGA instrumentarium. Dit resulteert in kwetsbaarheidskaarten voor Noord-Brabant en in de volgende klassen van kwetsbaarheid (of te wel, de mate van nutriëntenemissie (zie bijv. Kaart 3.26)):

- 1 = geen problemen (d.w.z. concentraties beneden de grenswaarden);
- 2 = problemen oppervlaktewater: alleen vanwege stikstofbelasting (N conc.>5 mg N/l);
- 3 = problemen oppervlaktewater: vanwege lichte fosforbelasting (P conc.> 0.15 mg P/l) en eventueel stikstofbelasting;
- 4 = problemen oppervlaktewater: vanwege sterke fosforbelasting (P conc.> 0.30 mg P/l) en eventueel stikstofbelasting;
- 5 = problemen grondwater vanwege nitraat (NO₃ conc.>50 mg/l);
- 6 = problemen grondwater vanwege nitraat (NO₃ conc.>50 mg/l) en oppervlaktewater vanwege stikstof (N conc.>5mg N/l);
- 7 = problemen grondwater vanwege nitraat (NO₃ conc.>50 mg/l) en oppervlaktewater vanwege fosfor (P conc.>0.15 mg P/l).

De gehanteerde indelingscriteria en de indelingsprocedure zijn weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 Indelingscriteria voor kwetsbaarheidsklassen van nutriëntenuitspoeling

De zeven kwetsbaarheidsklassen en de bijbehorende overschrijding van de kwaliteitsnormen van grond- en/of oppervlaktewater zijn samengevat in Tabel 26. Deze indeling in klassen is gebaseerd op overschrijding van de norm voor één of twee nutriëntenemissie-variabelen. Er wordt geen onderscheid gemaakt naar de mate van normoverschrijding (behalve tussen klassen 3 en 4). Deze indeling is gebaseerd op de meest voorkomende combinaties van de drie afzonderlijke typen nutriëntenemissies. Op basis van de afzonderlijke nutriëntenemissie-kaarten zijn dus andere indelingen mogelijk.

Tabel 26 Kwetsbaarheidsklassen in termen van overschrijding van waterkwaliteitsnormen

| Gradatie kwetsbaarheid | NO ₃ gr.w. | N opp.w. | P opp.w | Klasse naam | Probleem-groep |
|------------------------|-----------------------|---------------|--------------------|--------------------------------------|----------------|
| norm | 50 mg/l | 5 mg/l | 0,15 mg/l | | |
| 1 | < norm | < norm | < norm | Niet kwetsbaar | Geen probleem |
| 2 | < norm | > norm | < norm | Opp.w. N | |
| 3 | < norm | onbepaald | 1-2x norm | Opp.w. P licht | Opp. water |
| 4 | < norm | onbepaald | >2x norm | Opp.w. P zwaar | |
| 5 | > norm | < norm | < norm | Gr.w. NO ₃ | Grondwater |
| 6 | > norm | > norm | < norm | Gr.w. NO ₃ en Opp.w. N | Grondw en |
| 7 | > norm | onbepaald | > norm | Gr.w. NO ₃ en Opp.w. P | Opp. water |

3.8.1 Resultaten voor huidige hydrologie

De kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie uit landbouwgronden bij de huidige hydrologische situatie en grasland over geheel Noord-Brabant wordt getoond in Kaart 3.26. Overschrijding van de kwaliteitsnormen voor grond- of oppervlaktewater doet zich onder grasland in het grootste deel van Noord-Brabant voor. Te hoge nitraatconcentraties in het bovenste grondwater doen zich vooral voor in de hoge zandgronden (zie Kaart 3.2 met GHG). Alleen te hoge stikstofconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater doen zich vooral voor in de natte zandgronden van West-Brabant. Te hoge fosforconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater, al of niet gecombineerd met te hoge stikstofconcentraties, doen zich vooral voor in de kleigronden van het noordelijk deel en in de natte zandgronden van het oostelijke deel van Noord-Brabant. De hoge fosforconcentratie in de afstroming vanuit kleigronden bleek echter onjuist te zijn en een artefact van het metamodel (zie Sectie 3.6.3). Overschrijding van de kwaliteitsnormen voor zowel grond- als oppervlaktewater doet zich vrijwel niet voor.

Overschrijding van de kwaliteitsnormen voor grond- of oppervlaktewater doet zich bij maïsteelt in geheel Noord-Brabant vrijwel niet voor (Kaart 3.27). De combinatie van maïsteelt met een vanggewas blijkt de nutriëntenemissie aanzienlijk te beperken. De fosforconcentratie in de afstroming vanuit kleigronden naar het oppervlaktewater is boven de kwaliteitsnorm. Dit is eveneens een modelartefact en in werkelijkheid zal de fosforconcentratie beneden de norm blijven. Te hoge fosforconcentraties doen zich wel vaak voor in de natte zandgronden van Oost-Brabant. Op een beperkt aantal locaties, met name zandgronden met een diepe grondwaterstand, is de nitraatconcentratie boven de norm. Overschrijding van de kwaliteitsnormen voor grond- of oppervlaktewater doet zich bij overig bouwland in het grootste deel van Noord-Brabant voor (Kaart 3.28). Stikstofconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater zijn meestal te hoog in de natte zandgronden van West-Brabant. Te hoge fosforconcentraties in de afstroming, al of niet in combinatie met te hoge

stikstofconcentraties, doen zich voor in de natte zandgronden van Oost-Brabant. Voor de kleigronden is opnieuw ten onrechte een te hoge fosforconcentratie aangegeven. In het grondwater van de zandgronden met een diepe grondwaterstand (Kaart 3.2) is de nitraatconcentratie meestal boven de kwaliteitsnorm.

3.8.2 Resultaten voor Hydrologie 1850

Dit scenario resulteert in een aanzienlijke vernatting in grote delen van Noord-Brabant (Kaart 4.2 t.o.v. Kaart 3.2). Onder grasland nemen de gebieden met overschrijding van de kwaliteitsnormen hierdoor af (Kaart 4.26). Met name de gebieden met te hoge nitraatconcentraties in het grondwater bij de huidige hydrologie blijken door de vernatting vrijwel geheel te verdwijnen. Daarentegen nemen de gebieden met een te hoge fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater toe. Deze hoge fosforconcentraties, al of niet in combinatie met te hoge stikstofconcentraties, worden vooral aangetroffen in de natte zandgronden. Deze fosforconcentraties zijn matig hoog in West-Brabant en zeer hoog in Oost-Brabant, en de concentraties zijn duidelijk hoger dan die bij de huidige hydrologie.

Onder maïsteelt en overig bouwland is de kwetsbaarheid voor nutriëntenuitspoeling (respectievelijk, Kaarten 4.27 en 4.28) bij Hydrologie 1850 iets groter dan die onder grasland. Te hoge nitraatconcentraties in het grondwater doen zich ook bij deze teelten vrijwel niet meer voor. Het sterk toegenomen areaal natte zandgronden resulteert in grote gebieden met te hoge fosforconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater, met wederom de hoogste concentraties in Oost-Brabant. Vergeleken met de kwetsbare gebieden voor nutriëntenuitspoeling bij maïsteelt en de huidige hydrologie (Kaart 3.27), is het areaal kwetsbare gebieden (met name vanwege hoge fosforconcentraties in afstroming naar het oppervlaktewater) aanzienlijk groter geworden door de vernatting. Voor overig bouwland verandert het areaal met kwetsbare gebieden voor nutriëntenuitspoeling door vernatting weinig in vergelijking met het areaal bij de huidige hydrologische situatie (Kaart 3.28). Enerzijds neemt het areaal met te hoge nitraatconcentraties in het grondwater zeer sterk af door vernatting en anderzijds neemt de fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater sterk toe (Kaart 4.28).

4 Bodembeoordeling

De kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie uit landbouwgronden over geheel Noord-Brabant en het risico van overschrijding van de kwaliteitsnormen voor grond- en oppervlaktewater zijn bepaald (Sectie 3.8). Deze kwetsbaarheid is bepaald voor zowel de huidige hydrologische situatie en voor het vernattingsscenario volgens Hydrologie 1850. Tevens is de geschiktheid van landbouwgronden bepaald voor de voornaamste landgebruiksvormen in Noord-Brabant (Sectie 2.8). De combinatie van deze landbouwkundige geschiktheid en de kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie resulteert in een integrale bodembeoordeling. Informatie over de landbouwkundige geschiktheid wordt samengevat in vier klassen, verlopend van goed naar redelijk, matig en gering (bijv. zie Kaart 3.29). Informatie over de kwetsbaarheid wordt ook samengevat in vier klassen:

- geen probleem
- oppervlaktewater probleem
- grondwater probleem
- grondwater en oppervlaktewater probleem

Voor deze uitvoering van de integrale bodembeoordeling is weer gebruik gemaakt van BODEGA. Dit resulteert voor de twee hydrologische scenario's (huidig en 1850) en voor de meest voorkomende landgebruiksvormen (weidebouw/grasland; akkerbouw/maïslaan; akkerbouw/overig bouwland) in bodembeoordelingskaarten. Voor de landbouwkundige geschiktheid is geen onderscheid gemaakt tussen maïs en bouwland. Dit in tegenstelling tot de kwetsbaarheidsberekeningen met het metamodel die apart voor maïslaan en overig bouwland zijn uitgevoerd.

4.1 Resultaten voor huidige hydrologie

De kaart met de bodembeoordeling voor weidebouw/grasland over geheel Noord-Brabant (Kaart 3.29) laat zien dat de landbouwkundige geschiktheid het beste is in de beekdalen, en in de grootste delen van Brabant redelijk tot matig is. De landbouwkundige geschiktheid wordt minder naarmate de grond droger wordt (Kaart 3.20) en het grondwater dieper (Kaart 3.2). Geringe tot matige geschiktheid doet zich vooral voor in de zandgronden met een diepe grondwaterstand. Risico van te sterke verontreiniging van het oppervlaktewater is het grootst in de kleigronden van Noord- en Noord-west Brabant (Kaart 3.1) en in de natte zandgronden. Sterke verontreiniging van het grondwater doet zich vooral voor in de droge zandgronden met een diepe grondwaterstand (Kaart 3.2).

De kaart met de bodembeoordeling voor akkerbouw/maïslaan over geheel Noord-Brabant (Kaart 3.30) laat zien dat de landbouwkundige geschiktheid het beste is in de beekdalen en in klei/leem-gebieden in met name Noord-west Brabant, en in de grootste delen van Brabant redelijk tot matig is. De landbouwkundige geschiktheid wordt minder naarmate de grond droger wordt (Kaart 3.25) en het grondwater dieper

(Kaart 3.2). Geringe tot matige geschiktheid doet zich vooral voor in de zandgronden met een gering vochtleverend vermogen (Kaart 3.21.0). Risico van te sterke verontreiniging van het oppervlakte water is het grootst in de kleigronden van Noord- en Noord-west Brabant (Kaart 3.1) en in de natte zandgronden. Verontreiniging van het grondwater in maïsland doet zich vrijwel niet voor. De gebieden met geen verontreiniging van grond- en oppervlaktewater zijn veel groter dan bij weidebouw/grasland (Kaart 3.29).

De kaart met de bodembeoordeling voor akkerbouw/overig bouwland over geheel Noord-Brabant (Kaart 3.31) laat zien dat de landbouwkundige geschiktheid het beste is in de beekdalen en in klei/leem-gebieden in met name Noord-west Brabant, en in de grootste delen van Brabant redelijk tot matig is. De landbouwkundige geschiktheid wordt minder naarmate de grond droger wordt (Kaart 3.25) en het grondwater dieper (Kaart 3.2). Geringe tot matige geschiktheid doet zich vooral voor in de zandgronden met een gering vochtleverend vermogen (Kaart 3.21.0). Risico van te sterke verontreiniging van het oppervlaktewater is het grootst in de kleigronden van Noord- en Noord-west Brabant (Kaart 3.1) en in de natte zandgronden. Sterke verontreiniging van het grondwater doet zich vooral voor in de droge zandgronden met een diepe grondwaterstand (Kaart 3.2). De gebieden met geen verontreiniging van grond- en oppervlakte water zijn voor overig bouwland zeer klein vergeleken met die voor maïsland (Kaart 3.30). In de nutriëntenemissieberekeningen met het metamodel wordt verondersteld dat maïsteelt gevolgd wordt door een vanggewas. Verder laat een maïsgewas veel minder gewasresten achter in het veld dan gewassen als bieten en aardappelen. Dit verklaart het verschil in nutriëntenemissie tussen beide teelten.

4.2 Resultaten voor Hydrologie 1850

Deze vernatting resulteert in hoge grondwaterstanden in grote delen van Noord-Brabant (Kaart 4.2). De kaart met de bodembeoordeling voor weidebouw/grasland over geheel Noord-Brabant (Kaart 4.29) laat zien dat de landbouwkundige geschiktheid afgenomen is en nu matig is in het grootste deel van Noord-Brabant (Kaart 4.20). De hoge grondwaterstanden resulteren in een slappe bovengrond en in problemen met beperkte bewerk-, berijd- en betreedbaarheid in natte perioden. Verontreiniging van het oppervlakte water doet zich voor in de kleigronden van Noord- en Noord-west Brabant (Kaart 3.1) en in de natte zandgronden (Kaart 4.2), die tezamen het grootste deel van Noord-Brabant bedekken. Verontreiniging van het grondwater doet zich vrijwel niet voor.

De kaart met de bodembeoordeling voor akkerbouw/maïsland bij Hydrologie 1850 over geheel Noord-Brabant (Kaart 4.30) laat zien dat de landbouwkundige geschiktheid in het grootste deel van Noord-Brabant gering is (Kaart 4.25). Dit is het gevolg van de slechte ontwatering en de hoge grondwaterstanden (Kaart 4.2). Verontreiniging van het oppervlakte water doet zich voor in de kleigronden van Noord- en Noord-west Brabant (Kaart 3.1) en in de natte zandgronden (Kaart 4.2),

die tezamen het grootste deel van Noord-Brabant bedekken. Verontreiniging van het grondwater doet zich vrijwel niet voor.

De kaart met de bodembeoordeling voor akkerbouw/overig bouwland bij Hydrologie 1850 over geheel Noord-Brabant (Kaart 4.31) laat zien dat de landbouwkundige geschiktheid in het grootste deel van Noord-Brabant gering is (Kaart 4.25). Dit is het gevolg van de slechte ontwatering en de hoge grondwaterstanden (Kaart 4.2). Verontreiniging van het oppervlakte water doet zich voor in de kleigronden van Noord- en Noord-west Brabant (Kaart 3.1) en in de natte zandgronden (Kaart 4.2), die tezamen het grootste deel van Noord-Brabant bedekken. Verontreiniging van het grondwater doet zich vrijwel niet voor. Deze resultaten voor overig bouwland zijn vrijwel identiek aan de resultaten voor maïsland (Kaart 4.30).

5 Discussie

Een studie is uitgevoerd naar de geschiktheid van de bodems over geheel Noord-Brabant voor de voornaamste landbouwkundige vormen van landgebruik. Daarnaast is de kwetsbaarheid van het milieu bepaald voor belasting van de bodems met stikstof en fosfaat, en de resulterende risico's van overschrijding van de waterkwaliteitsnormen voor grond- en oppervlaktewateren in Noord-Brabant. De studie heeft geresulteerd in bodemgeschiktheids- en kwetsbaarheidskaarten voor Noord-Brabant, die een ruimtelijke inzicht geven in de geschiktheid voor verschillende vormen van agrarisch grondgebruik en in de risico's van dit agrarisch gebruik voor de waterkwaliteit in Noord-Brabant. Deze informatie kan gebruikt worden om aan te geven in welke gebieden een intensief agrarisch gebruik het meest geëigend is ('perspectiefgebieden voor de landbouw) en in welke gebieden extensivering gewenst is vanwege een beperkte bodemgeschiktheid voor landbouwdoeleinden en een grote kwetsbaarheid van het milieu. De overlap van de Ecologische Hoofdstructuur met deze gebieden zal een indicatie geven waar conflictpunten en waar een synergie in landontwikkeling te verwachten is. De bodemgeschiktheid en de kwetsbaarheid zijn zowel bepaald voor de huidige hydrologische situatie met een goede ontwatering en voor een vernattingsscenario voor het jaar 1850 (oftewel vóór de grootschalige ontwatering van de laatste eeuw). De bodemgeschiktheid is bepaald voor drie vormen van landgebruik: weidebouw, akkerbouw en boomkwekerijen. De kwetsbaarheid is bepaald voor drie vormen van landgebruik: grasland, maisland en overig bouwland. Deze kwetsbaarheid is berekend voor de periode 2031-2045 en veronderstelt een evenwicht in nutriëntenbelasting met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen (LNV, 1999; Tabel 19).

5.1 Bodemgeschiktheid bij huidige hydrologie

De bodemgeschiktheid is bepaald voor de huidige hydrologie die een iets verdroogde situatie te zien geeft in vergelijking met de 30 jaar geleden gekarteerde situatie. De bodemgeschiktheid is bepaald voor een situatie zonder toepassing van beregening. Aangezien de resulterende bodemgeschiktheid in belangrijke mate bepaald blijkt te worden door het vochtleverend vermogen van de bodem, heeft deze keuze van 'geen beregening' een aanzienlijk effect op de bepaalde bodemgeschiktheid. Dit kan grote verschillen opleveren met de werkelijke situatie in Noord-Brabant, en met name op graslanden die in belangrijke mate worden beregend.

Voor weidebouw zijn de bodems in 50% en 15% van Noord-Brabant matig en weinig geschikt door een respectievelijk matig en gering vochtleverend vermogen van de bodem. Deze bodems zijn de zandgronden met een gering en zeer gering vochtleverend vermogen, een matig tot zeer diepe grondwaterstand, en een beperkte vochnalevering via capillaire opstijging.

Voor akkerbouw zijn de bodems in ruim de helft van Noord-Brabant eveneens matig tot weinig geschikt vanwege een gering vochtleverend vermogen. Deze bodems zijn de zandgronden op 50% en 7% van het totale areaal met respectievelijk een gering en een zeer gering vochtleverend vermogen, een matig tot zeer diepe grondwaterstand, en een beperkte vochtlevering via capillaire opstijging. De bodemgeschiktheid wordt ook beperkt door de moeilijke verkrumelbaarheid van de kleigronden in Noordwest- en Noord-Brabant en de stuifgevoeligheid van de zandgronden.

Voor boomkwekerijen wordt de bodemgeschiktheid beperkt door een te hoge pH in de mariene kleien in Noordwest Brabant (vanwege beperking van het plant-assortiment), een te dunne bovengrond (t.b.v. kluitvorming) in de helft van de zandgronden in Noord-Brabant, moeilijke verkrumelbaarheid op kleigronden, en een gering tot matig vochtleverend vermogen van de meeste zandgronden. Dit laatste punt is van belang vanwege de kwetsbaarheid van jonge bomen met een beperkt wortelstelsel. Het geschikte areaal voor boomkwekerijen blijkt vrij beperkt te zijn.

5.2 Bodemgeschiktheid bij Hydrologie 1850

De bodemgeschiktheid is bepaald voor de natuurlijke hydrologische situatie, waarvoor als referentiebeeld de hydrologie van 1850 is genomen. Deze Hydrologie 1850, zoals beschreven in het project Waterdoelen (Provincie Noord-Brabant, 2000a), resulteert in een sterke vernatting en in een aanzienlijke verandering van de groeiomstandigheden, vergeleken met de huidige hydrologische situatie.

Voor weidebouw is een beperkt deel van het totale areaal goed of redelijk geschikt, en is het grootste deel (>65%) van de bodems in Noord-Brabant slechts matig geschikt. Het vochtleverend vermogen van de bodems is vrijwel overal voldoende, maar de vernatting volgens Hydrologie 1850 resulteert in een geringe ontwateringsdiepte en een geringe stevigheid van de bovengrond. In de meeste gebieden blijkt de mate van geschiktheid voor weidebouw door de vernatting niet te veranderen, maar het soort gebruikbeperking verandert wel, namelijk van risico van verdroging in de zomer naar problemen met beperkte berijd- en betreedbaarheid in natte perioden vanwege de hoge grondwaterstanden. Alleen gebieden met een geringe geschiktheid vanwege sterke droogte bij de huidige hydrologische condities worden soms beter voor weidebouw door de vernatting.

Meer dan de helft van Noord-Brabant is nauwelijks geschikt voor akkerbouw vanwege de slappe bovengrond en de slechte ontwatering door de vernatting volgens Hydrologie 1850. Bij de huidige hydrologische condities waren deze gebieden matig tot redelijk geschikt. Alleen de gebieden met een geringe geschiktheid bij de huidige hydrologische condities vanwege sterke droogtegevoeligheid worden vaak beter door de vernatting. Het areaal gronden in Noord-Brabant dat nog geschikt is voor akkerbouw, is sterk afgenomen door de vernatting. De hoge grondwaterstanden resulteren in een verminderde gewasproductie en in problemen met beperkte bewerk-, berijd-, en betreedbaarheid in natte perioden.

Het areaal gronden in Noord-Brabant dat geschikt is voor boomkwekerijen, is sterk afgenomen (t.o.v. dat bij de huidige hydrologische condities) door de vernatting volgens Hydrologie 1850. Het vochtleverend vermogen van de bodems is wel groot, maar de slechte ontwatering beperkt het geschikte areaal in zeer sterke mate.

5.3 Kwetsbaarheid bij huidige hydrologie

Nutriëntenemissies naar grond- en oppervlaktewateren over Noord-Brabant zijn berekend met het metamodel. De kwetsbaarheid wordt bepaald op basis van integratie van de drie volgende soorten van nutriëntenemissie: (1) gemiddelde nitraatconcentratie (mg/l) in het bovenste grondwater; (2) gemiddelde stikstofconcentratie (mg N/l) in afstroming naar oppervlaktewater; (3) gemiddelde fosforconcentratie (mg P/l) in afstroming naar oppervlaktewater. De toegepaste waterkwaliteitsnormen voor nitraat in grondwater, en stikstof en fosfor in de afstroming naar het oppervlaktewater bedragen respectievelijk 50 mg nitraat/l, 5 mg N/l en 0,15 mg P/l.

Onder grasland worden de kwaliteitsnormen voor grond- en oppervlaktewater in het grootste deel van Noord-Brabant overschreden. Te hoge nitraatconcentraties in het bovenste grondwater doen zich vooral voor in de hoge zandgronden met een diepe grondwaterstand. De stikstofconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater is vaak te hoog in de natte zandgronden van West-Brabant. Te hoge fosforconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater, al of niet gecombineerd met te hoge stikstofconcentraties, doen zich vooral voor in de natte zandgronden van Oost-Brabant. De fosforconcentraties in de afstroming vanuit kleigronden naar het oppervlaktewater in het noordelijke deel van Noord-Brabant zijn als hoog aangegeven, maar dit is een model-artefact.

Bij maïsteelt doet zich niet vaak een overschrijding van de kwaliteitsnormen voor in geheel Noord-Brabant. Combinatie van maïsteelt met een vanggewas blijkt de nutriëntenemissie aanzienlijk te beperken. De als hoog aangegeven nutriëntenemissie uit kleigronden is een modelartefact. Alleen in de natte zandgronden van Oost-Brabant zijn de fosforconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater regelmatig te hoog. Op een zeer beperkt aantal locaties, met name zandgronden met een diepe grondwaterstand, is de nitraatconcentratie in het grondwater te hoog.

Onder overig bouwland worden de kwaliteitsnormen in in het grootste deel van Noord-Brabant overschreden. In de natte zandgronden van West-Brabant zijn de stikstofconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater meestal te hoog. Te hoge fosforconcentraties in de afstroming, al of niet in combinatie met te hoge stikstofconcentraties, doen zich voor in de natte zandgronden van Oost-Brabant. In het grondwater van de zandgronden met een diepe grondwaterstand is de nitraatconcentratie meestal boven de kwaliteitsnorm.

5.4 Kwetsbaarheid bij Hydrologie 1850

Onder grasland nemen de gebieden met overschrijding van de kwaliteitsnormen af door vernatting volgens Hydrologie 1850. Met name de aanzienlijke gebieden met te hoge nitraatconcentraties in het grondwater bij de huidige hydrologische situatie blijken door deze vernatting vrijwel geheel te verdwijnen. Daarentegen nemen de gebieden met een te hoge fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater toe. Deze hoge fosforconcentraties, al of niet in combinatie met te hoge stikstofconcentraties, worden vooral aangetroffen in de natte zandgronden. Dit areaal natte zandgronden is toegenomen door de vernatting, terwijl de fosforconcentratie in de afstroming ook aanzienlijk blijkt toe te nemen.

Bij maïsteelt is de kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie iets groter dan die onder grasland. Te hoge nitraatconcentraties in het grondwater doen zich vrijwel niet voor. Het sterk toegenomen areaal natte zandgronden resulteert in grote gebieden met te hoge fosforconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater. Vergeleken met de kwetsbare gebieden voor nutriëntenemissie bij de huidige hydrologische situatie is het areaal kwetsbare gebieden (met name vanwege hogere fosforconcentraties in de afstroming naar oppervlaktewater) aanzienlijk toegenomen door de vernatting.

Onder overig bouwland is de kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie ongeveer identiek aan die bij maïsteelt. Te hoge nitraatconcentraties doen zich dus vrijwel niet voor en het grote areaal natte zandgronden resulteert in grote gebieden met te hoge fosforconcentraties in de afstroming. Het areaal met gebieden die niet kwetsbaar zijn voor nutriëntenemissie, is nauwelijks veranderd door de vernatting. Enerzijds neemt het areaal met te hoge nitraatconcentraties in het grondwater zeer sterk af door vernatting en anderzijds neemt de fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater sterk toe.

5.5 Interpretatie van resultaten

De bodemgeschiktheid en de kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie zijn bepaald voor Noord-Brabant, en zowel voor de huidige hydrologische situatie en voor vernatting volgens Hydrologie 1850. De kwetsbaarheid is berekend voor de periode 2031-2045 en veronderstelt een evenwicht in nutriëntenbelasting met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen (LNV, 1999; Tabel 19). Dit betekent dat deze nutriëntenbelasting en de resulterende nutriëntenemissie veel lager is dan de huidige nutriënten-belasting en -emissie.

Bij de huidige hydrologische situatie is de bodemgeschiktheid matig tot gering voor weidebouw in meer dan de helft van Noord-Brabant. Dit betreft de droge zandgronden met een vrij diepe tot diepe grondwaterstand. De bodemgeschiktheid is ook matig tot gering voor akkerbouw in meer dan de helft van Noord-Brabant. Dit is vanwege de droogtegevoeligheid van deze zelfde zandgronden en vanwege de moeilijke verkruimelbaarheid van de kleigronden. Voor boomkwekerijen is het geschikte areaal nog beperkter vanwege de hogere eisen aan de bodemkwaliteit. De

bodemgeschiktheid is echter bepaald voor een situatie zonder toepassing van berekening. Aangezien de bodemgeschiktheid in belangrijke mate beperkt wordt door de droogtegevoeligheid, heeft deze keuze van 'geen berekening' een aanzienlijk effect op de bepaalde bodemgeschiktheid. De kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie is groot bij de huidige hydrologische situatie. Zowel onder grasland als onder bouwland worden de kwaliteitsnormen voor grond- en oppervlaktewater in het grootste deel van Noord-Brabant overschreden. In de hoge zandgronden zijn de nitraatconcentraties meestal te hoog en in de afstroming van de natte zandgronden naar het oppervlaktewater zijn de stikstof- (met name in West-Brabant) en de fosforconcentraties (met name in Oost-Brabant) te hoog. Zoals hierboven vermeld, zijn de huidige nutriëntenbelasting en -emissies hoger dan deze nutriënten-emissies volgens de modelberekeningen.

Bij vernatting volgens Hydrologie 1850 is de bodemgeschiktheid matig voor weidebouw in het grootste deel van Noord-Brabant. Het vochtleverend vermogen van de meeste bodems is voldoende, maar de mate van geschiktheid wordt nu beperkt door de geringe ontwateringsdiepte en de geringe stevigheid van de bovengrond. Dit resulteert in problemen met beperkte berijd- en betreedbaarheid in natte perioden. Meer dan de helft van Noord-Brabant is nauwelijks geschikt voor de akkerbouw vanwege de slappe bovengrond en de slechte ontwatering. Het areaal gronden dat geschikt is voor boomkwekerijen, neemt ook sterk af door de vernatting. De kwetsbaarheid voor nutriëntenemissie is ongeveer identiek voor grasland, maïsteelt en bouwland. Te hoge nitraatconcentraties in het bovenste grondwater doen zich vrijwel niet voor. Het door de vernatting sterk toegenomen areaal natte zandgronden resulteert in grote gebieden met te hoge fosfor- (en soms ook stikstof-) concentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater. Vernatting beperkt dus de nitraatafspoeling naar het grondwater, maar versterkt de fosfor-emissie naar het oppervlaktewater.

5.6 Onzekerheden in resultaten

De bodemgeschiktheid voor een bepaalde vorm van landgebruik wordt bepaald op basis van de scores voor een aantal beoordelingsfactoren via een serie beslisregels (Sectie 2.1.4). Deze beoordelingsfactoren zijn bijvoorbeeld ontwateringstoestand en verkrumelbaarheid. Deze beoordelingsfactoren zijn geklasseerd (met een score van 1 (zeer gunstig) naar 5 (zeer ongunstig) op basis van bijvoorbeeld GHG, grondsoort en textuur (Secties 2.1.2 en 2.1.3). Deze laatste bodem- en grondwater-gegevens zijn in principe beschikbaar voor iedere kaartenheid. Dit maakt duidelijk dat de kwaliteit van de bodemgeschiktheidsbeoordeling afhangt van de kwaliteit van deze bodem- en grondwatergegevens, van de eenduidigheid van de relaties tussen deze gegevens en de klassering van de beoordelingsfactoren, en van de eenduidigheid van de bodemgeschiktheidsbeoordeling op basis van de beoordelingsfactor-scores. Dit beoordelingsysteem is alleen gebaseerd op bodemkundige en hydrologische kenmerken. Andere factoren die de beoordeling zouden kunnen beïnvloeden, zoals sociaal-economische randvoorwaarden of technologische vernieuwingen, worden in

dit systeem als onveranderlijk beschouwd. Meer informatie over dergelijke aspecten zijn beschreven in Secties 2.2 t/m 2.6.

Nutriëntenemissies naar grond- en oppervlaktewateren over Noord-Brabant zijn berekend met een metamodel. Het metamodel bestaat in de eerste plaats uit een regressievergelijking tussen de gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater en specifieke gebiedskenmerken (bijv. GHG en bodemtype en -gebruik). Voor de stikstof- en fosfor-concentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater zijn vergelijkbare regressievergelijkingen afgeleid (Sectie 3.2.3). Deze drie regressievergelijkingen zijn gebaseerd op modeluitkomsten van de WSV-studie (d.w.z. nitraat, stikstof- en fosforconcentraties in grond- en oppervlaktewater zoals berekend voor de periode 2031-2045, die ongeveer in evenwicht zijn met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen (LNV, 1999; Tabel 19)) en de bijbehorende gebiedskenmerken. De kwaliteit van de uitkomsten van het metamodel wordt bepaald door (1) de betrouwbaarheid van deze regressievergelijkingen die o.a. afhangt van de kwaliteit van de uitkomsten van de WSV-studie en van de eenduidigheid van de relaties tussen nutriëntenemissies en gebiedskenmerken; (2) de kwaliteit van invoergegevens in het metamodel (bodem- en grondwatergegevens per kaarteenheden, zie Sectie 3.3); (3) de mate van discrepantie tussen het schaalniveau waarvoor de invoergegevens bekend zijn en waarop de uitkomsten van het metamodel worden gepresenteerd (Sectie 3.4); (4) de mate waarin de invoergegevens binnen het bereik van het metamodel vallen (Sectie 3.5.1). Het model zoals gebruikt in de WSV-studie, geeft een te hoge fosfor-concentratie in de afstroming vanuit kleigronden naar het oppervlaktewater. De met het metamodel berekende fosforconcentratie in de afstroming vanuit kleigronden in Noord-Brabant is daarom ook veel te hoog.

5.7 Resultaten t.b.v. reconstructiecommissies

Uitgangspunt is de vraag welke vormen van agrarisch grondgebruik het meest geëigend zijn in de diverse delen van Noord-Brabant. Om deze vraag te kunnen beantwoorden, zijn de bodems in Noord-Brabant ten eerste beoordeeld op hun geschiktheid voor de voornaamste agrarische landgebruiksvormen en ten tweede op hun kwetsbaarheid voor overmatige nutriëntenbelasting en op de resulterende risico's van overschrijding van de kwaliteitsnormen voor grond- en oppervlaktewater. Dergelijke informatie kan gebruikt worden bij de Reconstructie van het platteland. Het kan dan gaan om de invulling van de zonering van het platteland op basis van landbouwkundig perspectief en milieu-risico. Dit resulteert in een opdeling van het platteland in respectievelijk perspectiefgebieden voor de landbouw, verwevingsgebieden, en extensiveringsgebieden. Op deze wijze kunnen de resultaten van deze studie bijdragen aan een beter bodemgebruik en aan een betere beheersing van de nutriëntenbelasting van bodems, grond- en oppervlaktewateren in Noord-Brabant.

Beleid ten behoeve van de bescherming van kwetsbare functies, zoals de kwaliteit van grondwater voor drinkwatervoorziening, kwetsbare natuurgebieden, potenties voor natuurontwikkeling, en oppervlaktewaterkwaliteit, kan ook gebruik maken van de genoemde resultaten van deze studie. Een voorbeeld is het gebruik van de

resultaten van het vernattingsscenario volgens Hydrologie 1850. De voornaamste conclusies zijn dat vernatting resulteert in (1) een lagere nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, en daarmee in een betere kwaliteit water voor de drinkwatervoorziening; (2) een ongeveer gelijkblijvende (alleen bij grasland) of toenemende stikstof-concentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater; en (3) een sterke toename van de fosforconcentratie in de afstroming naar het oppervlaktewater. Deze resultaten laten zien dat vernatting zowel positieve als negatieve effecten heeft op de nutriëntenbelasting en dus de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Bij de invulling van gebiedsgericht milieubeleid zal nagegaan moeten worden welke normen, stoffen (stikstof, fosfaat), compartimenten (bodem, grondwater of oppervlaktewater), en functies (bijv. drinkwatervoorziening of zwemwaterkwaliteit) van het grootste belang zijn en waarop dus gestuurd moet gaan worden. Dit is noodzakelijk omdat maatregelen zoals vernatting, verschillende, tegenstrijdige effecten blijken te hebben.

De resultaten van de hierboven genoemde bodemgeschiktheidsbeoordeling zijn weergegeven als geschiktheidskaarten voor respectievelijk weidebouw (Kaart 3.20), akkerbouw (Kaart 3.25), en boomkwekerijen (Kaart 3.34) in Noord-Brabant. Deze resultaten gelden voor de huidige hydrologische situatie. De bodemgeschiktheid is ook bepaald voor de natuurlijke hydrologische situatie, waarvoor als referentiebeeld de hydrologie van 1850 is genomen. Deze Hydrologie 1850 resulteert in een sterke vernatting (Sectie 2.9) en in een aanzienlijke verandering van de groeiomstandigheden, vergeleken met de huidige hydrologische situatie. De resultaten zijn weergegeven als bodemgeschiktheids-kaarten voor respectievelijk weidebouw (Kaart 4.20), akkerbouw (Kaart 4.25), en boomkwekerijen (Kaart 4.34). De consequenties van deze ingrijpende vernatting voor de bodemgeschiktheid in Noord-Brabant worden hiermee duidelijk.

De mate van nutriëntenemissie bij de huidige hydrologische situatie is weergegeven als kwetsbaarheidskaarten voor respectievelijk grasland (Kaart 3.26), maïsteelt (Kaart 3.27), en overig bouwland (Kaart 3.28) over geheel Noord-Brabant. Bij vernatting volgens Hydrologie 1850 is de mate van nutriëntenemissie ook weergegeven als kwetsbaarheidskaarten voor respectievelijk grasland (Kaart 4.26), maïsteelt (Kaart 4.27), en overig bouwland (Kaart 4.28). Deze vernatting blijkt te resulteren in een aanzienlijke verandering in de soort en mate van nutriëntenemissie.

De bodemgeschiktheids- en de kwetsbaarheids-kaarten zijn uiteindelijk geïntegreerd in kaarten met de totale bodembeoordeling voor respectievelijk weidebouw/grasland (Kaart 3.29), akkerbouw/maïsland (Kaart 3.30), en akkerbouw/overig bouwland (Kaart 3.31) over geheel Noord-Brabant. Deze kaarten voor de huidige hydrologische situatie worden besproken in Sectie 4.1. De bodembeoordelingskaarten bij vernatting volgens Hydrologie 1850 worden besproken in Sectie 4.2 (Kaarten 4.29 t/m 4.31).

6 Conclusies

- De geschiktheid van landbouwgronden in Noord-Brabant is bepaald met het instrument BODEGA voor de voornaamste vormen van landbouwkundig landgebruik: weidebouw, akkerbouw, en boomkwekerijen. De bodemgeschiktheid is bepaald voor de huidige hydrologische situatie en voor de natuurlijk hydrologische situatie, waarvoor als referentiebeeld de hydrologie van 1850 is genomen.
- De nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewateren (oftewel kwetsbaarheid) in Noord-Brabant is berekend met het WSV metamodel voor zowel grasland, maïslaan, en overig bouwland in geheel Noord-Brabant. Deze nutriëntenbelasting is berekend voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, en voor zowel de huidige hydrologische situatie als Hydrologie 1850.
- De bodemgeschiktheid bij de huidige hydrologische situatie is matig en wordt vooral beperkt door het geringe vochtleverend vermogen van en de vrij diepe grondwaterstanden in de bodems van Noord-Brabant. Het betreft hier vooral de zandgronden die Noord-Brabant grotendeels bedekken. Dit geldt zowel voor weidebouw, akkerbouw als boomkwekerijen.
- Deze bodemgeschiktheid is bepaald voor een situatie zonder toepassing van beregening. Aangezien de bodemgeschiktheid in belangrijke mate bepaald blijkt te worden door het vochtleverend vermogen van de bodem, heeft de keuze van 'geen beregening' een aanzienlijk effect op de bepaalde bodemgeschiktheid. Dit kan grote verschillen opleveren met de werkelijke situatie in Noord-Brabant, en met name voor graslanden, die in belangrijke mate worden beregend.
- De bodemgeschiktheid bij Hydrologie 1850 wordt vooral beperkt door de vernatting en de hoge grondwaterstanden. De meeste bodems in Noord-Brabant zijn nu slechts matig geschikt voor weidebouw vanwege de geringe ontwateringsdiepte en de geringe stevigheid van de bovengrond, en nauwelijks geschikt voor akkerbouw (en ook boomkwekerijen) vanwege de slechte ontwatering en de slappe bovengrond en de resulterende problemen met beperkte bewerk-, berijd- en betreedbaarheid in natte perioden.
- De nutriëntenbelasting is zodanig dat de kwaliteitsnormen voor zowel grond- als oppervlaktewater in het grootste deel van Noord-Brabant worden overschreden bij de huidige hydrologische situatie. Dit is zowel onder grasland als bouwland het geval. De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van zandgronden met een diepe grondwaterstand zijn meestal te hoog. De stikstofconcentraties in de afstroming vanaf natte zandgronden naar het oppervlaktewater zijn vaak te hoog, en met name in West-Brabant. Dit geldt ook voor de fosforconcentraties in de afstroming vanaf natte zandgronden naar het oppervlaktewater, en met name in Oost-Brabant.
- De nutriëntenbelasting verandert door de vernatting volgens Hydrologie 1850, zowel onder grasland als bouwland. Enerzijds zijn de nitraatconcentraties in het

bovenste grondwater nu vrijwel overal beneden de kwaliteitsnorm. Anderzijds wordt het areaal natte zandgronden groter. Daardoor wordt zowel het areaal met te hoge fosforconcentraties in de afstroming naar het oppervlaktewater groter en neemt de fosforconcentratie in de afstroming sterk toe.

- Vernatting heeft vaak een tegengesteld effect op de belasting van grond- en oppervlaktewater met respectievelijk stikstof (nitraat) en fosfor (zie vorig punt), en is dan een weinig effectief middel om de milieubelasting te beperken.
- De nutriëntenbelasting is berekend voor een toekomstige evenwichtsituatie die wordt verondersteld in evenwicht te zijn met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen. Dit betekent dat deze berekende nutriëntenbelasting en de nutriëntenconcentraties in uit- en afstroming naar grond- en oppervlaktewater lager zijn dan de huidige nutriëntenbelasting en -concentraties.

Literatuur

Bleumink, J.A., D. Boland en J.C. Buys, 1998. Boeren met water bij de Mariapeel-Verdrogingsaanpak door de landbouw. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.

Bleumink, J.A. en J.C. Buys, 1997. Boeren met water. NOV-rapport. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.

Boers, P.C.M., H.L. Boogaard, J. Hoogeveen, J.G. Kroes, I.G.A.M. Noij, C.W.J. Roest, E.F.W. Ruijgh en J.A.P.H. Vermulst. 1997. Watersysteemverkenningen 1996, uitspoeling meststoffen uit landbouw. Huidige en toekomstige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw. Lelystad, Wageningen, Delft, RIZA, DLO-Staring Centrum, Waterloopkundig Laboratorium, RIZA rapport 97.013.

Boogaard, H.L., 1998. Waardering van gronden voor uitruilen in landinrichtingsgebieden; Toepassingsmogelijkheden van het Kennissysteem voor LANdevaluatie Studies met Systematisch geïntegreerde Expert-kennis (KLASSE). Wageningen, Staring Centrum. Rapport 629.

Boogaard, H.L. en E. Kiestra, 1999. Waarderen van gronden met BODEGA. Toepassingsmogelijkheden van een digitaal kennissysteem voor landevaluatie in de eerste schatting van het landinrichtingsproject 'Hupsel-Zwolle'. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 678. 64 blz.

Boogaard, H.L. en A.J. Ojtens, 2000. Gebruikershandleiding BODEGA 2.1/1.0. Een digitaal kennissysteem voor het bepalen van de bodemgeschiktheid voor akker-, weide- en tuinbouw. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 008. 56 blz.; 8 ref

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek, richtlijnen en voorschriften. Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van landgebruik. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19D; 154 blz; 4 fig.; 69 tab.

Diepen, C.A. van, 1995. Van bodemtype naar bodemgeschiktheid. In: P. Buurman & J. Sevink (eds.), Van bodemkaart tot informatiesysteem; verzamelen en gebruiken van informatie over de Nederlandse bodem. Wageningen, Wageningen Pers, blz. 45-84.

Diepen, D. van, 1968. De bodem van Noordbrabant. Toelichting bij blad 8 van de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 164 blz.

Ehlert, P.A.I. en P. de Willigen, 1999. De relatie tussen de fosfaatbehoefte van vollegrondsgroenten en de fosfaattoestand in de bodem. In: Dekker, P.H.M. (Eds.)

Naar maatwerk in bemesting. Themadag van het Praktijkonderzoek voor de akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt.

FAO, 1976. A Framework for land evaluation. Soils Bulletin 32. FAO. Rome.

Finke, P.A. , D. Walvoort en F. de Vries, 1998. Prioriteiten van actualisatie grondwatertrapbestanden 1 : 50000 in een deel van pleistoceen Nederland. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 631. 50 blz.

Groot W.J.M. de en P.A. Finke, 1999. Verschuiffuncties (in RIVM Milieubalans).

Groot, W.J.M. de, P.A. Finke, J. Oude Voshaar, M.J.D. Hack-ten Broeke, F. de Vries en Y. van Randen, 1998. Bodemschematisatie. Opschaling door aggregatie van bodeminformatie voor modelsimulaties op nationale en regionale schaal. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 651. 62 blz.

Haans, J.C.F.M. (red), 1979. De interpretatie van bodemkaarten; Rapport van de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten, Stadium C. Rapport 1463. Wageningen. Stichting voor Bodemkartering.

Hendriks, C.M.A., M.J.D. Hack-ten Broeke en G.A. van Soesbergen, 1999. Klasse, ontwikkeling van een kennissysteem voor landevaluatiestudies. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 395. 63 blz.

LNV, 1999. Ministerie van Landbouw en Visserij. Integrale Aanpak Mestproblematiek. Brief aan de voorzitter van de Tweede Kamer der Staten generaal d.d. 10 september 1999, Tweede kamer, vergaderjaar 1998-1999, 26729, nr. 1, Den Haag.

Locher, W.P en H. de Bakker, 1990. Bodemkunde van Nederland.

Loo, H. van der, 1997 en 1998. Steekproef voor de bodemeigenschappen en grondwatertrappen van de Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000. Kaarteenheden met GT II en kaarteenheden met GT V. Wageningen, SC-DLO, Rapport 483.2 en 483.3.

Mol-Dijkstra, J.P., W. Akkermans, C.W.J. Roest en M.J.W. Jansen, 1999. Metamodellen voor effecten van N- en P-belasting op de grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 61. 66 blz.

Provincie Noord-Brabant, 2000a. Project Waterdoelen. Studie naar Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR).

Provincie Noord-Brabant, 2000b. Atlas van de Brabantse Bodem

Reijerink, J.G.A. en A. Breeuwsma, 1992. Ruimtelijk beeld van de fosfaatverzadiging in mestoverschotgebieden. Wageningen, DLO-Staring Centrum, rapport 222.

RIVM, 2000. Milieubalans 1999. Bilthoven, RIVM.

Schoumans, O.F. en A. Breeuwsma, 1990. Methodiek voor de bodemschematisatie van PAWN-districten op basis van de bodemkaart schaal 1 : 250 000. Wageningen, Staring Centrum, rapport 45.

Schoumans, O.F. et al., in voorbereiding. Ruimtelijk beeld van de nitraat-en fosfaatproblematiek in Nederland. Gebruik van eenvoudige metamodellen. Wageningen, Alterra, rapport.

Sluijs, P. van der, 1990. In: Locher W.P en H. de Bakker. Bodemkunde van Nederland, blz. 174.

Soesbergen, G.A. van, C. van Wallenburg, R.R. van Lynden en H.A.J. van Lanen, 1986. De interpretatie van bodemkundige gegevens. Rapport 1967. Wageningen. Stichting voor Bodemkartering.

Stiboka, Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000.

Tweede Kamer, 2000. Wijziging van de Meststoffenwet in verband met een aanscherping van de normen van het stelsel van regulerende mineralenheffingen en de invoering van een stelsel van mestafzetovereenkomsten. Kamerstuk 27 276, nrs. 1-3.

Vink, A.P.A. en van Zuilen, 1967. De geschiktheid van de bodem van Nederland voor akker- en weidebouw. Toelichting bij de zeer globale bodemgeschiktheidskaart voor akker- en weidebouw van Nederland schaal 1 : 200 000. Stichting voor Bodemkartering. 49 blz.

Visschers, R., 1997 en 1998. Steekproef voor de bodemeigenschappen en grondwatertrappen van de Bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50 000. Kaarteenheden met GT III en kaarteenheden met GT IV. Wageningen, SC-DLO, Rapport 483.1 en 483.4.

Vries, F. de, 1999. Karakterisering van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken. Wageningen, DLO-Staring Centrum, SC-rapport 654.

V&W, 1999. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Vierde Nota Waterhuishouding, regeringsbeslissing. SDU, Den Haag.

Willems, W.J., T.V. Vellinga, O.Oenema, J.J. Schroder, H.G. van der Meer, B. Fraters en H.F.M. Aarts, 2000. Onderbouwing van het derogatieverzoek in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn. Bilthoven, RIVM, rapport 718201002.

Wit, A.J.W., Th.C.G. van der Heijden en H.A.M. Thunissen, 1999. Vervaardiging en nauwkeurigheid van het LGN3-grondgebruiksbestand. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 663. 84 blz.

Wösten, J.H.M., G.J. Veerman en J. Stolte, 1994. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 1994. Wageningen, SC-DLO, Technisch Document 18.

Wösten, J.H.M., F. de Vries, J. Denneboom en A.F. van Holst, 1988. Generalisatie en bodemfysische vertaling van de bodemkaart van Nederland, 1 : 250 000, ten behoeve van de PAWN-studie. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering, Rapport 2055.

Bijlage 1 Lijst van Kaarten

Kaarten voor huidige hydrologie

Metamodel invoergegevens

Kaart 3.1 Dominante bodemfysische eenheden (Bron: PAWN; afgeleid van de bodemkaart 1 : 50 000).

Kaart 3.2 Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) bij huidige hydrologische situatie (Bron: bodemkaart 1 : 50 000, geactualiseerd op basis van LSK).
Legenda: (m –mv.)

Kaart 3.3 Jaargemiddelde stikstofaanvoer via kwel vanuit de diepere ondergrond (ongeveer 7 m – mv.) bij huidige hydrologische situatie (Bron: RIZA, berekend op basis van MONA).
Legenda: (kg N/ha/jr)

Kaart 3.4 Jaargemiddelde fosfaaraanvoer via kwel vanuit de diepere ondergrond (ongeveer 7 m – mv.) bij huidige hydrologische situatie (Bron: RIZA, berekend op basis van MONA).
Legenda: (kg P/ha/jr)

Kaart 3.5 Geschatte fosfaatophoping tot 1 meter diepte in landbouwgronden rond 2040 gebaseerd op historische bemesting en toekomstig mestbeleid (Sectie 3.3 Fosfaat-ophoping in de bodem).
Legenda: (ton P₂O₅/ha)

Kaart 3.5.2 Kwelintensiteitkaart (Bron: RIZA gebaseerd op berekeningen met MONA MOZART/NAGROM (voorjaar 2000)).
Legenda: (mm/j)

Metamodel resultaten grasland

Kaart 3.6 Gemiddelde berekende nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder grasland voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg NO₃/l)

Kaart 3.7 Gemiddelde berekende stikstofconcentratie in de afstroming vanuit grasland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg N/l)

Kaart 3.8 Gemiddelde berekende fosforconcentratie in de afstroming vanuit grasland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg P/l)

Metamodel resultaten maïsteelt

Kaart 3.9 = Kaart 3.5 Geschatte fosfaatophoping in landbouwgronden rond 2040.

Kaart 3.10 Gemiddelde berekende nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder maïs voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg NO₃/l)

Kaart 3.11 Gemiddelde berekende stikstofconcentratie in de afstroming vanuit maïsland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg N/l)

Kaart 3.12 Gemiddelde berekende fosforconcentratie in de afstroming vanuit maïsland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg P/l)

Metamodel resultaten overig bouwland

Kaart 3.13 = Kaart 3.5 Geschatte fosfaatophoping in landbouwgronden rond 2040.

Kaart 3.14 Gemiddelde berekende nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder overig bouwland voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg NO₃/l)

Kaart 3.15 Gemiddelde berekende stikstofconcentratie in de afstroming vanuit overig bouwland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg N/l)

Kaart 3.16 Gemiddelde berekende fosforconcentratie in de afstroming vanuit overig bouwland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).

Legenda: (mg P/l)

Bodega bodemgeschiktheid

Kaart 3.17 Ontwateringstoestand van de bodem bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.18 Stevigheid van bovengrond voor agrarische toepassingen bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Bodega bodemgeschiktheid weidebouw

Kaart 3.19.0 Vochtleverend vermogen van de bodem onder grasland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.19.1 Aantal dagen vanaf 31 maart dat een capillaire flux van meer dan **1** mm/dag wordt gehandhaafd onder grasland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met BODEGA preprocessing model).

Legenda: (aantal dagen na 31 maart)

Kaart 3.19.2 Aantal dagen vanaf 31 maart dat een capillaire flux van meer dan **2** mm/dag wordt gehandhaafd onder grasland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met BODEGA preprocessing model).

Legenda: (aantal dagen na 31 maart)

Kaart 3.20 Geschiktheid van de bodem voor weidebouw bij de huidige hydrologische situatie, gebaseerd op 10% droog jaar en afwezigheid van beregning. (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Legenda: -

Bodega bodemgeschiktheid akkerbouw

Kaart 3.21.0 Vochtleverend vermogen van de bodem onder bouwland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Legenda: -

Kaart 3.21.1 Aantal dagen vanaf 31 maart dat een capillaire flux van meer dan **1** mm/dag wordt gehandhaafd onder bouwland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met BODEGA preprocessing model).

Legenda: (aantal dagen na 31 maart)

Kaart 3.21.2 Aantal dagen vanaf 31 maart dat een capillaire flux van meer dan 2 mm/dag wordt gehandhaafd onder bouwland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met BODEGA preprocessing model).
Legenda: (aantal dagen na 31 maart)

Kaart 3.22 Verkruijmelbaarheid van de bodem (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.23 Stuijfgevoeligheid van de bodem (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.24 Slempgevoeligheid van de bodem (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.25 Geschiktheid van de bodem voor akkerbouw bij de huidige hydrologische situatie, gebaseerd op 10% droog jaar en afwezigheid van beregening (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kwetsbaarheid resultaten

Kaart 3.26 Kwetsbaarheid voor nutriëntenuitspoeling van de bodem onder grasland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met metamodel en BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.27 Kwetsbaarheid voor nutriëntenuitspoeling van de bodem onder maïs bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met metamodel en BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.28 Kwetsbaarheid voor nutriëntenuitspoeling van de bodem onder overig bouwland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met metamodel en BODEGA2.1/1.0.2.0).

Bodega bodembeoordeling resultaten

Kaart 3.29 Integrale bodembeoordeling voor weidebouw/grasland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, combinatie van bodemgeschiktheid en kwetsbaarheid, zoals berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0 en metamodel).

Kaart 3.30 Integrale bodembeoordeling voor akkerbouw/maïsland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, combinatie van bodemgeschiktheid en kwetsbaarheid, zoals berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0 en metamodel).

Kaart 3.31 Integrale bodembeoordeling voor akkerbouw/overig bouwland bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, combinatie van bodemgeschiktheid en kwetsbaarheid, zoals berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0 en metamodel).

Bodega bodemgeschiktheid boomkwekerijen

Kaart 3.32 Zuurgraad van de bodem (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.33 Dikte bovengrond (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.34 Geschiktheid van de bodem voor boomkwekerijen bij de huidige hydrologische situatie, gebaseerd op 10% droog jaar en afwezigheid van beregning (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.35.0 Vochtleverend vermogen van de bodem onder boomkwekerijen bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 3.36 Lemige zandgronden (Bron: PAWN; afgeleid van de bodemkaart 1 : 50 000).

Metamodel resultaten huidig landgebruik

Kaart 3.37 Gemiddelde berekende nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder landbouwgronden bij de huidige landgebruikssituatie (volgens LGN3) voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).

Legenda: (mg NO₃/l)

Kaart 3.38 Gemiddelde berekende stikstofconcentratie in de afstroming vanuit landbouwgronden naar het oppervlaktewater bij de huidige landgebruikssituatie (volgens LGN3) voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).

Legenda: (mg N/l)

Kaart 3.39 Gemiddelde berekende fosforconcentratie in de afstroming vanuit landbouwgronden naar het oppervlaktewater bij de huidige landgebruikssituatie (volgens LGN3) voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij de huidige hydrologische situatie (Bron: Alterra; berekend met metamodel).

Legenda: (mg P/l)

Kaarten voor Hydrologie 1850

Metamodel invoergegevens

Kaart 4.1 = Kaart 3.1 Dominante bodemfysische eenheden.

Kaart 4.2 Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) bij Hydrologie 1850.

Kaart 4.3 = Kaart 3.3 Jaargemiddelde stikstofaanvoer via kwel.

Kaart 4.4 = Kaart 3.4 Jaargemiddelde fosforaanvoer via kwel.

Kaart 4.5 = Kaart 3.5 Geschatte fosfaatophoping in landbouwgronden rond 2040.

Kaart 4.5.2 = Kaart 3.5.2 Kwelintensiteit bij de huidige hydrologische situatie.

Metamodel resultaten grasland

Kaart 4.6 Gemiddelde berekende nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder grasland voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra; berekend met metamodel).

Legenda: (mg NO₃/l)

Kaart 4.7 Gemiddelde berekende stikstofconcentratie in de afstroming vanuit grasland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra; berekend met metamodel).

Legenda: (mg N/l)

Kaart 4.8 Gemiddelde berekende fosforconcentratie in de afstroming vanuit grasland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra; berekend met metamodel).

Legenda: (mg P/l)

Metamodel resultaten maïsteelt

Kaart 4.9 = Kaart 3.5 Geschatte fosfaatophoping in landbouwgronden rond 2040

Kaart 4.10 Gemiddelde berekende nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder maïs voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra; berekend met metamodel).

Legenda: (mg NO₃/l)

Kaart 4.11 Gemiddelde berekende stikstofconcentratie in de afstroming vanuit maïsland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg N/liter)

Kaart 4.12 Gemiddelde berekende fosforconcentratie in de afstroming vanuit maïsland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg P/l)

Metamodel resultaten overig bouwland

Kaart 4.13 = Kaart 3.5 Geschatte fosfaatophoping in landbouwgronden rond 2040

Kaart 4.14 Gemiddelde berekende nitraatconcentratie in het bovenste grondwater onder overig bouwland voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg NO₃/l)

Kaart 4.15 Gemiddelde berekende stikstofconcentratie in de afstroming vanuit overig bouwland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg N/l)

Kaart 4.16 Gemiddelde berekende fosforconcentratie in de afstroming vanuit overig bouwland naar het oppervlaktewater voor een toekomstige situatie (periode 2031-2045) die grotendeels in evenwicht is met de vanaf 2003 toegepaste MINAS verliesnormen, bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra; berekend met metamodel).
Legenda: (mg P/l)

Bodega bodemgeschiktheid

Kaart 4.17 Ontwateringstoestand van de bodem bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).
Legenda: -

Kaart 4.18 Stevigheid van de bovengrond bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).
Legenda: -

Bodega bodemgeschiktheid weidebouw

Kaart 4.19.0 Vochtleverend vermogen van de bodem onder grasland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Legenda: -

Kaart 4.19.1. Aantal dagen vanaf 31 maart dat een capillaire flux van meer dan **1** mm/dag wordt gehandhaafd onder grasland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met BODEGA preprocessing model).

Legenda: (aantal dagen na 31 maart)

Kaart 4.19.2. Aantal dagen vanaf 31 maart dat een capillaire flux van meer dan **2** mm/dag wordt gehandhaafd onder grasland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met BODEGA preprocessing model).

Legenda: (aantal dagen na 31 maart)

Kaart 4.20 Geschiktheid van de bodem voor weidebouw bij Hydrologie 1850, gebaseerd op 10% droog jaar en afwezigheid van beregening (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Legenda: -

Bodega bodemgeschiktheid akkerbouw

Kaart 4.21.0 Vochtleverend vermogen van de bodem onder bouwland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Legenda: -

Kaart 4.21.1. Aantal dagen vanaf 31 maart dat een capillaire flux van meer dan **1** mm/dag wordt gehandhaafd onder bouwland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met BODEGA preprocessing model).

Legenda: (aantal dagen na 31 maart)

Kaart 4.21.2. Aantal dagen vanaf 31 maart dat een capillaire flux van meer dan **2** mm/dag wordt gehandhaafd onder bouwland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met BODEGA preprocessing model).

Legenda: (aantal dagen na 31 maart)

Kaart 4.22 = Kaart 3.22 Verkruijmelbaarheid van de bodem.

Kaart 4.23 = Kaart 3.23 Stufgevoeligheid van de bodem.

Kaart 4.24 = Kaart 3.24 Slempevoeligheid van de bodem.

Kaart 4.25 Geschiktheid van de bodem voor akkerbouw bij Hydrologie 1850, gebaseerd op 10% droog jaar en afwezigheid van beregening (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Legenda: -

Kwetsbaarheid resultaten

Kaart 4.26 Kwetsbaarheid voor nutriëntenuitspoeling van de bodem onder grasland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met metamodel en BODEGA2.1/1.0.2.0).

Legenda: -

Kaart 4.27 Kwetsbaarheid voor nutriëntenuitspoeling van de bodem onder maïs bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met metamodel en BODEGA2.1/1.0.2.0).

Legenda: -

Kaart 4.28 Kwetsbaarheid voor nutriëntenuitspoeling van de bodem onder overig bouwland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met metamodel en BODEGA2.1/1.0.2.0).

Legenda: -

Bodega bodembeoordeling resultaten

Kaart 4.29 Integrale bodembeoordeling voor weidebouw/grasland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, combinatie van bodemgeschiktheid en kwetsbaarheid, zoals berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0 en metamodel).

Legenda: -

Kaart 4.30 Integrale bodembeoordeling voor akkerbouw/maïsland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, combinatie van bodemgeschiktheid en kwetsbaarheid, zoals berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0 en metamodel).

Legenda: -

Kaart 4.31 Integrale bodembeoordeling voor akkerbouw/overig bouwland bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, combinatie van bodemgeschiktheid en kwetsbaarheid, zoals berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0 en metamodel).

Legenda: -

Bodega bodemgeschiktheid boomkwekerijen

Kaart 4.32 = Kaart 3.32 Zuurgraad van de bodem

Kaart 4.33 = Kaart 3.33 Dikte bovengrond

Kaart 4.34 Geschiktheid van de bodem voor boomkwekerijen bij Hydrologie 1850, gebaseerd op 10% droog jaar en afwezigheid van beregening (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Kaart 4.35.0 Vochtleverend vermogen van de bodem onder boomkwekerijen bij Hydrologie 1850 (Bron: Alterra, berekend met BODEGA2.1/1.0.2.0).

Bijlage 2 Overzicht beoordelingsfactoren en hun opbouw uit bodemkenmerken

In BODEGA 2.1/1.0.2.0 is de kennisdatabase 1.0.20 over bodemgeschiktheid opgenomen met de volgende beoordelingsfactoren.

- ontwateringstoestand
- stevigheid bovengrond (draagkracht)
- stevigheid bovengrond (draagkracht), gedetailleerd
- vochtleverend vermogen
- stuifgevoeligheid
- verkruimelbaarheid
- slempgevoeligheid
- storing in de verticale waterbeweging
- soort bovengrond
- dikte bovengrond
- zuurgraad
- kwetsbaarheid

Ontwateringstoestand

De ontwateringstoestand geeft een indicatie voor de kwaliteit van de luchthuishouding in de bodem: de mate waarin de poriën in het bovenste deel van de bodem (0 tot 50 à 100 cm) met lucht gevuld zijn en van de wijzigingen die zich in de loop van het jaar voordoen. De luchthuishouding in de bodem is o.a. belangrijk voor:

- wortelgroei en wortelactiviteit
- microbiologische processen (slechte aëratie zoals op 'natte' gronden remt de stikstofmineralisatie)
- bodemtemperatuur in het voorjaar ('natte' gronden hebben een tragere start, een korter weideseizoen etc.)
- flexibiliteit in het bewerken van de grond ('drogere' gronden geven meer armslag in de voor- en najaarswerkzaamheden)

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA wordt de ontwateringstoestand bepaald door:

- gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG)
- grondsoort

| | | | | |
|----------------------|----------|---|---|-------------|
| Mogelijke gradaties: | gradatie | 1 | = | zeer diep |
| | gradatie | 2 | = | vrij diep |
| | gradatie | 3 | = | matig diep |
| | gradatie | 4 | = | vrij ondiep |
| | gradatie | 5 | = | zeer ondiep |

Stevigheid bovengrond (draagkracht)

De stevigheid van de bovengrond geeft een aanduiding van het weerstandsvermogen van de grond tegen de belasting, die optreedt bij het beweiden door vee en het berijden met landbouwmachines. Onvoldoende stevigheid van de bovengrond heeft de volgende nadelen:

- uitrijden van mest in het voorjaar wordt belemmerd
- bij beweiding gaat gras verloren door vertrapping
- bedrijfsmanagement wordt belemmerd (niet op tijd uitvoeren van werkzaamheden of werkzaamheden worden wel uitgevoerd met spoorvorming, vernieling van de graszode etc. als gevolg).

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA wordt de stevigheid van de bovengrond bepaald door:

- gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG)
- organische stofgehalte van de bovenste horizont
- textuur (lutum- en leemgehalte) van de bovenste horizont

| | | | | |
|----------------------|----------|------|---|-------------|
| Mogelijke gradaties: | gradatie | 1(1) | = | zeer groot |
| | gradatie | 2(2) | = | vrij groot |
| | gradatie | 3 | = | matig |
| | gradatie | 4(3) | = | vrij gering |
| | gradatie | 5 | = | zeer gering |

Als eerste is de gedetailleerde draagkracht gegeven (5 gradaties). Tussen haakjes staat de draagkracht met drie gradaties.

Vochtleverend vermogen

Het vochtleverend vermogen is de hoeveelheid vocht die in een groeiseizoen van 150 dagen (1 april – 1 september) en in een 10% droogtejaar aan de plantenwortel kan worden geleverd. De grootte ervan wordt bepaald door de hoeveelheid beschikbaar vocht in de effectieve bewortelingsdiepte plus de hoeveelheid vocht die vanuit de ondergrond aan de effectieve bewortelingsdiepte kan worden geleverd. Gewassen in Nederland zijn op het vochtleverend vermogen van de bodem aangewezen, omdat tijdens het groeiseizoen de verdamping de neerslag overtreft. Eens in de 10 jaar bedraagt dit neerslagtekort in De Bilt voor een gras-achtig gewas ruim 200 mm. In veel gevallen is de bodemvoorraad ontoereikend om in dit tekort te voorzien. Vooral op zandgronden en/of gronden met diepe grondwaterstanden komt droogtegevoeligheid voor. Dit heeft opbrengstvermindering tot gevolg of extra kosten voor irrigatie.

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA wordt het vochtleverend vermogen bepaald door:

- vochthoudend vermogen van de effectieve bewortelingsdiepte
- gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG)

- gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG)
- effectieve bewortelingsdiepte
- kritieke stijghoogte bij 2 mm per dag capillaire nalevering
- grondsoort.

| | | | | |
|----------------------|----------|---|---|-----------------------------|
| Mogelijke gradaties: | gradatie | 1 | = | zeer groot (≥ 200 mm) |
| | gradatie | 2 | = | vrij groot (150-200 mm) |
| | gradatie | 3 | = | matig (100-150 mm) |
| | gradatie | 4 | = | vrij gering (50 – 100 mm) |
| | gradatie | 5 | = | zeer gering (< 50 mm) |

Stuifgevoeligheid

De beoordelingsfactor stuifgevoeligheid duidt de weerstand aan die grond heeft tegen verstuiven. Verstuiven treedt vooral op in een droog voor- of najaar, wanneer de grond (gedeeltelijk) kaal is; onderlinge binding van de gronddeeltjes van de bouwvoor is dan te gering om de eroderende kracht van de wind te weerstaan, terwijl ook de bescherming van het gewas ontbreekt.

Verstuiven leidt tot afname van het organische stofgehalte, de vochthoudendheid, de chemische bodemvruchtbaarheid en de biologische activiteit. Verder kunnen ziekten en onkruiden zich verbreiden, kiemende zaden en zelfs aardappels blootstuiven, jonge plantjes onderstuiven of beschadigd worden, en zelfs sloten plaatselijk dichtstuiven.

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA wordt stuifgevoeligheid bepaald door:

- textuur (lutum- en leemgehalte) van de bovenste horizont

| | | | | |
|----------------------|----------|---|---|--------|
| Mogelijke gradaties: | gradatie | 1 | = | gering |
| | gradatie | 2 | = | matig |
| | gradatie | 3 | = | groot |

Verkruimelbaarheid

De verkruimelbaarheid geeft een aanduiding van het gemak, waarmee de bouwvoor zich laat verkruimelen en van de breedte van het vochtgehaltetraject waarbinnen dit mogelijk is. Verkruimelbaarheid beschouwen we hier als een hoedanigheid van het bodemmateriaal zelf.

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA wordt deze factor bepaald door:

- grondsoort
- textuur (lutum- en leemgehalte) van de bovenste horizont
- organischestofgehalte van de bovenste horizont

- kalkgehalte van de bovenste horizont

| | | | | |
|----------------------|----------|---|---|----------------------|
| Mogelijke gradaties: | gradatie | 1 | = | gemakkelijk |
| | gradatie | 2 | = | tamelijk gemakkelijk |
| | gradatie | 3 | = | moeilijk |

Slempgevoeligheid

De beoordelingsfactor slempgevoeligheid duidt aan in hoeverre de bodemaggregaten bestand zijn tegen:

- uiteenvallen in micro-aggregaten of afzonderlijke korrels onder invloed van neerslag
- vervloeien bij hoge vochtgehalten

Als dit verschijnsel alleen aan het oppervlak plaatsvindt, spreken we van oppervlakkige slemp. Bij opdrogen ontstaat dan een slempkorst. Zakt de gehele bouwvoor in elkaar, dan spreken we van interne slemp. Of slemp op een slempgevoelige grond daadwerkelijk zal optreden, hangt onder meer af van de neerslag, de ontwateringstoestand en de begroeiing.

Door slemp wordt de aëratie van de grond ongunstig beïnvloed, waardoor de zuurstofvoorziening van de plantenwortels in gevaar kan komen. Ook neemt de infiltratiecapaciteit en het waterbergend vermogen van de grond af. Een slemplaag of slempkorst heeft nadelen voor de akkerbouw en tuinbouw: de grond droogt in het voorjaar langzaam op, de zuurstofvoorziening van ingezaaide gewassen komt in het gedrang, en vooral bij fijnzadige gewassen kan de kiem beschadigen.

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA wordt slempgevoeligheid bepaald door: grondsoort

- textuur (lutum- en leemgehalte) van de bovenste horizont
- organische stofgehalte van de bovenste horizont
- kalkgehalte van de bovenste horizont

| | | | | |
|----------------------|----------|---|---|--------|
| Mogelijke gradaties: | gradatie | 1 | = | gering |
| | gradatie | 2 | = | matig |
| | gradatie | 3 | = | groot |

Storing in de verticale waterbeweging

Deze beoordelingsfactor gebruiken we om gronden te kunnen afzonderen, waarvan wateroverlast niet of niet uitsluitend door verlaging van de grondwaterstand kan worden opgeheven. Bij de bepaling van de ontwateringstoestand kunnen dan wateroverlast en tijdelijke schijngrondwaterspiegels ten gevolge van een slecht doorlatende laag buiten beschouwing blijven. Na een eventuele verbetering van de

ontwateringstoestand of door verbreking van de slecht doorlatende laag met behulp van een woeler, zijn deze gronden te verbeteren. Een dergelijke grondbewerking is duur en de vruchtbaarheid vermindert er veelal door.

De beoordelingsfactor storing in de verticale waterbeweging is alleen van toepassing voor de tuinbouw. Ze geeft een aanduiding voor:

- een langzame verticale waterbeweging door het profieldeel boven het niveau van de ontwateringdiepte. Waterstagnatie bevordert bij vruchtbomen, met name appelbomen, het optreden van kanker (*Nectria galligena*)
- een trage capillaire aanvoer van water in en boven de storende laag bij grondwaterprofielen en tijdelijke grondwaterprofielen
- een gebrekkig wortelstelsel door te grote dichtheid van de storende laag, waterstagnatie erboven en moeilijke bereikbaarheid eronder

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA wordt storing in de verticale waterbeweging eenvoudig bepaald door het ingelezen basiskenmerk:

- storing in de verticale waterbeweging (1 = geen storing; 2 = storing)

| | | | | |
|----------------------|----------|---|---|---------|
| Mogelijke gradaties: | gradatie | 1 | = | geen |
| | gradatie | 2 | = | ernstig |

Soort bovengrond

Deze beoordelingsfactor maakt enkel onderscheid tussen gronden met een bovengrond van klei, zavel en leem enerzijds en die met een bovengrond van zand en moerig materiaal anderzijds. Dit is relevant voor het bepalen van de geschiktheid van een grond voor akkerbouw.

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA wordt soort bovengrond bepaald door: grondsoort

| | | | | |
|----------------------|----------|---|---|---------------------|
| Mogelijke gradaties: | gradatie | 1 | = | klei, zavel en leem |
| | gradatie | 2 | = | zand en moerig |

Dikte bovengrond

Bij de bodemgeschiktheid van gronden voor de boomkwekerijen is de dikte van de bovengrond (= humushoudend dek; A-horizont) als beoordelingsfactor van belang. Bij de teelt van kluitgoed is de dikte van het humushoudende dek van belang, omdat met het product tevens een hoeveelheid teelaarde in de vorm van een kluit wordt afgevoerd.

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA is de dikte van de bovengrond als volgt gedefinieerd:

| | | | | |
|----------------------|----------|---|---|---------|
| Mogelijke gradaties: | gradatie | 1 | = | < 30 cm |
| | gradatie | 2 | = | > 30 cm |

Zuurgraad

De zuurgraad van de grond bepaalt in sterke mate het te kweken assortiment. Het geschikt maken van een grond met een wat te hoge pH (pH-KCl >5) voor de teelt van zuurminnende gewassen door middel van bijvoorbeeld tuinturf, is weliswaar kostbaar, maar behoort toch tot de normale cultuurmaatregelen. Een grond met een pH hoger dan 6,5 en tevens een hoog gehalte aan vrij koolzure kalk is niet op deze manier geschikt te maken. Veel vrije koolzure kalk is een ernstige beperking voor de assortimentskeuze.

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA is de zuurgraad als volgt gedefinieerd:

| | | | | |
|----------------------|----------|---|---|--------------|
| Mogelijke gradaties: | gradatie | 1 | = | pH-KCl > 6,5 |
| | gradatie | 2 | = | pH-KCl < 6,5 |

Kwetsbaarheid

De kwetsbaarheid geeft aan wat de effecten van een landgebruikvorm zijn op de nutriëntenbelasting van het grond- en oppervlaktewater. Daarvoor zijn de stikstof- en fosforconcentraties in de waterfluxen naar grond- en oppervlaktewater gegroepeerd. De groepering is gebaseerd op de normen die gelden voor grond- en oppervlaktewater.

Voor de nitraatbelasting van het grondwater is de bekende 50 mg.l⁻¹ norm genomen. Dit indiceert wel of geen probleem in het grondwater. Voor het oppervlaktewater bestaan twee normen. De norm voor de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater is de 2,2 mg.l⁻¹. De norm voor de fosforconcentratie in het oppervlaktewater is 0,15 mg.l⁻¹. Zowel voor gebieden met als zonder een nitraatprobleem in het grondwater is nagegaan of de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater de norm overschrijden.

Het vergelijken van, met het metamodel, berekende concentraties in de waterfluxen naar het oppervlaktewater met de normen moet worden uitgevoerd met de nodige voorzichtigheid. In het oppervlaktewater spelen verschillende processen die de concentraties verder beïnvloeden, zoals opname van fosfor door de biomassa en mobilisatie van fosfor onder anaërobe omstandigheden. Voor fosfor betekent dit over het algemeen een reductie van de concentratie in het oppervlaktewater. Stikstof gaat gedeeltelijk verloren (via denitrificatie-processen onder anaërobe omstandigheden) in de slootbodem en tijdens de afstroming via grondwater naar het oppervlaktewater. De mate van stikstofverliezen hangt af van de grondsoort en de verblijftijden in grond- en slootwater. Een reductie met een factor twee is vrij gangbaar voor stikstof.

Vanwege bovengenoemde reducerende processen in de waterbodems, en in grond- en oppervlaktewater zijn de concentraties in waterfluxen naar het oppervlaktewater als volgt geclassificeerd:

- lager dan de norm ? niet kwetsbaar
- tussen èèn en twee keer de norm ? enigszins kwetsbaar
- meer dan twee keer de norm ? kwetsbaar

In de 'kennis'-versie 1.0.2.0 van BODEGA is de kwetsbaarheid als volgt gedefinieerd:

| | | |
|----------------------|------------|--|
| Mogelijke gradaties: | gradatie 1 | = niet kwetsbaar |
| | gradatie 2 | = opp. water (N) |
| | gradatie 3 | = opp. water (lichte P/(mogelijk N)) |
| | gradatie 4 | = opp. water (P/(N)) |
| | gradatie 5 | = grondwater (NO ₃) |
| | gradatie 6 | = grondwater (NO ₃)/opp. water (N) |
| | gradatie 7 | = grondwater (NO ₃)/opp. water (P/(N)) |

Bijlage 3 **Bewerking van profielbeschrijvingen naar invoer voor BODEGA 2.1/1.0.2.0 (50 000 kartering)**

De bestanden BS<projectnummer>.ASC (Tabel A) en HO<projectnummer>.ASC (Tabel B) met gegevens van de profielschetsen zijn invoer voor het programma BP_BODEGA 1.1 (Boorpunt Pre-processing BODEGA).

Tabel A Beschrijving van de file BS<projectnummer>.ASC (de eerste regels wijken af: regel 1, 2 en 3 geven informatie over het bestand; regel 4 geeft aantal kaarteenheden)

| Beschrijving variabele | Eenheid | DT | Mnemonic BP_BODEGA |
|--|---------|----|-----------------------|
| Id-nr | - | I | unieke_code |
| Code 50.000 | - | C* | code50 |
| Gt (STPC_GT) | - | C6 | gt |
| GHG (GHG) | cm-mv. | I | ghg |
| GLG (GLG) | cm-mv. | I | glg |
| Effectieve bewortelingsdiepte | cm-mv. | I | ew |
| Aantal horizonten (-) | - | I | nhor |
| Aanwezigheid stenen (1 = geen; 2 = wel) | - | I | istenen |
| Zuurgraad (1 = < 6.5; 2 = > 6.5) | - | I | zuurgraad |
| Dikte bovengrond (1 = < 30 cm 2 = > 30 cm) | - | I | diktebov |

DT = datatype (R = real; I = integer; C8 = characterstring, bijv. 8 characters)
Mnemonic = naam van variabele in broncode

Tabel B Beschrijving van de file HO<projectnummer>.ASC (de eerste regels wijken af: regel 1 en 2 geven informatie over het bestand)

| Beschrijving variabele | Eenheid | DT | Mnemonic BP_BODEGA |
|--|---------|----|-----------------------|
| Code 50.000 | - | C* | Code50 |
| Horizontcode (HOR_CODE) | - | C8 | hor_cd |
| Diepte ondergrens horizont (ONDERGRENS) | cm-mv. | R | rdpt |
| Organischestofgehalte t.o.v. droge stof (ORG_STOF) | massa % | R | org |
| Lutumgehalte t.o.v. minerale delen (LUTUM) | massa % | R | lutum |
| Leemgehalte t.o.v. minerale delen (LEEM) | massa % | R | leem |
| M50 – mediaan van textuur (M50) | µm | I | im50 |
| Geologische informatie (GEO_FOR_C) | - | I | geo |
| Kalkgehalte (kalkloos (0) en kalkarm/kalkrijk (1)) | - | I | ikalk |

DT = datatype (R = real; I = integer; C8 = characterstring, bijv. 8 characters)
Mnemonic = naam van variabele in broncode

Het programma BP_BODEGA bevat op ervaringskennis gebaseerde voorschriften om de ingelezen gegevens om te zetten naar geschikte invoer voor het geautomatiseerd kennisysteem voor landevaluatie: BODEGA. Het programma BP_BODEGA leest naast de gegevens uit Tabellen A en B gegevens in uit aparte files over de doorlatendheid en vochtgehaltes bij verschillende vochtspanningen (KHONEW.DEF: Tabel C) voor het berekenen van de capillaire nalevering.

Tabel C Beschrijving van de file KHONEW.DEF (gegevens afkomstig van Wösten et al., 1994 en Holst et al., 1988)

| Beschrijving variabele | Eenheid | DT | Mnemonic BP_BODEGA |
|---|---------|----|-----------------------|
| Vochtspanningen 1 tot met j | cm | I | - |
| Aantal bodemfysische bouwstenen | - | I | nr_bouw |
| Per bodemfysische bouwsteen van i tot 'nr_bouw' worden op drie regels de volgende variabelen gegeven: | | | |
| Bodemfysische bouwsteen (B = Staringreeks bovengrond) (O = Staringreeks ondergrond) (X = Brabantreeks) | - | C3 | coda(i) |
| Doorlatendheid bij verzadiging voor de vochtspanningen 1 cm.d ⁻¹ tot en met j | | R | bouw_k(i,j) |
| Vochtgehalte bij verzadiging voor de vochtspanningen 1 tot en met j | | R | bouw_th(i,j) |

DT = datatype (R = real; I = integer; C8 = characterstring, bijv. 8 characters)
Mnemonic = naam van variabele in broncode

Verder leest BP_BODEGA de file STUUR.DAT (Tabel D) in met algemene informatie over het aansturen van BP_BODEGA.

Tabel D Beschrijving van de file STUUR.DAT

| Beschrijving variabele | Eenheid | DT | Mnemonic BP_BODEGA |
|---|---------|----|-----------------------|
| Keuze voor 10.000 (10) of 50.000 (50) kartering | - | I | bodem10_50 |
| Projectnummer | - | I | cr_nr |
| Indicatie om een (2) of alle boorpunten (1) door te rekenen | - | I | optie |
| Staringreeks ('S') of Brabantreeks ('B') | - | C1 | soort_bouwst |
| Bodemgebruik ('G' (gras) of 'A' (akkerbouw) of 'B' (bosbouw) of 'X' (onbekend)). Deze letter geeft aan voor welke bodemgebruiksvorm de effectieve bewortelingsdiepte in KOLOM_A in BOPAK is ingevuld. | - | C1 | bodemgebruik_koloma |
| Bodemgebruik ('G' (gras) of 'A' (akkerbouw) of 'B' (bosbouw) of 'X' (onbekend)). Deze letter geeft aan voor welke bodemgebruiksvorm de effectieve bewortelingsdiepte moet worden berekend. | - | C1 | bodemgebruik |
| Methode (1 = Soesbergen; 2 fysische bouwstenen) waarmee het vochthoudend vermogen van de effectieve bewortelingsdiepte is berekend | - | I | vocht_methode |
| Indicator die aangeeft of verwerkte gronden wel (1) of niet (2) moeten worden vertaald in diepere effectieve bewortelingsdiepte | - | I | verw_gronden |
| Indicator die aangeeft of GHG en GLG wel (1) of niet (2) gecontroleerd moeten worden aan de hand van de Gt | | I | Controle_gt |

DT = datatype (R = real; I = integer; C8 = characterstring, bijv. 8 characters)
Mnemonic = naam van variabele in broncode

De conversies in BP_BODEGA worden hieronder kort behandeld (voor een exacte weergave van de conversies in BP_BODEGA moet de broncode van dit programma worden geraadpleegd).

Controle

De geologische informatie, het lutum-, organische stof- en leemgehalte, de mediaan van de textuur, de GHG, de GLG, de ratio c.q. mengverhouding, bewortelbare diepte, effectieve bewortelingsdiepte, diepte onderkant horizont worden gecontroleerd op minimum en maximum waarden. Verder controle of GHG, GLG, bewortelbare diepte, effectieve bewortelingsdiepte en de ondergrens van elke horizont in een veelvoud van 5 cm is gegeven. Tenslotte wordt de ondergrens van de diepste horizont doorgetrokken tot 5 m - mv.

Toekennen bodemfysische bouwstenen van de Staringreeks

Voor het berekenen van de kritieke stijghoogte (in verband met capillaire nalevering vanuit het grondwater) moet het bodemprofiel worden vertaald in bodemfysische bouwstenen van de Staringreeks (Wösten et al., 1994) of de Brabantreeks (Holst et al., 1988). De bodemfysische bouwstenen (met hun gegevens over doorlatendheden en vochtgehalten voor verschillende vochtspanningen) worden door BP_BODEGA gekoppeld aan horizonten aan de hand van gegevens over de textuur (lutum, leem, M50), geologische ontstaanswijze en organische stofgehalte. Bovengrond-bouwstenen worden gekoppeld met horizonten die de letter 'A' in de code hebben; ondergrond-bouwstenen met de resterende horizonten.

De Brabantreeks heeft maar een beperkt aantal bouwstenen, omdat deze reeks de bodemfysische karakteristieken vertegenwoordigt van voornamelijk zandgronden in Noord-Brabant. Voor kleigronden worden, ook al is gekozen voor de Brabantreeks, daarom toch de bouwstenen uit de Staringreeks gebruikt. Verder zijn er in de Brabantreeks geen bouwstenen beschikbaar voor de bovengrond, die zowel het vocht als de doorlatendheid in relatie tot de drukhoogte beschrijven. Daarom worden, als gekozen is voor de Brabantreeks, ook voor de bovengronden ondergrond-bouwstenen gebruikt.

Storing verticale waterbeweging

Wanneer in de bovenste 80 cm van het bodemprofiel een bodemfysische bouwsteen uit de Staringreeks of Brabantreeks voorkomt met een verzadigde verticale doorlatendheid van minder dan 1 cm per dag, heeft het betreffende boorpunt een storende laag. Zavel en kleigronden worden mogelijk onderschat vanwege macroporiën en scheurvorming. Landelijk geeft de vertaling van bodemprofiel naar bouwsteen van de Staringreeks of Brabantreeks weinig differentiatie in de storing van de verticale waterbeweging. Bijvoorbeeld kalkloze kleigronden met zware kleilaag of overgang van veen naar zand met gliedelaag hebben wel een storing in de verticale waterbeweging, maar dit komt niet tot uiting in de bovengenoemde afleiding. Daarnaast wordt geen rekening gehouden met dikte horizont van slecht doorlatende laag.

Berekenen kritieke stijghoogte

De kritieke stijghoogte is gedefinieerd als de maximale afstand tussen de onderkant van de effectieve bewortelingsdiepte en het grondwater, waarover nog een capillaire opstijging van 2 mm vocht per dag mogelijk is. Een stijgsnelheid van 2 mm vocht per dag wordt voldoende geacht om het gewas in het groeiseizoen van voldoende vocht te voorzien (Van Soesbergen et al., 1986; Van der Sluijs, 1990).

Allereerst onderzoekt BP_BODEGA welke horizonten dieper liggen dan de effectieve bewortelingsdiepte. In deze horizonten vindt namelijk de capillaire opstijging plaats. Vervolgens berekent BP_BODEGA met de subroutine VPOSNEWA (een aangepaste versie c.q. bewerking van programma CAPSEV (Wesseling et al., 1984) waarmee voor een gelaagd profiel de kritieke stijghoogte en het verzadigingsdeficiet bij een verschillend aantal fluxen wordt berekend) per landgebruiksvorm de kritieke stijghoogte voor een capillaire opstijging van 1 en 2 mm per dag en de verzadigingsdeficieten die gepaard gaan met de kritieke stijghoogten van 1 en 2 mm per dag. Het verzadigingsdeficiet is gedefinieerd als de hoeveelheid water dat nodig is om een deel van de grond (in dit geval: de grond tussen de onderkant van de effectieve bewortelingsdiepte en de grondwaterstand wanneer de grondwaterstand zich op een afstand van de onderkant van de effectieve bewortelingsdiepte die gelijk is aan de kritieke stijghoogte) en met een gegeven waterinhoud (in dit geval wordt de waterinhoud bepaald door de pF-curve die hoort bij een capillaire opstijging van 1 of 2 mm per dag) in verzadigde toestand te brengen.

Berekenen eigenschappen bovenste laag en rest van de wortelzone

BP_BODEGA berekent de (gemiddelde) textuureigenschappen van de :

- de bovenste laag (0 tot 40 cm – mv. òf maaiveld tot de onderkant van de effectieve bewortelingsdiepte als de effectieve bewortelingsdiepte ondieper is dan 40 cm – mv.);
- de rest van de wortelzone (als de effectieve bewortelingsdiepte dieper is dan 40 cm – mv.).

De bovenste laag is standaard van 0 tot 40 cm - mv. Een uitzondering hierop wordt gevormd wanneer de gemiddelde effectieve bewortelingsdiepte ondieper is dan 40 cm - mv. Dan wordt dit als grens gehanteerd.

Voor het berekenen van de eigenschappen van de bovenste laag zoekt BP_BODEGA horizonten die voldoende dik zijn om de kenmerken van de betreffende bodemlaag (in dit geval 0 - 40 cm – mv.) mede te bepalen. Horizonten gelijk of kleiner dan 5 cm dik worden uitgesloten. Vervolgens rekent BP_BODEGA de gemiddelde textuureigenschappen en organische stofgehalten uit voor de bovenste laag. Aangenomen wordt dat als de waarde voor textuur of organische stofgehalte niet is ingevuld, de waarde voor de eigenschap nul is.

De berekening van de eigenschappen van de rest van de wortelzone betreft de laag van de onderkant van de bovenste laag tot 60 cm – mv of dieper als de effectieve bewortelingsdiepte dieper is dan 60 cm – mv. BP_BODEGA voert deze berekening op dezelfde wijze uit als voor de bovenste laag.

Berekenen eigenschappen bovenste horizont

BODEGA heeft als invoer de (gemiddelde) textuureigenschappen nodig van de bovenste horizont. BP_BODEGA neemt als bovenste horizont de meest ondiep liggende horizont die dikker is dan 5 cm. Deze eigenschappen zijn belangrijk omdat ze in bijna alle beslisbomen van beoordelingsfactoren voorkomen. Als de waarden van eigenschappen gelijk zijn aan '-1' (niet relevant) wordt aangenomen dat de waarde 0 is.

Toekennen van grondsoort

Op grond van de textuur van de bovengrond kent BP_BODEGA de grondsoorten veen, moerig, zand, leem, klei en zavel toe. De grondsoort geldt dus uitsluitend voor de bovengrond. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van de textuur-driehoeken voor eolische, niet-eolische en organische afzettingen uit Ten Cate et al. (1995). Met behulp van geologische informatie onderscheidt BP_BODEGA de eolische en fluviatiele/mariene afzettingen.

Toekennen vochtbergend vermogen

BP_BODEGA berekent het vochtbergend vermogen van een profiel op grond van twee verschillende methoden:

- door expertise (Soesbergen et al. (1986)) waarbij de textuur en het organisch stofgehalte van verschillende grondsoorten voor GHG droger en natter dan 40 cm – mv. wordt vertaald naar een volumefractie beschikbaar vocht. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een bovenste wortelzone (0 tot effectieve bewortelingsdiepte of maximaal 40 cm) en de onderste wortelzone (40 tot effectieve bewortelingsdiepte);
- door het verschil in vochtgehalte bij veldcapaciteit en verwelkingpunt te nemen voor elke fysische bouwsteen die aan een horizont is gekoppeld. Verwelkingpunt is gedefinieerd als pF 4,2. Veldcapaciteit varieert tussen pF 1,7 (-50) en 2,0 (-100) en 2,3 (-200). Welke waarde gekozen wordt, hangt af van de voorjaarsgrondwaterstand in relatie tot de effectieve bewortelingsdiepte. Veldcapaciteit geeft de vochttoestand weer na uitzakken van overvloedig regenwater. Voor de hoge grondwaterstanden wordt een evenwichtvochtverdeling aangenomen: de drukhoogte overal in het profiel is gelijk aan het tegengestelde van de hoogte boven de grondwaterspiegel. In Nederland wordt vaak uitgegaan van een grondwaterspiegel op 100 cm –mv., dus aan het maaiveld is de drukhoogte gelijk aan –100. Voor de hele natte gronden hebben we in BP_BODEGA een drukhoogte van –50 gehanteerd (voorjaarsgrondwaterstand dieper dan 50 cm plus de helft van de effectieve bewortelingsdiepte). Bij veel diepere grondwaterstanden is er geen sprake van een evenwichtvochtverdeling. Veldcapaciteit wordt dan gedefinieerd als pF 2.3 (-200).

Beide methoden leveren een volumefractie beschikbaar vocht op die vervolgens wordt vermenigvuldigd met de effectieve bewortelingsdiepte. Bij het toepassen van de Brabantreeks is het belangrijk te weten dat de volumefractie vocht berekend wordt aan de hand van ondergrond-bouwstenen. Bovengrond-bouwstenen van de Brabantreeks zijn in BP_BODEGA niet gebruikt, omdat er voor deze bouwstenen geen gegevens zijn van de doorlatendheidskarakteristiek in relatie met de drukhoogte.

Toekennen kalkgehalte

In de file HO<projectnummer>.ASC worden de kalkloos (0) en kalkarm/kalkrijk (1) gegeven. BP_BODEGA neemt deze klassen over. Kalkloos (0 <0.5% CaCO₃) tegenover kalkarm/kalkrijk (1 >= 0.5% CaCO₃). BP_BODEGA selecteert de meest ondiep gelegen horizont die dikker is dan 5 cm.

Toekennen dikte bovengrond

De dikte bovengrond is direct gekoppeld aan de horizontcode. Als deze de hoofdletter 'A' bevat, behoort de horizont tot de bovengrond. BP_BODEGA zoekt naar de onderkant van de meest diepe horizont waarvoor de horizontcode nog een 'A' bevat.

Toekennen zuurgraad

De zuurgraad voor de 50 000 bodemkaart is rechtstreeks afgeleid van de pH-KCl waarde die voor elk representatief profiel bekend is.

Toekennen dikte bovengrond in relatie tot dunne (1) en dikke (2) dekken

Voor de beoordeling van boomkwekerijen op de 50 000 bodemkaart is het onderscheid tussen dunne (< 30 cm) en dikke dekken (> 30 cm) belangrijk.

Uiteindelijk wordt door BP_BODEGA een file weggeschreven:

K<projectnummer>.DAT. Tabel E beschrijft de algemene format van deze file.

Tabel E Beschrijving van de file K<projectnummer>.DAT (de eerste regel beschrijft de namen van de velden)

| Beschrijving variabele | Eenheid | DT ¹ | Mnemonic ² BP_BODEGA |
|---|----------------|-----------------|------------------------------------|
| Boorpunt nummer | - | I | unieke_code |
| Kaarteenheid nummer | - | I | ke_nr |
| Kaartvlak nummer | - | I | vlak_nr |
| Grondsoort (vn = veen, mr = moerig, zd = zand, lm = leem, kl = klei, zv = zavel) | - | C2 | grondsoort |
| GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) | cm - mv | I | ghg |
| GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) | cm - mv | I | glg |
| Effectieve bewortelingsdiepte | cm - mv. | I | ew |
| Kritieke stijghoogte bij 1 mm per dag capillaire nalevering | cm | R | rkrit_1 |
| Kritieke stijghoogte bij 2 mm per dag capillaire nalevering | cm | R | rkrit_2 |
| Lutumgehalte bovenste laag | % ³ | R | gem_lutum_bo |
| Leemgehalte bovenste laag | % ³ | R | gem_leem_bo |
| Mediaan van de zandfractie bovenste laag | µm | R | gem_m50_bo |
| Organischestofgehalte bovenste laag | % | R | gem_org_bo |
| Lutumgehalte bovenste horizont | % | R | bov_lutum |
| Leemgehalte bovenste horizont | % | R | bov_leem |
| Organischestofgehalte bovenste horizont | % | R | bov_org |
| Vochthoudend vermogen effectieve bewortelingsdiepte | mm | R | tot_vocht |
| Kalkgehalte (kalkloos (0) en kalkarm/kalkrijk (1)) | - | I | ikalk |
| Storing in de verticale waterbeweging (1 = geen storing; 2 = storing) | - | I | istoring |
| Dikte bovengrond | cm | I | dbov |
| Zuurgraad (1 = < 6.5; 2 = > 6.5) | - | I | zuurgraad |
| Dikte bovengrond 1 of 2 (1 = < 30 cm 2 = > 30 cm) | - | I | diktebov |

¹ DT = datatype (R = real; I = integer; C8 = characterstring, bijv. 8 characters)

² Mnemonic = naam van variabele in broncode

³ Voor lutum en leem: % massa ten opzichte van minerale delen; voor organische stof: % massa ten opzichte van droge stof.