



Belasting van grondwaterlichamen door gewasbeschermingsmiddelen

Alterra-rapport 2447
ISSN 1566-7197

R. Kruijne en J.W. Deneer

Belasting van grondwaterlichamen door gewasbeschermingsmiddelen

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van een opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu en Deltares
Projectcode [5240360]

Belasting van grondwaterlichamen door gewasbeschermingsmiddelen

R. Kruijne en J.W. Deneer

Alterra-rapport 2447

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2013

Referaat

Kruijne, R. en J.W. Deneer, 2013. *Belasting van grondwaterlichamen door gewasbeschermingsmiddelen*. Wageningen, Alterra-rapport 2447; 60 blz; 13 fig.; 2 tab.; 27ref.

De Nationale Milieu Indicator NMI 3 is gebruikt om een overzicht te maken van de uitspoeling naar het grondwater door het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in het jaar 2008 in de Nederlandse land- en tuinbouw. Vrachten op jaarbasis zijn gegeven per werkzame stof en per gewas, voor het landbouwooppervlak ter hoogte van grondwaterlichamen die in de Kaderrichtlijn Water worden onderscheiden. De meest uitspoelingsgevoelige stoffen worden momenteel toegepast als herbicide in de teelt van snijmaïs. Controle van de vrachten met een geavanceerd model heeft geleid tot een bevestiging dat de combinaties van stof en gewas op de juiste manier zijn gerangschikt.

Trefwoorden: gewasbeschermingsmiddelen, bestrijdingsmiddelen, landbouw, uitspoeling, grondwater, Nationale Milieu Indicator, NMI 3, GeoPEARL

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2013 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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

Alterra-rapport 2447

Wageningen, juni 2013

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanpak	11
1.2 KRW-Grondwaterlichamen	12
1.3 Leeswijzer	13
2 Belasting van het grondwater	15
2.1 Totalen per grondwaterlichaam	15
2.2 Stoffen per grondwaterlichaam	17
2.2.1 Deklaag Rijn-West	18
2.2.2 Krijt Zuid-Limburg	20
2.2.3 Zand Eems	22
2.2.4 Zand Maas	24
2.2.5 Zand Rijn-Midden	26
2.2.6 Zand Rijn-Noord	28
2.2.7 Zand Rijn-Oost	30
2.3 Samenvatting	31
3 Controle van de berekende vrachten	33
3.1 Selectie van stof-gewas combinaties	33
3.2 Berekeningen met GeoPEARL	35
3.3 Resultaten	36
4 Discussie en conclusies	39
4.1 Discussie	39
4.2 Conclusies	41
Referenties	43
Bijlage 1 Kaarten	45
Bijlage 2 Gewassen in NMI 3 en GeoPEARL	49
Bijlage 3 Overzicht berekeningen GeoPEARL	51
Bijlage 4 Stofgegevens	53
Bijlage 5 Rangnummers NMI 3 en GeoPEARL	55

Woord vooraf

De Kaderrichtlijn Water vraagt om een compleet overzicht van de bronnen van verontreiniging van het bovenste grondwater. In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu en Deltares is door Alterra een overzicht gemaakt van de verontreiniging van het bovenste grondwater in Nederland door het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in 2008. De vracht uitspoeling op jaarbasis is verdeeld over de KRW-grondwaterlichamen die in de rapportages voor de Kaderrichtlijn Water worden onderscheiden. Het onderzoek dat in dit rapport wordt gepresenteerd is uitgevoerd om de rapportage voor de Kaderrichtlijn Water voor te bereiden. De auteurs bedanken Ton van der Linden (RIVM) voor het inhoudelijk meedenken over de opzet van het onderzoek en voor het kritisch doornemen van het concept van dit document.

Roel Kruijne
John Deneer

Samenvatting

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu en Deltares is een overzicht gemaakt van de verontreiniging van het bovenste grondwater in Nederland door het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in 2008. Aan de hand van berekeningen zijn cijfers voor de vracht uitspoeling op jaarbasis verdeeld over KRW-grondwaterlichamen, werkzame stoffen en gewassen in de open teelt sectoren.

De Nationale Milieu Indicator NMI 3 is gebruikt om de vracht uitspoeling te berekenen. De uitkomsten zijn indicatief en geschikt om stoffen te sorteren en om gewassen aan te wijzen waar de grootste vrachten kunnen optreden. De uitkomsten zijn gecontroleerd aan de hand van berekeningen met het uitspoelingsmodel GeoPEARL.

In de berekende vracht uitspoeling komen verschillen in de kwetsbaarheid van locaties ter hoogte van grondwaterlichamen tot uiting. In de berekende vracht uitspoeling komen geen regionale verschillen in het verbruik tot uiting omdat het model uitsluitend landsdekkend gemiddelde verbruiksgegevens bevat. Over de ondergrens voor het gebruik op regionale schaal van deze verbruiksgegevens in combinatie met de gewas- en bodemkaarten in de NMI 3 is onvoldoende informatie bekend. Wel is duidelijk dat de onzekerheid het grootst zal zijn ter hoogte van kleine KRW-grondwaterlichamen. Over het geheel van alle stoffen omvat de beschrijving van het verbruik in de land- en tuinbouw ongeveer tweederde deel van het afzetvolume op de Nederlandse markt. Beperkingen die voortvloeien uit de invoergegevens werken door in de uitkomsten en moeten vermeld worden bij de rapportage van absolute cijfers voor de vracht uitspoeling per grondwaterlichaam.

De berekende vrachten zijn gecontroleerd voor de belangrijkste toepassingen van elf werkzame stoffen die samen goed zijn voor 7% van het verbruik en 96% van de totale vracht uitspoeling van alle stoffen en voor alle grondwaterlichamen. Op basis van deze bijdragen wordt deze selectie als representatief gezien voor de huidige belasting van het grondwater in Nederland. Door de eigen benadering van de NMI 3 en GeoPEARL is het op voorhand duidelijk dat de absolute uitkomsten van beide modellen verschillend zijn. Om deze reden zijn rangnummers aan de resultaten toegekend om het verband tussen de uitkomsten van beide modellen te bepalen. De overeenkomst tussen de rangnummers van uitspoelingsfracties (de vracht uitspoeling per eenheid verbruik) berekend met de NMI 3 en de rangnummers van concentraties berekend met GeoPEARL is significant. Dit bevestigt dat de combinaties van gewas, stof en toepassing op de juiste manier zijn gerangschikt, en dat hiermee de stoffen en gewassen zijn geïdentificeerd die de grootste bijdrage leveren aan de belasting van de KRW-grondwaterlichamen.

De grootste bijdrage aan de totale belasting van het grondwater in Nederland is berekend voor de KRW-grondwaterlichamen Zand Maas en Zand Rijn-Oost. Herbiciden vormen met 97% van de totale belasting van alle grondwaterlichamen veruit de belangrijkste stofgroep. De sector veehouderij levert de grootste bijdrage aan de vracht uitspoeling, gevolgd door de akkerbouw en de bloembollenteelt. De bijdrage vanuit de vollegrondsgroenteteelt, boomkwekerij en fruitteelt aan de totale vracht uitspoeling naar het grondwater in Nederland is in de orde van enkele procenten.

De stoffen die in één of meer grondwaterlichamen de grootste bijdrage leveren aan de vracht uitspoeling zijn bentazon, fluroxypyr, terbutylazin en clopyralid. Drie van deze vier stoffen worden toegepast in meerdere sectoren; de stof terbutylazin wordt uitsluitend toegepast in snijmaïs. Afhankelijk van het grondgebruik ter hoogte van het grondwaterlichaam komen naast genoemde stoffen ook andere stoffen in beeld, met toepassingen binnen de sectoren bloembollen, boomkwekerij, fruitteelt en/of de vollegrondsgroenteteelt. Snijmaïs en consumptie-aardappelen zijn gewassen waarvoor relatief hoge uitspoelingsfracties zijn berekend. Dit wordt verklaard door het aandeel van bodems met de laagste gehalten organische stof in het gewasareaal.

1 Inleiding

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu en Deltares hebben Alterra opdracht gegeven om een overzicht te maken van de bronnen van verontreiniging van het bovenste grondwater met gewasbeschermingsmiddelen. De resultaten zijn bestemd voor de rapportage aan de Europese Commissie over de toestand van het grondwater in Nederland, als onderdeel van de tweede implementatieronde van de Kader Richtlijn Water.

Het project geeft antwoord op de volgende vragen:

1. In welke mate worden de grondwaterlichamen in Nederland belast door uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen vanuit de landbouw?
2. Wat zijn de stoffen met de grootste hoeveelheid uitspoeling in de richting van het bovenste grondwater?
3. Wat zijn de belangrijkste gewassen waarin deze stoffen worden gebruikt?
4. Wat zijn de bodemtypen waar de grootste belasting optreedt?

1.1 Aanpak

Om deze vragen te beantwoorden is een compleet beeld nodig van de emissies van werkzame stoffen en metabolieten van gewasbeschermingsmiddelen naar het grondwater. De Nationale Milieu Indicator NMI 3 bevat de gegevens en de rekenregels om dit overzicht te genereren. De NMI 3 berekent de vracht op jaarbasis die op een diepte van 1 meter uitspoelt in de richting van het bovenste grondwater. De uitkomsten zijn bijvoorbeeld geschikt om stoffen te sorteren en om gewassen en bodemtypen aan te wijzen waar de grootste vrachten kunnen optreden. Om deze uitkomsten te controleren worden voor de belangrijkste combinaties berekeningen gedaan met het uitspoelingsmodel GeoPEARL (Tiktak et al., 2003).

NMI 3 en EDG-2010

De Nationale Milieu Indicator NMI 3 (Kruijne et al., 2012ab) werd ontwikkeld voor de evaluatie van de Nota Duurzame Gewasbescherming (EDG-2010; Van der Linden et al., 2012; Van Eerd et al., 2012). De uitkomsten van de NMI 3 zijn verder gebruikt om gegevens te leveren voor de ontwikkeling van het protocol Oorzakenanalyse van normoverschrijding in oppervlaktewater, voor de EmissieRegistratie, de Bestrijdingsmiddelenatlas en een aantal landelijke rapportages over de toestand van de natuur en het milieu.

De NMI 3 bevat gegevens over grondgebruik, toepassingen, emissiefactoren en stofeigenschappen en berekent indicatoren voor de emissie (de vracht op jaarbasis) van deze stoffen naar de milieucompartimenten oppervlaktewater, grondwater, bodem en lucht in de directe omgeving van het behandelde gewas. De toepassingen maken deel uit van een beschrijving van het landsdekkend gemiddeld gebruik (per gewas) op de Nederlandse land- en tuinbouwbedrijven. Conform de werkwijze in de EDG is het volume verbruik volgens de CBS-enquête aangevuld met LEI-gegevens over het gebruik in grasland. De volumes verbruik zijn gecorrigeerd aan de hand van de gemiddelde jaarlijkse afzetcijfers in de periode 2008-2010. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de ruimtelijke eenheden van de STONE-schematisatie (Kroon et al., 2003; Kroes et al., 2002) die een bijdrage leveren aan het areaal van het behandelde gewas. Voor dit project zijn de uitkomsten aan de hand van gedetailleerde gewaskaarten ruimtelijk verdeeld over de grondwaterlichamen.

Uitspoeling naar grondwater

De uitspoeling is afhankelijk van de eigenschappen van de stof en van het bodemgehalte organische stof en in een aantal gevallen ook van de bodem pH. Daarnaast spelen factoren als weersinvloeden, bodemvocht en bulkdichtheid van de bodem een rol. De indicator voor uitspoeling naar het grondwater wordt berekend met een regressievergelijking die de nominale vracht op jaarbasis voorspelt aan de hand van stoffeigenschappen, bodemeigenschappen en gemiddelde waarden voor het bodemvochtgehalte en de hoeveelheid water die vanuit de bouwvoor naar beneden stroomt (het netto neerslagoverschot). De regressievergelijking maakt onderscheid tussen toepassingen in het voorjaar en toepassingen in het najaar. Oorspronkelijk is het regressiemodel afgeleid van het uitspoelingsmodel GeoPEARL voor gebruik op Europese schaal (Tiktak et al., 2003). In een later stadium is een variant ontwikkeld met regressiecoëfficiënten voor gebruik op Nederlandse schaal als onderdeel van de NMI 3.

Over het algemeen neemt de voorspelling van de hoeveelheid uitspoeling op een locatie toe met het netto neerslagoverschot. In bijlage 1 zijn kaarten opgenomen van het netto neerslagoverschot en van de twee belangrijkste bodemfactoren die de uitspoeling bepalen: organische stof en de pH van de bodem. De voorspelling van de hoeveelheid uitspoeling neemt af met het gehalte organische stof in de bodem. Voor stoffen met pH-afhankelijk sorptiegedrag geldt bovendien dat de uitspoeling toeneemt met de pH in de bodem.

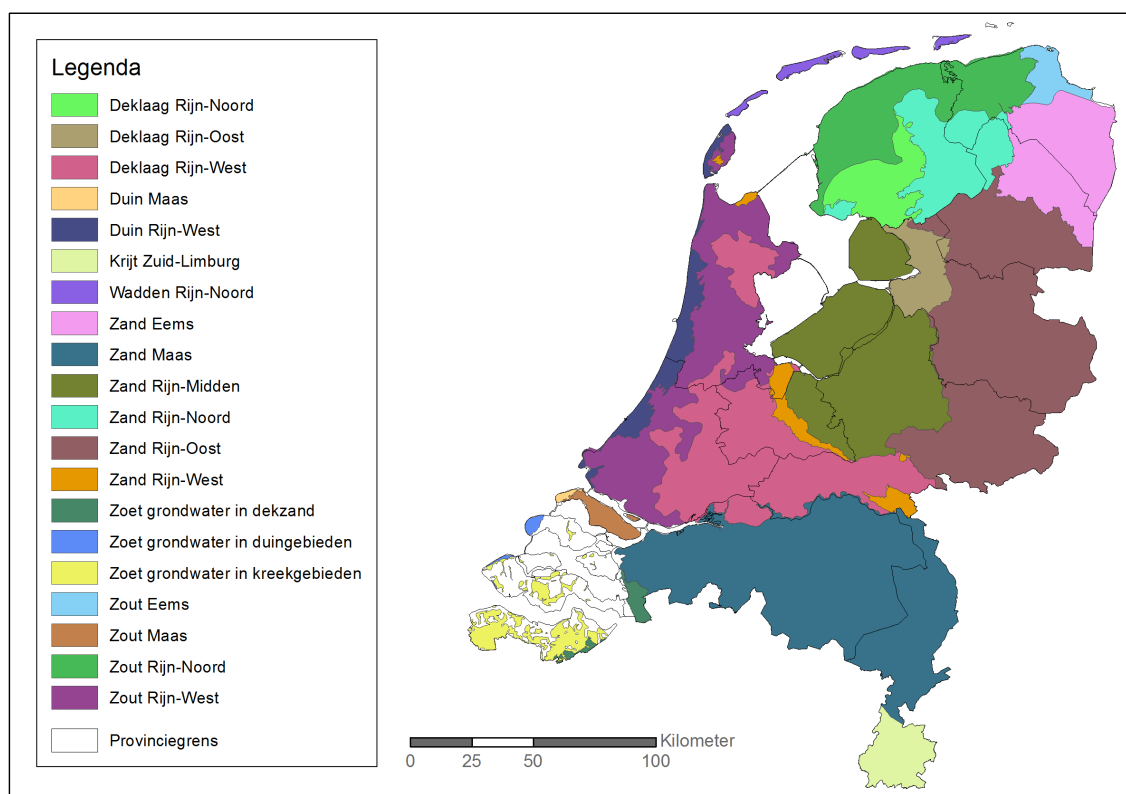
De resultaten van de NMI 3 zijn geschikt voor een aantal 'relatieve' uitspraken, zoals het berekenen van trends op nationale schaal, het presenteren van ruimtelijke patronen, en het toekennen van rangnummers op basis van emissies (vrachten) of milieurisico. De NMI 3 is niet geschikt voor absolute uitspraken over emissies of milieurisico op een bepaalde locatie en een bepaald tijdstip, zoals bijvoorbeeld in de toelatingsbeoordeling.

1.2 KRW-Grondwaterlichamen

De KRW-grondwaterlichamenkaart bevat 23 grondwaterlichamen die zich uitstrekken over één of meer afzonderlijke gebieden. Figuur 1 geeft een overzicht van de 20 KRW-grondwaterlichamen in de bovenste watervoerende laag. Ter hoogte van de provincies Zeeland en Noord Brabant zijn grondwaterlichamen aanwezig in meerdere lagen onder elkaar (bijlage 1). Aan de hand van de gewaskaarten in de NMI 3 is het gewasoppervlak ter hoogte van de bovenste grondwaterlichamen bepaald, om vervolgens de vrachten per grondwaterlichaam te kunnen berekenen.

In (Meinardi en Van den Berg, 2008) worden de grondwaterlichamen in Nederland en aangrenzende gebieden beschreven en wordt ingegaan op de belangrijkste overwegingen die een rol hebben gespeeld bij het maken van de indeling van grondwaterlichamen voor de Kaderrichtlijn water. De ligging van de grote grondwaterlichamen komt redelijk overeen met de kaart die voor dit project is gebruikt (figuur 1). Er is echter ook een aantal verschillen. De auteurs gebruiken een andere legenda en maken ter hoogte van de provincie Zeeland geen duidelijk onderscheid in de verticaal, tussen het zoete grondwater in kreekgebieden (figuur 1) en het zoute grondwater in ondiepe zandlagen (bijlage 1). In figuur 1 is te zien dat het grondwater in een aanzienlijk deel van de provincie Zeeland ontbreekt in de groep bovenste grondwaterlichamen. Zonder dieper in te gaan op de stromingsrichting van het grondwater in de provincie Zeeland is er voor gekozen om het landoppervlak ter hoogte van het KRW-grondwaterlichaam 'Zout grondwater in ondiepe zandlagen' toe te voegen aan de twintig grondwaterlichamen afgebeeld in figuur 1. Op deze manier wordt de land- en tuinbouw in de provincie Zeeland gebiedsdekkend en op dezelfde manier in de berekeningen opgenomen als in de rest van Nederland.

Het oppervlak van het landelijk gebied (landbouw, natuur en water) ter hoogte van een KRW-grondwaterlichaam varieert van ongeveer 2.000 ha (Duin Maas) tot 540.000 ha (Zand Rijn-Oost).



Figuur 1

De twintig KRW grondwaterlichamen in de bovenste watervoerende laag (bron: www.krwportaal.nl).

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van het rapport worden de resultaten gepresenteerd voor de belangrijkste grondwaterlichamen met onderscheid naar sectoren. De gewassen en bodemkenmerken worden genoemd waar de vracht uitspoeling naar het grondwater het grootst is. De controle van de meest relevante combinaties aan de hand van berekeningen met GeoPEARL wordt besproken in hoofdstuk 3. Het rapport vervolgt met een bespreking en de conclusies in hoofdstuk 4.

2 Belasting van het grondwater

De belasting van het bovenste grondwater ter hoogte van de grondwaterlichamen is berekend met de NMI 3 op basis van het verbruik in 2008, na correctie voor de jaargemiddelde omzetcijfers in de periode 2008-2010 (sectie 1.1). In dit hoofdstuk zijn de vrachten gegeven als percentage van de totale vracht voor alle grondwaterlichamen (sectie 2.1) of als percentage van de totale vracht voor het grondwaterlichaam (sectie 2.2). In digitale bestanden zijn de vrachten in kg gegeven; voor alle stoffen, gewassen en grondwaterlichamen.

2.1 Totalen per grondwaterlichaam

In tabel 1 is de verdeling over de grondwaterlichamen gegeven van het landbouwareaal, het relatief verbruik, en de relatieve vracht die uitspoelt naar het bovenste grondwater.

Tabel 1

Verdeling over grondwaterlichamen van het totale oppervlak van alle gewassen, het relatief verbruik en de relatieve vracht die uitspoelt naar het grondwater (NMI 3, grondwaterlichamenkaart www.krwportaal.nl)

Grondwaterlichaam	Areaal (x 1000 ha)	Verbruik (%)	Vracht uitspoeling (%)
Deklaag Rijn-Noord	39	0.5	0.7
Deklaag Rijn-Oost	57	0.7	0.7
Deklaag Rijn-West	216	9.4	4.8
Duin Maas	0.7	0.03	0.04
Duin Rijn-West	10	1.9	2.0
Krijt Zuid-Limburg	25	1.4	7.4
Wadden Rijn-Noord	3.6	0.03	0.11
Zand Eems	119	9.4	5.8
Zand Maas	279	14.7	25.6
Zand Rijn-Midden	168	14.0	10.1
Zand Rijn-Noord	100	2.1	4.6
Zand Rijn-Oost	359	12.5	25.9
Zand Rijn-West	8.8	0.2	0.9
Zoet grondwater in dekzand	4.7	0.3	0.6
Zoet grondwater in duingebieden	0.7	0.05	0.06
Zoet grondwater in kreekgebieden	39	4.0	2.0
Zout Eems	23	1.8	0.5
Zout grondwater in ondiepe zandlagen	73	7.1	2.0
Zout Maas	15	1.7	0.4
Zout Rijn-Noord	159	6.3	2.0
Zout Rijn-West	130	12.1	3.7
Totaal	1829	100.0	100.0

Het landbouwareaal in tabel 1 omvat alle landbouwgewassen (inclusief 8.000 ha glastuinbouw). Het landbouwareaal ter hoogte van een grondwaterlichaam varieert van ongeveer 700 ha (Duin Maas, zoet grondwater in duingebieden) tot 359.000 ha (Zand Rijn-Oost).

Het verbruik in tabel 1 omvat de jaargemiddelde afzet van gewasbeschermingsmiddelen in de open teelt in de periode 2008-2010, conform de EDG-2010. Het verbruik in de glastuinbouw blijft in dit project buiten beschouwing omdat de NMI 3 in mindere mate en GeoPEARL in het geheel niet geschikt zijn voor het berekenen van de uitspoeling naar het grondwater als gevolg van toepassingen in bedekte teelten. De verdeling van het verbruik over de locaties ter hoogte van grondwaterlichamen wordt bepaald door het grondgebruik en door de intensiteit van het gebruik in de betreffende teelten. De intensiteit van het gebruik is het hoogst in de bloembollenteelt, gevolgd door de fruitteelt, boomkwekerij, akkerbouw en veehouderij (zie bijvoorbeeld tabel 4.5 in Van der Linden et al., 2012). De bijdrage aan het verbruik is het grootst in de grondwaterlichamen Zand Maas (14,7%), Zand Rijn-Midden (14,0%), Zand Rijn-Oost (12,5%) en Zout Rijn-West (12,1%).

De vracht uitspoeling omvat alle stoffen met een landbouwkundig gebruik in de open teelt op de locaties ter hoogte van het grondwaterlichaam. Door verschillen in de uitspoelingsgevoeligheid van de toegepaste middelen en van de bodems waar de betreffende gewassen worden verbouwd, wijkt de verdeling van de vracht uitspoeling over de grondwaterlichamen af van de verdeling van het verbruik. We zien zowel grondwaterlichamen waar het aandeel in de vracht groter is dan het aandeel in het verbruik, als grondwaterlichamen waar het omgekeerde het geval is. In de zandgebieden in het zuiden en (noord-)oosten van Nederland (Krijt Zuid-Limburg, Zand Maas, Zand Rijn-Noord, Zand Rijn-Oost) is het aandeel in de vracht uitspoeling relatief hoog ten opzichte van het aandeel in het verbruik. Gemiddeld is de vracht uitspoeling per eenheid verbruik in deze gebieden groter dan in andere delen van Nederland. In de kleigebieden in het westen en het noorden van Nederland (Deklaag Rijn-West, Zout grondwater in ondiepe zandlagen, Zout Rijn-West, Zout Rijn-Noord) is het aandeel in de vracht uitspoeling juist kleiner dan het aandeel in het verbruik.

De bijdrage aan de vracht uitspoeling is het grootst in de grondwaterlichamen Zand Rijn-Oost (25,9%) en Zand Maas (25,6%). Over de ondergrens voor toepassing op regionale schaal van landsdekkend gemiddelde verbruiksgegevens in combinatie met de gewaskaarten en de STONE-schematisatie is onvoldoende informatie bekend. Wel is duidelijk dat de onzekerheid als gevolg van de ruimtelijke verdeling over grondwaterlichamen het grootst zal zijn ter hoogte van kleine grondwaterlichamen. Met het oog op de selectie van combinaties om de uitkomsten te controleren (hoofdstuk 3) is er voor gekozen om de resultaten voor KRW-grondwaterlichamen te gebruiken waar minimaal 5% van de totale vracht uitspoeling wordt berekend. Dit zijn de zeven KRW-grondwaterlichamen Deklaag Rijn-West, Krijt Zuid-Limburg, Zand Eems, Zand Maas, Zand Rijn-Midden, Zand Rijn-Noord en Zand Rijn-Oost. Deze groep van zeven KRW-grondwaterlichamen omvat 84% van de totale berekende vracht uitspoeling. De ondergrens die hier is gehanteerd voor de bijdrage van de belasting van een grondwaterlichaam aan de belasting van het grondwater in Nederland geldt als een pragmatische keuze.

De vracht uitspoeling in de overige veertien KRW-grondwaterlichamen wordt niet in dit rapport besproken; de cijfers zijn wel opgenomen in de digitale bestanden. Het gaat om de grondwaterlichamen Deklaag Rijn-Noord, Deklaag Rijn-Oost, Duin Maas, Duin Rijn-West, Wadden Rijn-Noord, Zand Rijn-West, Zoet grondwater in dekzand, Zoet grondwater in duingebieden, Zoet grondwater in kreekgebieden, Zout Eems, Zout grondwater in ondiepe zandlagen, Zout Maas, Zout Rijn-Noord en Zout Rijn-West.

2.2 Stoffen per grondwaterlichaam

Deze sectie geeft een overzicht van de belangrijkste stoffen en gewassen, in de zeven grondwaterlichamen met het grootste aandeel in de totale vracht die op 1 m diepte uitspoelt in de richting van het grondwater in Nederland. Per grondwaterlichaam zijn de relatieve bijdragen per combinatie van werkzame stof en sector gegeven. Alleen de stof-sector combinaties met een bijdrage $\geq 0,1\%$ aan de totale vracht zijn opgenomen in de tabellen met resultaten per grondwaterlichaam. In de tekst worden de meest relevante gewassen en bodemkenmerken genoemd. In sectie 2.3 zijn de resultaten voor de zeven grondwaterlichamen samengevat.

In de NMI 3 worden de resultaten voor eventuele metabolieten opgeteld bij de resultaten voor de moederstof. In voorkomende gevallen wordt met een voetnoot in de tabel naar de metabolieten verwezen. Bij de ontwikkeling van de NMI 3 was de beschikbaarheid van stofgegevens (afbraaksnelheid in bodem, sorptieparameters, vormingsfractie) het belangrijkste criterium voor opname van metabolieten in de stoffendatabase. Vervolgens is op basis van deze stofgegevens en de omzet van de moederstof(fen) een inschatting gemaakt van de potentiële uitspoeling naar het grondwater én de potentiële drainage naar het oppervlaktewater.

Het verbruik in de open teelten omvat toepassingen van ca. 200 werkzame stoffen in 45 gewassen. Om het rapport overzichtelijk te houden blijven stof-gewas combinaties met een omvang van het verbruik < 1 kg buiten beschouwing. Een verbruik van deze omvang is vaak te herleiden tot een enkele opgave in de CBS-enquête en is als zodanig weinig representatief voor de gewasbeschermingspraktijk in de Nederlandse land- en tuinbouw.

2.2.1 Deklaag Rijn-West

Tabel 2

Relatieve bijdrage per stof en per sector aan de totale vracht die uitspoelt naar het KRW-grondwaterlichaam Deklaag Rijn-West (in %). Berekend met NMI 3 op basis van het verbruik in 2008.

Werkzame stof	Sector						Totaal (%)
	akker-bouw	bloem-bollen-teelt	boom-kwekerij	Fruit-teelt	groente-teelt volle-grond	vee-houderij	
BENTAZON	18.4				3.7	18.0	40.1
FLUROXYPYR	3.6	0.1	0.2			16.1	20.0
TERBUTYLAZIN #						14.6	14.6
2_4_D		0.4	1.4	2.8	0.1	0.8	5.6
MCPA	0.6	0.2	0.2	1.6		0.9	3.4
CHLORIDAZON	0.9	2.4					3.2
CLOPYRALID	2.6						2.6
ISOXAFLUTOOL ^						2.6	2.6
THIRAM \$				1.5			1.5
IMIDACLOPRID	0.6		0.1	0.6			1.4
DICAMBA *						1.0	1.0
TRIADIMENOL				1.0			1.0
CARFENTRAZONE_ ETHYL &	0.5						0.5
ETHOFUMESAAT	0.4						0.4
IODOSULFURON_ METHYL_ NTRIUM	0.3						0.3
GIBBERELLA_ZUUR_A3				0.2			0.2
GIBBERELLIN_A4_A7				0.2			0.2
PROCYMIDON		0.2					0.2
MESOTRIONE						0.1	0.1
Totaal (%)	27.8	3.3	1.9	7.9	3.8	54.1	98.9

terbutylazin inclusief de metabolieten desethyl-terbutylazine en hydroxy-terbutylazine

^ isoxaflutool inclusief de metabolieten 2-cyano-3-cyclopropyl-1-(2-methylsulfonyl-4-trifluoromethylphenyl)propan-1,3-dione en 2-methanesulfonyl-4-trifluoromethylbenzoic acid

\$ thiram inclusief de metaboliet N,N-dimethyl carbamosulfonic acid

* dicamba inclusief de metaboliet 3,6-dichlorosalicylic acid

& carfentrazone-ethyl inclusief de metaboliet carfentrazone chloropropionic acid

De stof 2,4-D wordt vooral gebruikt in grasland, appels, peren, tulpen en de boomkwekerij. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in appels, gevolgd door peren en de boomkwekerij. De uitspoelingsfractie 2,4-D is het grootst voor toepassingen in peren en in de boomkwekerij.

De stof MCPA wordt vooral gebruikt in grasland, granen, appels, peren, graszaad en tulpen. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in peren, grasland, appels, wintertarwe en de boomkwekerij. De uitspoelingsfractie MCPA is het grootst voor toepassingen in de boomkwekerij.

De stof chloridazon wordt vooral gebruikt in de teelt van tulpen, suikerbieten, uien, lelies, iris en narcissen. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in tulpen. De uitspoelingsfractie chloridazon is het grootst voor toepassingen in tulpen.

De stof clopyralid wordt vooral gebruikt in suikerbieten en in mindere mate in grasland. De vracht uitspoeling is het grootst voor toepassingen in suikerbieten. Ook de uitspoelingsfractie clopyralid is het grootst voor toepassingen in suikerbieten.

De stof isoxaflutol wordt gebruikt in grasland en snijmaïs. De vracht uitspoeling (isoxaflutol plus metabolieten) is het grootst voor toepassingen in grasland. De uitspoelingsfractie (isoxaflutol plus metabolieten) is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stoffen bentazon, fluroxypyr, 2,4-D, MCPA, chloridazon en clopyralid vertonen pH-afhankelijk sorptiegedrag. Ter hoogte van het grondwaterlichaam Deklaag Rijn-West zijn bodems met hoge pH aanwezig in het Rivierengebied, ten Zuiden van de Utrechtse Heuvelrug en in de provincie Noord-Holland. Bij vergelijkbare gehalten organische stof en vergelijkbare hydrologische omstandigheden geldt dat de uitspoelingsgevoeligheid voor stoffen met dit type sorptiegedrag voor bodems met hoge pH het grootst is. In het laagveengebied van het Groene Hart is de uitspoeling over het algemeen zeer laag door de hoge gehalten organische stof in de bodem.

2.2.2 Krijt Zuid-Limburg

Tabel 3

Relatieve bijdrage per stof en per sector aan de totale vracht die uitspoelt in de richting van het KRW-grondwaterlichaam Krijt Zuid-Limburg (in %). Berekend met NMI 3 op basis van verbruik in 2008.

Werkzame stof	Sector						Totaal (%)
	akker- bouw	bloem- bollen- teelt	boom- kwekerij	fruit- teelt	groente- teelt volle-grond	vee- houderij	
BENTAZON	17.3					9.0	26.3
FLUROXYPYR	6.5					13.9	20.4
TERBUTYLAZIN #						19.8	19.8
ETHOFUMESAAT	6.9						6.9
CHLORIDAZON	6.3						6.3
CLOPYRALID	5.4						5.4
MCPA	2.0			1.5		1.3	4.7
2_4_D			0.2	1.3	0.1	0.5	2.1
TRIADIMENOL				1.8			1.8
DICAMBA *						0.8	0.8
IMIDACLOPRID				0.7			0.7
THIRAM §				0.7			0.7
CARFENTRAZONE_ ETHYL &	0.6						0.6
ISOXAFLUTOOL ^						0.6	0.6
FLUOPICOLIDE	0.4						0.4
IODOSULFURON_ METHYL_NATRIUM %	0.3						0.3
MESOTRIONE						0.3	0.3
ETHOPROFOS	0.2						0.2
METALAXYL_M	0.2						0.2
CLOMAZONE	0.1						0.1
METSULFURON_ METHYL	0.1						0.1
Totaal (%)	46.4		0.2	6.1	0.1	46.1	98.9

terbutylazin inclusief de metabolieten desethyl-terbutylazine en hydroxy-terbutylazine

* dicamba inclusief de metaboliet 3,6-dichlorosalicylic acid

& carfentrazone-ethyl inclusief de metaboliet carfentrazone chloropropionic acid

§ thiram inclusief de metaboliet N,N-dimethyl carbamosulfonic acid

^ isoxaflutool inclusief de metabolieten 2-cyano-3-cyclopropyl-1-(2-methylsulfonyl-4-trifluoromethylphenyl)propan-1,3-dione en 2-methanesulfonyl-4-trifluoromethylbenzoic acid

% iodosulfuron-methyl-natrium inclusief de metaboliet metsulfuron-methyl

De bijdrage aan de totale belasting van het grondwater in Nederland vanuit open teelten ter hoogte van het grondwaterlichaam Krijt Zuid-Limburg is 7,4%. De belasting bestaat voor het grootste deel uit stoffen die gebruikt worden in de akkerbouw en de veehouderij, en in mindere mate uit stoffen toegepast in de fruitteelt.

Ter hoogte van het grondwaterlichaam Krijt Zuid-Limburg wordt de stof bentazon vooral gebruikt in consumptie-aardappelen, snijmaïs, erwten (groen te oogsten), uien, grasland en vlas. De grootste vracht uitspoeling wordt berekend voor toepassingen in consumptieaardappelen, gevolgd door snijmaïs en erwten. De uitspoelingsfractie bentazon is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stof fluroxypyr wordt vooral gebruikt in granen, grasland en snijmaïs. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in snijmaïs. De uitspoelingsfractie fluroxypyr is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stof terbutylazin wordt uitsluitend gebruikt in snijmaïs.

De stof ethofumesaat wordt vooral gebruikt in suikerbieten. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in suikerbieten. De uitspoelingsfractie ethofumesaat is het grootst voor toepassingen in graszaadteelt.

De stof chloridazon wordt vooral gebruikt in de teelt van suikerbieten en uien. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in suikerbieten. De uitspoelingsfractie chloridazon is het grootst voor toepassingen in uien.

De stof clopyralid wordt gebruikt in suikerbieten. Zowel de vracht als de uitspoelingsfractie clopyralid is het grootst voor toepassingen in suikerbieten.

De stof MCPA wordt vooral gebruikt in granen, grasland, appels en peren. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in wintertarwe. De uitspoelingsfractie MCPA is het grootst voor toepassingen in de aardbeienteelt.

De stoffen bentazon, fluroxypyr, chloridazon, clopyralid en MCPA vertonen pH-afhankelijk sorptiegedrag. In het gebied ter hoogte van het grondwaterlichaam Krijt Zuid-Limburg komen vrijwel uitsluitend bodems voor met een relatief hoge pH-KCl (> 5.6). Deze bodems zijn het meest uitspoelingsgevoelig voor stoffen met dit type sorptiegedrag. Bovendien komen in dit gebied op grote schaal bodems voor met lage gehalten organische stof en dat leidt tot een relatief hoge uitspoeling.

2.2.3 Zand Eems

Tabel 4

Relatieve bijdrage per stof en per sector aan de totale vracht die uitspoelt in de richting van het KRW-grondwaterlichaam Zand Eems (in %). Berekend met NMI 3 op basis van verbruik in 2008.

Werkzame stof	Sector						Totaal (%)
	akker- bouw	bloem- bollen- teelt	boom- kwekerij	fruit- teelt	groente- teelt volle- grond	vee- houderij	
CLOPYRALID	27.1						27.1
FLUROXYPYR	12.9					12.6	25.4
BENTAZON	10.5				0.4	8.9	19.7
TERBUTYLAZIN [#]						12.8	12.8
DICAMBA [*]						4.1	4.1
OXAMYL	2.9						2.9
ETHOFUMESAAT	1.8						1.8
CHLORIDAZON	1.2						1.2
ISOXAFLUTOOL [^]						1.2	1.2
MCPA	1.0					0.3	1.2
CARFENTRAZONE_ ETHYL ^{&}	0.7						0.7
2_4_D			0.2			0.3	0.5
IMIDACLOPRID	0.5						0.5
IODOSULFURON_ METHYL_NATRIUM [%]	0.1						0.1
METSULFURON_ METHYL	0.1						0.1
Totaal (%)	58.7		0.2		0.4	40.1	99.4

[#] terbutylazin inclusief de metabolieten desethyl-terbutylazine en hydroxy-terbutylazine

^{*} dicamba inclusief de metaboliet 3,6-dichlorosalicylic acid

[^] isoxaflutool inclusief de metabolieten 2-cyano-3-cyclopropyl-1-(2-methylsulfonyl-4-trifluoromethylphenyl)propan-1,3-dione en 2-methanesulfonyl-4-trifluoromethylbenzoic acid

[&] carfentrazone-ethyl inclusief de metaboliet carfentrazone chloropropionic acid

[%] iodosulfuron-methyl-natrium inclusief de metaboliet metsulfuron-methyl

De bijdrage aan de totale belasting van het grondwater in Nederland vanuit open teelten ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Eems is 5,8%. De belasting bestaat voor het grootste deel uit stoffen toegepast in de akkerbouw en de veehouderij.

Ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Eems wordt de stof clopyralid gebruikt in suikerbieten. Zowel de vracht als de uitspoelingsfractie clopyralid is het grootst voor toepassingen in suikerbieten.

De stof fluroxypyr wordt vooral gebruikt in granen, grasland, snijmaïs en graszaad. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in snijmaïs en in zomergerst. De uitspoelingsfractie fluroxypyr is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stof bentazon wordt vooral gebruikttoegepast in fabrieksaardappelen, snijmaïs, erwten (groen te oogsten), consumptie-aardappelen en grasland. De grootste vracht uitspoeling wordt berekend voor toepassingen in snijmaïs en in fabrieksaardappelen. De uitspoelingsfractie bentazon is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stof terbutylazin wordt uitsluitend toegepast in snijmaïs.

De stof dicamba wordt vooral gebruikt in snijmaïs en grasland. Zowel de grootste vracht uitspoeling als de grootste uitspoelingsfractie (dicamba plus metaboliet) is berekend voor toepassingen in snijmaïs.

De stof oxamyl wordt vooral gebruikt in de teelt van fabrieksaardappelen en in mindere mate in was- en bospeen, lelies en consumptieaardappelen. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in fabrieksaardappelen. De uitspoelingsfractie oxamyl is het grootst voor toepassingen in de teelt van was- en bospeen.

De stoffen clopyralid, fluroxypyr, bentazon en dicamba vertonen pH-afhankelijk sorptiegedrag. Ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Eems zijn bodems met hoge pH aanwezig in het oostelijk deel van de provincie Groningen; ten zuiden van de Dollard. Deze bodems zijn het meest uitspoelingsgevoelig voor stoffen met dit type sorptiegedrag. In het hoogveengebied zal de uitspoeling over het algemeen zeer laag zijn door de hoge gehalten organische stof in de bodem.

2.2.4 Zand Maas

Tabel 5

Relatieve bijdrage per stof en per sector aan de totale vracht die uitspoelt in de richting van het KRW-grondwaterlichaam Zand Maas (in %). Berekend met NMI 3 op basis van verbruik in 2008.

Werkzame stof	Sector						Totaal (%)
	akker- bouw	bloem- bollen- teelt	boom- kwekerij	fruit- teelt	groente- teelt volle- grond	vee- houderij	
BENTAZON	23.3				5.6	14.1	43.0
TERBUTYLAZIN #						19.6	19.6
FLUROXYPYR	1.9		0.2			16.4	18.4
CLOPYRALID	5.6						5.6
DICAMBA *						4.2	4.2
2_4_D			1.2	0.1	0.3	0.3	2.0
ISOXAFLUTOOL ^						1.3	1.3
CHLORIDAZON	0.9	0.2					1.2
CARFENTRAZONE_ ETHYL &	0.8						0.8
ETHOFUMESAAT	0.8						0.8
MCPA	0.3					0.3	0.6
IMIDACLOPRID	0.2		0.1				0.4
MESOTRIONE						0.2	0.2
PROCYMIDON		0.2					0.2
TRIADIMENOL			0.1				0.1
Totaal (%)	33.8	0.5	1.6	0.1	6.0	56.4	98.4

terbutylazin inclusief de metabolieten desethyl-terbutylazine en hydroxy-terbutylazine

* dicamba inclusief de metaboliet 3,6-dichlorosalicylic acid

^ isoxaflutool inclusief de metabolieten 2-cyano-3-cyclopropyl-1-(2-methylsulfonyl-4-trifluoromethylphenyl)propan-1,3-dione en 2-methanesulfonyl-4-trifluoromethylbenzoic acid

& carfentrazone-ethyl inclusief de metaboliet carfentrazone chloropropionic acid

De bijdrage aan de totale belasting van het grondwater in Nederland vanuit open teelten ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Maas is 25,6%. De belasting bestaat voor het grootste deel uit stoffen toegepast in de veehouderij, gevolgd door de akkerbouw, en in mindere mate uit stoffen toegepast in de vollegrondsgroenteteelt.

Ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Maas wordt de stof bentazon vooral gebruikt in consumptie-aardappelen, snijmais, erwten (groen te oogsten), stambonen en uien. De grootste vracht uitspoeling wordt berekend voor toepassingen in consumptieaardappelen. De uitspoelingsfractie bentazon is het grootst voor toepassingen in snijmais.

De stof terbutylazin wordt uitsluitend gebruikt in snijmais.

De stof fluroxypyr wordt vooral toegepast in grasland, snijmaïs, granen en graszaad. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in snijmaïs. Ook de uitspoelingsfractie fluroxypyr is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stof clopyralid wordt vooral gebruikt in suikerbieten. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in suikerbieten. Ook de uitspoelingsfractie clopyralid is het grootst voor toepassingen in suikerbieten.

De stof dicamba wordt vooral gebruikt in snijmaïs en in een aantal gewassen binnen de sector boomkwekerij. De grootste vracht uitspoeling (dicamba plus metaboliet) is berekend voor toepassingen in snijmaïs. De uitspoelingsfractie (dicamba plus metaboliet) is het grootst voor toepassingen in laan- en parkbomen.

De stoffen bentazon, fluroxypyr, clopyralid en dicamba vertonen pH-afhankelijk sorptiegedrag. Ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Maas zijn bodems met hoge pH aanwezig ter hoogte van het Noordwestelijk gelegen deel van het grondwaterlichaam. Deze bodems zijn het meest uitspoelingsgevoelig voor stoffen met dit type sorptiegedrag.

Over het geheel van alle stoffen worden de grootste uitspoelingsfracties berekend voor isoxaflutool inclusief metabolieten. De vracht uitspoeling bedraagt enkele kilogrammen.

2.2.5 Zand Rijn-Midden

Tabel 6

Relatieve bijdrage per stof en per sector aan de totale vracht die uitspoelt in de richting van het KRW-grondwaterlichaam Zand Rijn-Midden (in %). Berekend met NMI 3 o.b.v. verbruik in 2008.

Werkzame stof	Sector						Totaal (%)
	akker- bouw	bloem- bollen- teelt	boom- kwekerij	fruit- teelt	groente- teelt volle- grond	vee- houderij	
BENTAZON	24.4				0.9	13.5	38.8
FLUROXYPYR	2.2	0.1				17.0	19.3
TERBUTYLAZIN #						17.5	17.5
CHLORIDAZON	3.1	2.7					5.8
DICAMBA *						5.5	5.5
CLOPYRALID	2.3						2.3
2_4_D		0.6	0.8	0.1		0.6	2.0
IMIDACLOPRID	2.0						2.0
MCPA	0.5	0.2		0.1		0.6	1.4
ISOXAFLUTOOL ^						1.3	1.3
CARFENTRAZONE_ ETHYL &	0.7						0.7
ETHOFUMESAAT	0.7						0.7
PROCYMIDON	0.1	0.4					0.5
METALAXYL_M	0.3						0.3
FOSTHIAZAAT	0.2						0.2
MESOTRIONE						0.2	0.2
Totaal (%)	36.5	4.0	0.8	0.2	0.9	56.1	98.5

terbutylazin inclusief de metabolieten desethyl-terbutylazine en hydroxy-terbutylazine

* dicamba inclusief de metaboliet 3,6-dichlorosalicylic acid

^ isoxaflutool inclusief de metabolieten 2-cyano-3-cyclopropyl-1-(2-methylsulfonyl-4-trifluoromethylphenyl)propan-1,3-dione en 2-methanesulfonyl-4-trifluoromethylbenzoic acid

& carfentrazone-ethyl inclusief de metaboliet carfentrazone chloropropionic acid

De bijdrage aan de totale belasting van het grondwater in Nederland vanuit open teelten ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Rijn-Midden is ongeveer 10%. De belasting bestaat voor het grootste deel uit stoffen toegepast in de veehouderij, gevolgd door de akkerbouw, en in mindere mate uit stoffen toegepast in de bloembollenteelt.

Ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Rijn-Midden wordt de stof bentazon vooral gebruikt in consumptie-aardappelen, snijmaïs, uien, erwten (groen te oogsten), stambonen, grasland en vlas. De grootste vracht uitspoeling wordt berekend voor toepassingen in snijmaïs, gevolgd door consumptieaardappelen. Ook de uitspoelingsfractie bentazon is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stof fluroxypyr wordt vooral gebruikt in grasland, granen, snijmaïs en graszaad. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in snijmaïs. Ook de uitspoelingsfractie fluroxypyr is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stof terbutylazin wordt uitsluitend toegepast in snijmaïs.

De stof chloridazon wordt vooral gebruikt in de teelt van uien, tulpen, suikerbieten en lelies. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in tulpen. Ook de uitspoelingsfractie chloridazon is het grootst voor toepassingen in tulpen.

De stof dicamba wordt vooral gebruikt in snijmaïs, grasland en een aantal boomkwekerijgewassen. De grootste vracht uitspoeling (dicamba en metaboliet) is berekend voor toepassingen in snijmaïs. De uitspoelingsfractie dicamba en metaboliet is het grootst voor toepassingen in laan- en parkbomen.

De stof clopyralid wordt vooral gebruikt in suikerbieten. Zowel de vracht als de uitspoelingsfractie clopyralid is het grootst voor toepassingen in suikerbieten.

De stoffen bentazon, fluroxypyr, chloridazon, dicamba en clopyralid vertonen pH-afhankelijk sorptiegedrag. Ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Rijn-Midden zijn bodems met hoge pH aanwezig in de provincie Flevoland. Deze bodems zijn het meest uitspoelingsgevoelig voor stoffen met dit type sorptiegedrag.

2.2.6 Zand Rijn-Noord

Tabel 7

Relatieve bijdrage per stof en per sector aan de totale vracht die uitspoelt in de richting van het KRW-grondwaterlichaam Zand Rijn-Noord (in %). Berekend met NMI 3 op basis van verbruik in 2008.

Werkzame stof	Sector						Totaal (%)
	akker- bouw	bloem- bollen- teelt	boom- kwekerij	fruit- teelt	groente- teelt volle- grond	vee- houderij	
FLUROXYPYR	1.7					29.1	30.8
TERBUTYLAZIN #						27.0	27.0
BENTAZON	5.4					19.2	24.6
DICAMBA *						7.6	7.6
ISOXAFLUTOOL ^						3.6	3.6
CLOPYRALID	2.5						2.5
2_4_D						0.8	0.8
MCPA	0.1					0.5	0.6
CARFENTRAZONE_ ETHYL &	0.5						0.5
IMIDACLOPRID	0.5						0.5
CHLORIDAZON	0.1	0.2					0.3
ETHOFUMESAAT	0.2						0.2
MESOTRIONE						0.2	0.2
OXAMYL	0.2						0.2
TRICLOPYR						0.1	0.1
Totaal (%)	11.4	0.2				88.1	99.6

terbutylazin inclusief de metabolieten desethyl-terbutylazine en hydroxy-terbutylazine

* dicamba inclusief de metaboliet 3,6-dichlorosalicylic acid

^ isoxaflutool inclusief de metabolieten 2-cyano-3-cyclopropyl-1-(2-methylsulfonyl-4-trifluoromethylphenyl)propan-1,3-dione en 2-methanesulfonyl-4-trifluoromethylbenzoic acid

& carfentrazone-ethyl inclusief de metaboliet carfentrazone chloropropionic acid

De bijdrage aan de totale belasting van het grondwater in Nederland vanuit open teelten ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Rijn-Noord is 4,6%. De belasting bestaat voor het grootste deel uit stoffen toegepast in de veehouderij, en in mindere mate in de akkerbouw.

Ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Rijn-Noord wordt de stof fluroxypyr vooral gebruikt in grasland, snijmaïs en granen. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in snijmaïs en in grasland. De uitspoelingsfractie fluroxypyr is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stof terbutylazin wordt uitsluitend toegepast in snijmaïs.

De stof bentazon vooral gebruikt in snijmaïs, grasland, consumptie-aardappelen en fabrieksaardappelen. De grootste vracht uitspoeling wordt berekend voor toepassingen in snijmaïs. De uitspoelingsfractie bentazon is het grootst voor toepassingen in snijmaïs en voor toepassingen in fabrieksaardappelen.

De stof dicamba wordt gebruikt in snijmaïs en grasland. De grootste vracht uitspoeling (dicamba plus metaboliet) is berekend voor toepassingen in snijmaïs. De uitspoelingsfractie (dicamba plus metaboliet) is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stof isoxaflutool wordt gebruikt in grasland en snijmaïs. De vracht uitspoeling (isoxaflutool plus metabolieten) is het grootst voor toepassingen in grasland. De uitspoelingsfractie (isoxaflutool plus metabolieten) is het grootst voor toepassingen in snijmaïs.

De stof clopyralid wordt gebruikt in suikerbieten.

De stoffen fluroxypyr, bentazon, dicamba en clopyralid vertonen pH-afhankelijk sorptiegedrag. Ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Rijn-Noord zijn bodems met hoge pH niet of nauwelijks aanwezig.

2.2.7 Zand Rijn-Oost

Tabel 8

Relatieve bijdrage per stof en per sector aan de totale vracht die uitspoelt in de richting van het KRW-grondwaterlichaam Zand Rijn-Oost (in %). Berekend met NMI 3 op basis van verbruik in 2008.

Werkzame stof	Sector						Totaal (%)
	akker- bouw	bloem- bollen- teelt	boom- kwekerij	fruit- teelt	groente- teelt volle- grond	vee- houderij	
FLUROXYPYR	2.3					26.4	28.7
TERBUTYLAZIN #						27.8	27.8
BENTAZON	4.1				0.2	21.4	25.7
DICAMBA *						8.0	8.0
CLOPYRALID	3.3						3.3
ISOXAFLUTOOL ^						2.5	2.5
2_4_D			0.3			0.6	0.9
MCPA	0.2					0.4	0.6
CHLORIDAZON	0.2	0.2					0.4
CARFENTRAZONE_	0.3						0.3
ETHYL							
ETHOFUMESAAT	0.3						0.3
OXAMYL	0.3						0.3
IMIDACLOPRID	0.2						0.2
MESOTRIONE						0.2	0.2
PROCYMIDON		0.1					0.1
TRICLOPYR						0.1	0.1
Totaal (%)	11.2	0.3	0.3		0.2	87.5	99.5

terbutylazin inclusief de metabolieten desethyl-terbutylazine en hydroxy-terbutylazine

* dicamba inclusief de metaboliet 3,6-dichlorosalicylic acid

^ isoxaflutool inclusief de metabolieten 2-cyano-3-cyclopropyl-1-(2-methylsulfonyl-4-trifluoromethylphenyl)propan-1,3-dione en 2-methanesulfonyl-4-trifluoromethylbenzoic acid

& carfentrazone-ethyl inclusief de metaboliet carfentrazone chloropropionic acid

De bijdrage aan de totale belasting van het grondwater in Nederland vanuit open teelten ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Rijn-Oost is 25,9%. De belasting bestaat voor het grootste deel uit stoffen toegepast in de veehouderij, en in mindere mate uit stoffen toegepast in de akkerbouw.

Ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Rijn-Oost wordt de stof fluroxypyr vooral gebruikt in grasland, snijmaïs en granen. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor snijmaïs. De grootste uitspoelingsfractie (de vracht per eenheid verbruik) is berekend voor snijmaïs.

De stof terbutylazin wordt uitsluitend toegepast in snijmaïs.

De stof bentazon wordt vooral gebruikt in snijmaïs, aardappelen, grasland, en een aantal kleinere akkerbouwgewassen. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in snijmaïs. Ook de uitspoelingsfractie bentazon is het grootst in snijmaïs.

De stof dicamba wordt vooral gebruikt in snijmaïs en in mindere mate in grasland. De grootste vracht uitspoeling is berekend voor toepassingen in snijmaïs (dicamba plus metaboliet). Ook de uitspoelingsfractie is het grootst in snijmaïs (dicamba plus metaboliet).

Toepassingen van clopyralid in suikerbieten leiden tot relatief hoge uitspoelingsfracties. Hetzelfde geldt voor de stof isoxaflutol inclusief metabolieten.

De stoffen fluroxypyr, bentazon, dicamba en clopyralid vertonen pH-afhankelijk sorptiegedrag. Ter hoogte van het grondwaterlichaam Zand Rijn-Oost zijn bodems met hoge pH alleen aanwezig in het dal van de IJssel en in het meest zuidelijk gedeelte.

2.3 Samenvatting

De grootste bijdragen aan de totale belasting van het grondwater in Nederland zijn berekend voor de KRW-grondwaterlichamen Zand Maas en Zand Rijn-Oost. Herbiciden vormen met 97% van de totale belasting van alle grondwaterlichamen veruit de belangrijkste stofgroep. De sector veehouderij levert met 59% de grootste bijdrage aan de vracht uitspoeling naar het grondwater, gevolgd door de akkerbouw (32%) en de bloembollenteelt (5%) (in de NMI 3 omvat de sector veehouderij de gewassen grasland en snijmaïs - bijlage 2). De bijdrage vanuit de vollegronds groenteteelt, boomkwekerij en fruitteelt aan de totale vracht uitspoeling naar het grondwater in Nederland is in de orde van enkele procenten.

De uitspoelingsfractie (vracht per eenheid verbruik) berekend over het verbruik van alle stoffen in een sector is het grootst in de veehouderij, gevolgd door de vollegronds groenteteelt en de akkerbouw.

De stoffen die in één of meer van de geselecteerde grondwaterlichamen de grootste bijdrage leveren aan de vracht uitspoeling zijn bentazon, fluroxypyr, terbutylazin en clopyralid. Drie van deze vier stoffen worden toegepast in meerdere sectoren; de stof terbutylazin wordt uitsluitend gebruikt in snijmaïs. De cijfers voor terbutylazin omvatten de som van de moederstof en twee metabolieten. Het aandeel van de moederstof in deze som is ongeveer 7%, van de metaboliet desethyl-terbutylazin < 1% en van hydroxy terbutylazin ongeveer 93%.

Afhankelijk van het grondgebruik ter hoogte van het grondwaterlichaam komen naast stoffen uit de veehouderij en de akkerbouw ook stoffen in beeld met toepassingen binnen de sectoren bloembollen, boomkwekerij, fruitteelt en/of de vollegronds groenteteelt. Snijmaïs en consumptie-aardappelen zijn gewassen waarvoor relatief hoge uitspoelingsfracties zijn berekend. Dit geldt zowel voor stoffen met pH-onafhankelijk sorptiegedrag als voor stoffen met pH-afhankelijk sorptiegedrag. De relatief hoge uitspoelingsfracties voor toepassingen in snijmaïs en consumptie-aardappelen worden verklaard door de fractie van het gewasareaal met bodems met de laagste gehalten organische stof.

Voor toepassingen van een relatief uitspoelingsgevoelige stof geldt over het algemeen dat de variatie van de uitspoelingsfractie tussen gewassen minder dan een orde van grootte bedraagt. De variatie van de uitspoelingsfractie tussen stoffen kan daarentegen meerdere orden van grootte bedragen. Over het algemeen is de gevoeligheid van de uitspoeling per eenheid verbruik groter voor de afbraak- en sorptie-eigenschappen van de stof dan voor het gewas waarin de stof wordt toegepast.

3 Controle van de berekende vrachten

3.1 Selectie van stof-gewas combinaties

De vrachten die uitspoelen naar het grondwater worden gecontroleerd met het model GeoPEARL. Door de omvang van het geheel van alle mogelijk relevante toepassingen zijn de belangrijkste combinaties van stoffen en gewassen voor dit doel geselecteerd. Om te bepalen welke stoffen in aanmerking komen voor berekeningen met GeoPEARL is een ondergrens van 5% aangehouden voor de bijdrage aan de sombelasting voor het grondwaterlichaam (onder de sombelasting van een stof verstaan we de vracht uitspoeling als gevolg van alle toepassingen; kolom Totaal in de tabellen in sectie 2.2). Dit levert een lijst van negen relevante stoffen (het aantal grondwaterlichamen wordt tussen haakjes gegeven):

- bentazon (7),
- fluroxypyr (7),
- terbutylazin (7),
- dicamba (3),
- chloridazon (3),
- clopyralid (2),
- 2,4 D (1),
- ethofumesaat (1) en
- MCPA (1).

De vrachten zijn berekend op basis van gegevens over het gebruik in de Nederlandse land- en tuinbouw (CBS-bestrijdingsmiddelenenquête 2008) en op de jaargemiddelde afzet op de Nederlandse markt in de periode 2008-2010. De afzet van een stof in de periode 2008-2010 loopt uiteen van ongeveer 10 tot 10⁶ kg op jaarbasis (mediaan = 7400 kg). De afzetcijfers zijn op basis van vertrouwelijkheid door Nefyto en overige producenten ter beschikking gesteld voor de evaluatie van de Nota Duurzame Gewasbescherming en voor andere beleidsdoeleinden. Door veranderingen in het verbruik in de periode na 2008 kunnen stoffen onopgemerkt blijven die mogelijk een risico voor het grondwater vormen. Er zijn twee controles uitgevoerd om na te gaan of de bovenstaande lijst met relevante stoffen moet worden aangevuld:

1. aan de hand van jaarlijkse omzetcijfers in de periode 2008 - 2011 is nagegaan of er stoffen zijn met een verbruik in 2008 die een stijging in de omzet vertonen. Stoffen zonder verbruiksgegevens in 2008 blijven hier buiten beschouwing en
2. de uitspoeling als fractie van het verbruik is een maat voor het uitspoelingsrisico van de stof. Stoffen met een laag volume verbruik maar een hoog risico kunnen aan de lijst met relevante stoffen toegevoegd worden.

Omzetgegevens

Naast de stoffen met een hoge ($\geq 5\%$) bijdrage aan de sombelasting zijn ook een aantal stoffen geïdentificeerd waarbij sprake is van een continu stijgende omzet in de periode 2008 - 2011 (jaarlijkse cijfers). Van sommige van deze stoffen zou de bijdrage aan de sombelasting, die in 2008 nog beneden de 5% uitkomt, gezien de stijgende omzet na 2008 mogelijk wel boven de 5% kunnen komen. Het blijkt hierbij echter om een zeer beperkt aantal stoffen te gaan, waarvan bovendien deels gegevens in de NMI 3 ontbreken (zodat de verdeling van het totale verbruik over de verschillende gewassen niet duidelijk is).

Er zijn twee stoffen met een continu stijgende omzet waarvan de verdeling over de gewassen in de NMI 3 bekend is, én waarvoor de NMI 3 een vracht uitspoeling > 0 heeft berekend: oxamyl, met een vracht

uitspoeling van 3,3 kg, en thiamethoxam met een vracht uitspoeling van 0,1 kg. Deze stoffen zijn mogelijk relevant gezien de stijging van het omzetvolume in recente jaren en de mogelijkheid om berekeningen met NMI 3 uit te voeren. De stof thiamethoxam wordt echter vrijwel uitsluitend in de sierteelt onder glas toegepast; het verbruik in de open teelt bedraagt ongeveer 1 kg.

Daarnaast zijn er elf stoffen gevonden waarvoor de NMI 3 geen vracht uitspoeling berekent omdat de verdeling van het verbruik over gewassen niet bekend is: acetamiprid, ametroctadin, beauveria bassiana (een biologisch middel), emamectin benzoaat, etoxazool, koolzaadolie, pinoxaden, quinmerac, silthiofam, tembotrione en tritosulfuron. Dit zijn allemaal stoffen waarvoor de omzet relatief klein is (< 3000 kg in 2011) en/of de benodigde stofgegevens ontbreken en/of de modellen niet geschikt zijn.

Er is een aantal stoffen die in 2011 een afzetvolume kenden, terwijl dat in voorgaande jaren nog niet zo was ('nieuwe stoffen'). Vooral stoffen die in 2011 in een groot volume op de markt verschenen kunnen mogelijk interessant zijn. Deze stoffen kunnen echter niet in de analyse worden betrokken, omdat hun emissie niet met de NMI 3 kan worden berekend (de verdeling over gewassen is niet bekend; de stof is niet in de stoffendatabase opgenomen). Het gaat om zeven stoffen (2,4-DB, clothianidine, cyflumethofen, laminarine, mepiquat chloride, pyridalyl en spirotetramat) die in 2011 echter allen een volume beneden 5.000 kg kenden (en verreweg de meesten een volume beneden 2.000 kg).

Uitspoelingsfractie

Een andere mogelijk interessante groep van stoffen zijn de stoffen die volgens de NMI 3 een relatief hoge uitspoelingsfractie kennen (de uitspoelingsfractie is gedefinieerd als de ratio van de vracht uitspoeling en het volume verbruik). Hierbij is gekozen voor de stoffen met een uitspoelingsfractie van 0,05 of hoger, waarbij dus gemiddeld 5% of meer van het verbruik uitspoelt naar het grondwater. Het gaat om de stoffen bentazon, clopyralid en fluroxypyr, die in een eerder stadium van de analyse al boven kwamen drijven als stoffen met meer dan 5% bijdrage aan de vracht uitspoeling, en de stoffen fenarimol en isoxaflutool. Fenarimol kent toepassingen in aardbeien die qua gebruikshoeveelheden zijn te verwaarlozen (< 1 kg), terwijl isoxaflutool toepassingen (< 100 kg) kent in maïs en grasland en, qua gebruikshoeveelheden te verwaarlozen, in de bloemisterij.

Daarom lijkt het zinvol om naast de eerder geselecteerde negen stoffen ook de volgende twee stoffen in de analyse mee te nemen:

- oxamyl
- isoxaflutool

Tabel 9

Stof-gewas combinaties met een belangrijke bijdrage aan de vracht die uitspoelt in de richting van één of meer KRW-grondwaterlichamen.

Stof	GeoPEARL gewassen met een bijdrage van tenminste 0,1% aan de vracht uitspoeling in één of meer van de KRW-grondwaterlichamen (sectie 2.2)
bentazon	maïs, aardappelen, peulvruchten, uien, gras, handelsgewassen
fluroxypyr	maïs, granen, gras, graszaad, bollen, bloemisterij
terbutylazin	maïs
2,4-d	fruitteelt, bloemisterij, boomkwekerij, gras, bollen, aardbeien
ethofumesaat	bieten
chloridazon	bieten, bollen, uien
clopyralid	bieten
dicamba	maïs, gras
oxamyl	aardappelen
isoxaflutool	gras, maïs

Tabel 9 geeft een overzicht in welk van de GeoPEARL gewassen de elf verschillende stoffen uitspoelen naar het grondwater, waarvoor geldt dat de vracht uitspoeling van de stof-gewas combinatie in één of meer van de zeven geselecteerde KRW-grondwaterlichamen tenminste 0,1% bijdraagt aan de totale vracht uitspoeling. Voor deze stof-gewas combinaties worden berekeningen met GeoPEARL uitgevoerd om de vrachten te controleren.

3.2 Berekeningen met GeoPEARL

Het model GeoPEARL (versie 3.3, database versie 47.0) is gebruikt om de vracht die uitspoelt naar het grondwater te controleren voor de belangrijkste stof-gewas combinaties (sectie 3.1). Beide modellen bevatten dezelfde ruimtelijke schematisatie van het agrarisch gebied en kunnen rekenen met dezelfde stofgegevens. Er zijn echter ook belangrijke verschillen tussen GeoPEARL en de NMI 3. In GeoPEARL wordt de dynamiek van de water- en stofhuishouding in de bodem gesimuleerd, terwijl de NMI 3 gebruik maakt van een aantal klimaatfactoren in combinatie met lokale bodemeigenschappen. Omdat het op voorhand duidelijk is dat de absolute uitkomsten van beide modellen verschillen, is er voor gekozen de rangorde in de uitkomsten van beide modellen met elkaar te vergelijken.

De volgorde van stoffen volgens NMI 3 wordt gecontroleerd aan de hand van standaard GeoPEARL uitvoer: het ruimtelijk 90-percentiel van het 80-percentiel in de tijd van de uitspoelingsconcentratie op 1 m-mv. Door de volgorde van stoffen op basis van berekende concentraties te vergelijken met de volgorde op basis van berekende uitspoelingsfracties wordt een afwijking geïntroduceerd, aangezien de vracht gelijk is aan het product van de concentratie en de hoeveelheid water die op één m diepte in de bodem uitspoelt (het netto neerslagoverschot). Aangezien de ruimtelijke variatie van het netto-neerslagoverschot in Nederland relatief gering is, nemen we aan dat de uitwerking op de rangnummers van vrachten en de rangnummers van concentraties gering zal zijn.

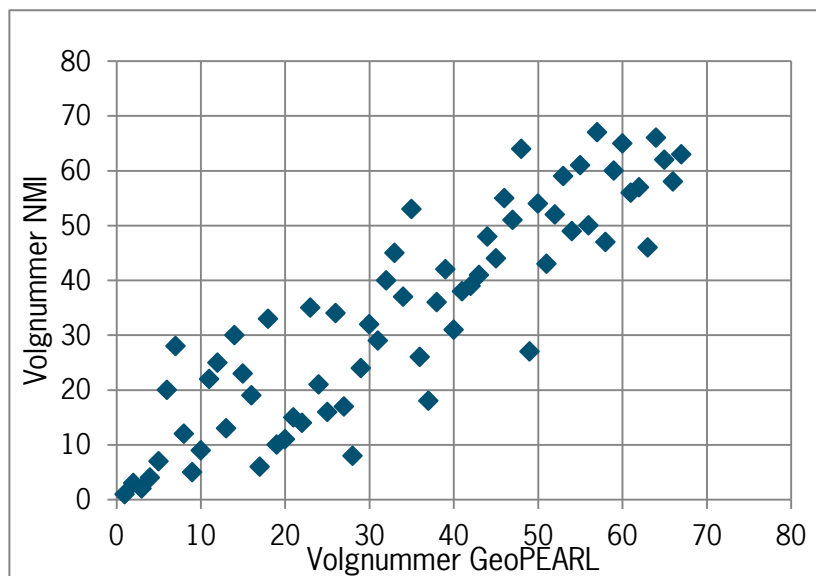
GeoPEARL rekent voor een gebruiksareaal dat bestaat uit het nationaal oppervlak van één of meer gewassen. Het verschil tussen de gewasindeling in de NMI 3 en GeoPEARL is vooral een aantal NMI-gewassen met een relatief klein areaal die als een gewasgroep in GeoPEARL zijn opgenomen. De vertaaltabel voor beide gewasindelingen is opgenomen in bijlage 2. Voor elke stof is het geheel van toepassingen in de NMI 3 binnen een maand vertaald naar één toepassing in GeoPEARL. Vervolgens is de maand met het grootste volume

verbruik gekozen als toepassingstijdstip in GeoPEARL. Op deze manier is het aantal toepassingen per gewas-stofcombinatie beperkt tot één per seizoen; het onderscheid tussen voorjaar (periode maart - augustus) en najaar (periode september - februari) sluit aan bij het metamodel.

Elke toepassing is in GeoPEARL gespecificeerd door een netto bodemdepositie = 1 kg ha^{-1} , een eenmalige toediening op de 15^e van de maand, een frequentie = 1 jaar en toediening aan het maaiveld, zonder bodembewerking. Er zijn berekeningen uitgevoerd voor 67 combinaties van stof en gewas. Voor negen van deze combinaties is gerekend met een voorjaars- én een najaarstoepassing; dit brengt het aantal stof-gewas-seizoen combinaties in GeoPEARL op 76 (bijlage 3). De stofgegevens zijn overgenomen uit de NMI database (bijlage 4).

3.3 Resultaten

In deze sectie zijn de resultaten van de berekeningen met GeoPEARL opgenomen. In figuur 2 zijn de rangnummers van de uitspoelingsfracties berekend met de NMI 3 uitgezet tegen de rangnummers van de concentraties berekend met GeoPEARL versie 3. Omdat de uitspoelingsfracties zijn uitgedrukt op jaarbasis, zijn de GeoPEARL uitkomsten voor stof-gewascombinaties met een voorjaars- én een najaarstoepassing herleid tot een gemiddelde concentratie. Op deze manier blijven er 67 combinaties over en zijn de rangnummers bepaald (tabel 1 in bijlage 5).



Figuur 2

De rangnummers van uitspoelingsfracties berekend met NMI 3 uitgezet tegen de rangnummers van concentraties berekend met GeoPEARL versie 3.

Om te bepalen of er sprake is van een significant verband tussen de rangnummers van de uitspoelingsfracties berekend met NMI 3 en de rangnummers van de concentraties berekend met GeoPEARL is gebruik gemaakt van de Spearman toets voor rangcorrelatie.

De Spearman rangcorrelatie coefficient

$$r_s = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

r_s Spearman rangcorrelatie coëfficiënt
 x rangnummer van de uitspoelingsfractie berekend met GeoPEARL
 y rangnummer van de uitspoelingsconcentratie berekend met de NMI 3

Voor een uitspraak over significantie van de correlatie wordt de t-waarde berekend uit r_s en vergeleken met de kritieke waarde in een t-tabel voor N-2 vrijheidsgraden.

De correlatie tussen de rangnummers gemeten en berekend is significant als geldt:

$$t > t_{P=0.05; \text{eenzijdig}} \quad (n \geq 10) \quad (2)$$

met

$$t = r_s \sqrt{\frac{N-2}{1-r_s^2}} \quad (3)$$

De Spearman coëfficiënt voor rangcorrelatie heeft een waarde van 0.888 en dit resulteert in een t-waarde van 15.59. De kritieke waarde bij een 5% betrouwbaarheidsinterval ($P < 0,05$) en $n = 67$ is gelijk aan 2 (tabel 10). De correlatie is significant.

Tabel 10

Spearman toets op significantie van de correlatie tussen rangnummers van uitspoelings-fracties berekend met NMI 3 en rangnummers van concentraties berekend met GeoPEARL (alle stoffen).

Spearman coëfficiënt r_s	0.888
Aantal getallenparen (n)	67
t-waarde	15.59
Kritieke t-waarde bij $P=0,05$	2.00

De getallenparen zijn verdeeld over twee afzonderlijke groepen die bestaan uit zestien combinaties met stoffen met pH-onafhankelijk sorptiegedrag en 51 combinaties met stoffen met pH-afhankelijk sorptiegedrag. De rangnummers zijn opnieuw bepaald (tabel 2 en 3 in bijlage 5). Ten opzichte van de groep als geheel is voor de stoffen met pH-onafhankelijk sorptiegedrag een wat sterkere correlatie gevonden en voor de stoffen met pH-afhankelijk sorptiegedrag een wat minder sterke correlatie (tabel 11).

Tabel 11

Spearman toets op significantie van de correlatie tussen de rangnummers voor stoffen met twee typen sorptiegedrag.

	pH-onafhankelijk	pH-afhankelijk
Spearman coëfficiënt r_s	0.935	0.823
Aantal getallenparen (n)	16	51
t-waarde	9.889	10.13
Kritieke t-waarde bij $P=0,05$	2.14	2.01

4 Discussie en conclusies

4.1 Discussie

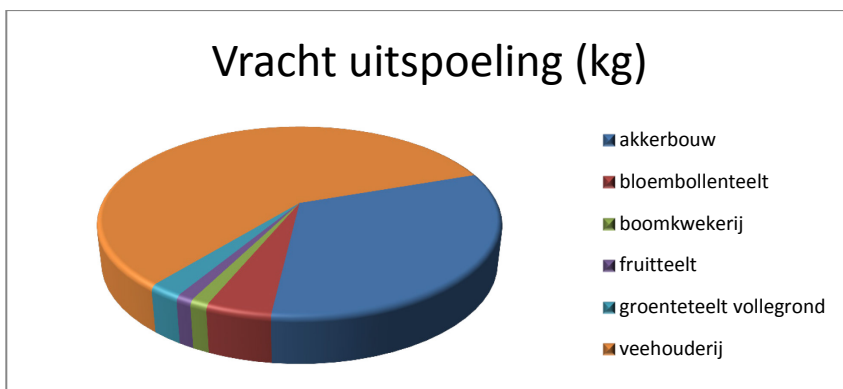
Het verbruik in de NMI 3 is berekend op basis van gegevens over 2008 die afkomstig zijn van de bedrijven die hebben deelgenomen aan de landelijke bestrijdingsmiddelenenquête van het CBS, aangevuld met gegevens van het LEI over het gebruik in grasland. Om een aantal redenen komt in de cijfers van het CBS niet het volledige verbruik in de land- en tuinbouw tot uiting. Over het geheel van alle stoffen omvat een dergelijke beschrijving van het verbruik ongeveer 2/3 deel van de afzet op de Nederlandse markt. De volumes verbruik zijn gecorrigeerd aan de hand van jaargemiddelde afzetcijfers uit de periode 2008-2010. In het model wordt elke toepassing als het ware uitgesmeerd over het nationale areaal van het behandeld gewas. Als gevolg van deze bewerkingen zijn de waarden van het verbruik per hectare in het model over het algemeen lager dan de gebruikelijke dosering in de praktijk.

Over de ondergrens voor toepassing op regionale schaal van landsdekkend gemiddelde verbruiksgegevens in combinatie met de gewaskaarten en de STONE-schematisatie is onvoldoende informatie bekend. Wel is duidelijk dat de onzekerheid door de ruimtelijke verdeling over KRW-grondwaterlichamen het grootst zal zijn ter hoogte van kleine grondwaterlichamen. De ondergrens van 5% die is gehanteerd voor de bijdrage van de belasting van een grondwaterlichaam aan de belasting van het grondwater in Nederland geldt als een pragmatische keuze.

Regionale verschillen in het verbruik komen niet tot uiting in de berekende belasting van grondwaterlichamen; de doorwerking van restricties op het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in waterwingebieden is bijvoorbeeld niet uit deze gegevens af te leiden. Verder geldt dat het verbruik in het model NMI 3 uitsluitend het toegelaten gebruik conform de Goede Landbouw Praktijk/GAP omvat. Voor zover bekend zijn toepassingen die niet voldoen aan de regels van de toelating, vormen van niet-landbouwkundig gebruik en illegaal gebruik niet in deze beschrijving van het verbruik opgenomen.

Dit soort beperkingen die voortvloeien uit de verbruiksgegevens werken door in de uitkomsten van de NMI 3 en moeten vermeld worden bij de rapportage van absolute cijfers voor de vracht uitspoeling per grondwaterlichaam. Het model is ontwikkeld om trends te berekenen en om bijvoorbeeld aan te geven voor welke stoffen, gewassen en bodemeigenschappen de vracht uitspoeling relatief hoog is. Voor de EDG-2010 werd berekend dat de vracht uitspoeling in de periode 1998 - 2010 met 47% is afgenomen. Voor de sector veehouderij werd een reductie van 51% berekend en voor de sector akkerbouw een reductie van 32%.

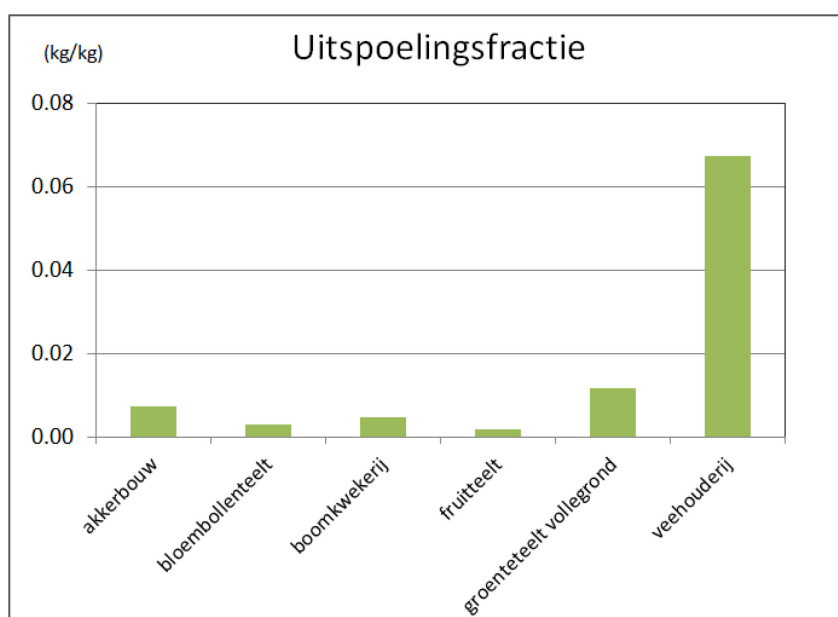
Herbiciden vormen met 97% van de totale belasting van de grondwaterlichamen veruit de belangrijkste stofgroep. De sector veehouderij levert de grootste bijdrage aan de vracht uitspoeling naar het grondwater, gevolgd door de akkerbouw. De bijdrage vanuit de overige sectoren aan de totale vracht uitspoeling is in de orde van enkele procenten (figuur 3). Deze vrachten zijn verdeeld over 21 grondwaterlichamen, 45 gewassen en ongeveer 200 stoffen.



Figuur 3

Weergave van de verdeling van de vracht uitspoeling over de sectoren open teelt en voor het geheel van alle grondwaterlichamen (in kg op jaarbasis, op basis van verbruiksgegevens uit 2008 en gemiddelde omzetcijfers uit de periode 2008-2010).

In figuur 4 is te zien dat de berekende uitspoelingsfractie (het quotiënt van de totale vracht uitspoeling en het totale volume verbruik van alle stoffen toegepast in de sector) in de sector veehouderij het grootst is, gevolgd door de vollegrondsgroenteteelt en de akkerbouw. Dit is het gevolg van het gebruik van de meest uitspoelingsgevoelige herbiciden in de teelt van snijmaïs.



Figuur 4

Weergave van de uitspoelingsfractie berekend als het quotiënt van de totale vracht uitspoeling en het totale volume verbruik van alle stoffen toegepast in de sector (in kg/kg, op basis van verbruiksgegevens uit 2008 en gemiddelde omzetcijfers uit de periode 2008-2010).

De stoffen die in één of meer van de geselecteerde grondwaterlichamen de grootste bijdrage leveren aan de vracht uitspoeling zijn bentazon, fluroxypyr, terbutylazin en clopyralid. Drie van deze vier stoffen worden

toegepast in meerdere sectoren; de stof terbutylazin wordt uitsluitend toegepast in snijmaïs. Afhankelijk van het grondgebruik ter hoogte van het grondwaterlichaam komen ook andere stoffen in beeld, met toepassingen binnen de sectoren bloembollen, boomkwekerij, fruitteelt en/of de vollegrondsgroenteteelt. Snijmaïs en consumptie-aardappelen zijn gewassen waarvoor relatief hoge uitspoelingsfracties zijn berekend. Dit geldt zowel voor stoffen met pH-onafhankelijk sorptiegedrag als voor stoffen met pH-afhankelijk sorptiegedrag.

Het uitspoelingsmodel GeoPEARL is gebruikt om de berekende vrachten te controleren voor de belangrijkste combinaties van stof, gewas en toepassingsseizoen. De selectie omvat elf stoffen, 7% van het verbruik, en 96% van de vracht uitspoeling van alle stoffen ter hoogte van alle grondwaterlichamen en wordt op basis van deze bijdragen gezien als representatief voor de huidige belasting van het grondwater in Nederland.

Uit de berekeningen met GeoPEARL blijkt dat de variatie van de uitspoelingsconcentratie tussen gewassen over het algemeen minder dan een orde van grootte bedraagt. De variatie tussen stoffen kan echter vele orden van grootte bedragen. Dit beeld komt overeen met berekeningen die eerder zijn gedaan voor alle GeoPEARL gewassen en een aantal stoffen met pH-onafhankelijk sorptiegedrag (Kruijne et al., 2004).

De hier met GeoPEARL berekende uitspoelingsconcentraties (niet gegeven) zijn soms beduidend hoger dan de in de toelating gehanteerde norm (0,1 µg/L). In de beslisboom voor de beoordeling van het uitspoelingsrisico naar het grondwater in Nederland is niet alleen ruimte voor de resultaten van modelberekeningen, maar ook voor experimentele gegevens en monitoringsresultaten. De uitspoelingsconcentraties die met GeoPEARL zijn berekend geven geen inzicht in de manier waarop het toelatingsbesluit tot stand is gekomen.

Door de eigen benadering van het metamodel in de NMI 3 en het uitspoelingsmodel GeoPEARL is op voorhand duidelijk dat de absolute uitkomsten van de NMI 3 en GeoPEARL verschillend zullen zijn. Om deze reden zijn rangnummers aan de resultaten toegekend om het verband tussen de uitkomsten van beide modellen te bepalen. De overeenkomst tussen de rangnummers van de uitspoelingsfracties berekend met NMI 3 en de rangnummers van de concentraties berekend met GeoPEARL is significant. Dit bevestigt dat met NMI 3 berekende relatieve uitspoelingsfracties voor gewas-stofcombinaties in grote lijnen overeenkomen met de uitkomsten die worden verkregen met het meer gedetailleerde uitspoelingsmodel GeoPEARL.

Ten opzichte van de groep als geheel is voor de groep stoffen met pH-onafhankelijk sorptiegedrag een iets sterkere correlatie gevonden en voor de stoffen met pH-afhankelijk sorptiegedrag een iets minder sterke correlatie. Dit wordt verklaard doordat bij de tweede groep stoffen de bodem pH een extra variabele vormt die de grootte van de uitspoeling mede bepaalt en waarvan de invloed beter tot zijn recht komt met in de tijd meer gedetailleerde berekeningen in GeoPEARL.

4.2 Conclusies

De stoffen die de grootste bijdrage leveren aan de vracht uitspoeling zijn bentazon, fluroxypyr, terbutylazin en clopyralid. De stoffen bentazon, fluroxypyr en clopyralid worden toegepast in meerdere sectoren; de stof terbutylazin wordt uitsluitend toegepast in snijmaïs.

De sector veehouderij levert de grootste bijdrage aan de vracht uitspoeling naar het grondwater, gevolgd door de sector akkerbouw. Snijmaïs en consumptie-aardappelen zijn gewassen waarvoor relatief hoge uitspoelingsfracties zijn berekend. Dit wordt verklaard door het aandeel van bodems met de laagste gehalten organische stof in het gewasareaal. Voor deze bodems wordt de meeste uitspoeling berekend.

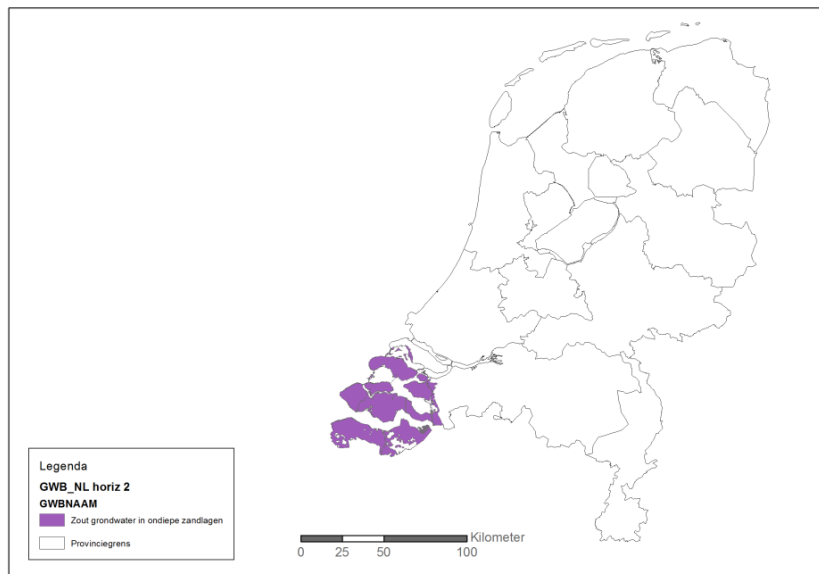
De meest uitspoelingsgevoelige stoffen worden momenteel toegepast als herbicide in de teelt van snijmaïs.

Controle van de rangnummers van de uitspoelingsfracties (de vracht per eenheid verbruik) heeft geleid tot een bevestiging dat de combinaties van gewas, stof en toepassing op de juiste manier zijn gerangschikt, en dat de stoffen en gewassen zijn geïdentificeerd die de grootste bijdrage leveren aan de belasting van de KRW-grondwaterlichamen.

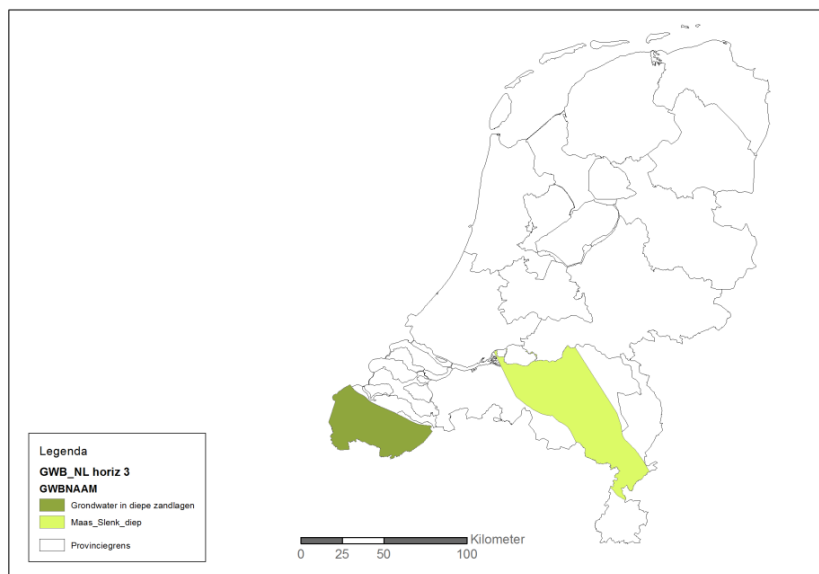
Referenties

- Kroes, J.G., P.J.T. van Bakel, J. Huygen, T. Kroon, H.Th.L. Massop en R. Pastoors, 2002. Nationwide application of a comprehensive 1D-hydrological model. In: G.J. Hunter and K. Lowell (Eds.). Proceedings of the 5th international symposium on spatial accuracy assessment in natural resources and environmental sciences (Accuracy 2002), Melbourne, 10-12 July 2002, pp. 88-93.
- Kroon, T., P. Finke, I. Peereboom en A. Beusen, 2003. Redesign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE: de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters. RIZA-Rapport 2001.017.
- Kruijne, R., A. Tiktak, D. van Kraalingen, J.J.T.I. Boesten en A.M.A. van der Linden, 2004. Pesticide leaching to the groundwater in drinking water abstraction areas – Analysis with the GeoPEARL model. Wageningen, Alterra, Report 1041, 42 p.
- Kruijne, R., A.M.A. van der Linden, J.W. Deneer, J.G. Groenwold en E.L. Wipfler, 2011a. Dutch Environmental Risk Indicator for Plant Protection Products. Alterra, Wageningen UR, Report 2250.1, 80 p.
- Kruijne, R., A.M.A. van der Linden, J.W. Deneer, J.G. Groenwold en E.L. Wipfler, 2011b. Dutch Environmental Risk Indicator for Plant Protection Products - Appendices. Alterra, Wageningen UR, Report 2250.2, 98 p.
- Meinardi, C.R. en R. van den Berg (red.), 2008. Basisdocument karakterisering grondwaterkwaliteit voor de Kaderrichtlijn Water. Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven, Nederland. 89 p.
- Tiktak, A., A.M.A. van der Linden en J.J.T.I. Boesten, 2003. The GeoPEARL model. Model description, applications and manual RIVM Report 716601007/2003, RIVM, Bilthoven, 79 pp.
- Tiktak, A., J.J.T.I. Boesten, A.M.A. van der Linden en M. Vanclooste, 2006. Mapping the Vulnerability of European Groundwater to the Leaching of Pesticides with a process-based Metamodel of EuroPEARL. J. Environm. Qual. 35:1213-1226.
- Van der Linden, A.M.A., R. Kruijne, A. Tiktak en M.G. Vijver, 2012. Evaluatie Nota duurzame gewasbescherming 2010, Milieu. RIVM Rapport 60705900, 87 p.
- Van Eerdt, M., J. van Dam, A. Tiktak, M. Vonk, R. Wortelboer en H. van Zeijts, 2012. Evaluatie van de nota Duurzame gewasbescherming. PBL, Bilthoven, Publicatienr. 500158001, 120 p.

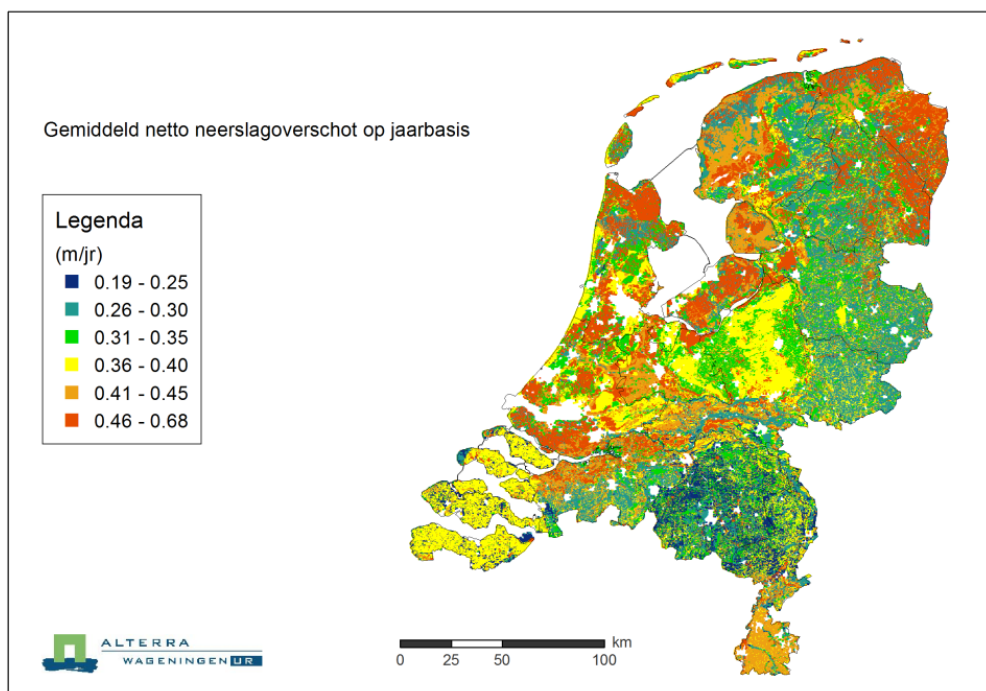
Bijlage 1 Kaarten



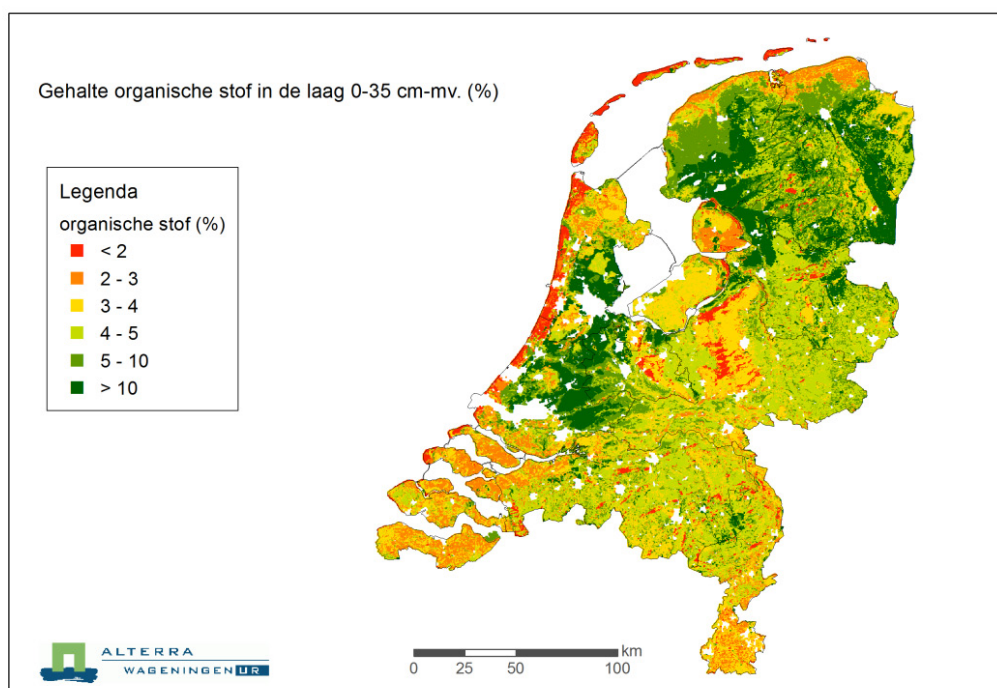
Grondwaterlichaam in de 3^e horizont (bron: www.krwportaal.nl).



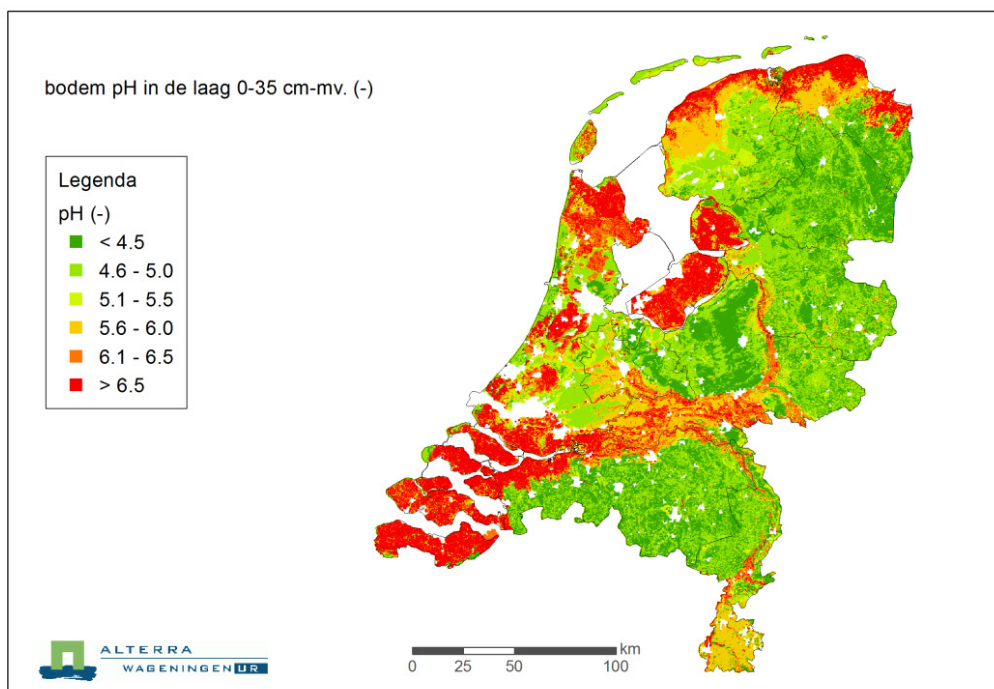
Grondwaterlichamen in de 2^e horizont (bron: www.krwportaal.nl).



Langjarig gemiddeld netto neerslagoverschot volgens STONE



Organische stofkaart in de NMI 3 (STONE).



pH-kaart in de NMI 3 (pH-KCl; STONE).

Bijlage 2 Gewassen in NMI 3 en GeoPEARL

Vertaaltabel van gewassen in de NMI 3 (open teelt) naar gewassen in GeoPEARL.

Sector naam	GeoPEARL naam		NMI naam
Akkerbouw	aardappelen	potatoes	AARDAPP_CONS
			AARDAPP_FABR
			AARDAPP_POOT
	bieten	sugar beets	SUIKERBIETEN
	bladgroenten	leaf vegetables	CICHOREI
	granen	cereals	WINTERTARWE
			ZOMERGERST
			ZOMERTARWE
	graszaad	grass-seed	GRASZAAD
	handelsgewassen	plants for commercial purposes	VLAS
	overige akkerbouw	remaining agricultural crops	KOOLZAAD
peulvruchten	legumes	BRUINE_BONEN	
		ERWTEN_GROEN	
		POOT_PLANTUIEN	
uien	onions	ZAAIUIEN	
Bloembollenteelt	bol	flower bulbs	GLADIOLEN
			HYACINTEN
			IRISSEN
			LELIES
			NARCISSEN
			TULPEN
Boomkwekerij	bloemisterij	floriculture	BLOEMKWEKERIJ
			ROZENSTRUIKEN
			VASTE_PLANTEN
	boomkwekerij	tree nurseries	BOS_HAAGPLANTSN
			LAAN_PARKBOMEN
			SIERCONIFEREN
Fruitteelt	fruitteelt	fruitculture	VRUCHTBOMEN
			APPELEN
Groenteteelt vollegrond	aardbeien	strawberries	PEREN
	asperges	asparagus	AARDBEIEN
	groentegewassen	vegetables	ASPERGES
			SCHORSENEREN
			WAS_BOSPEEN
			WINTERPEEN
	koolsoorten	cabbage	WITLOFWORTEL
			BLOEMKOOL
			BROCCOLI
			SLUITKOOL
	peulvruchten	legumes	SPRUITKOOL
STAMBONEN			
prei	leek	PREI	
Veehouderij	gras	grass	GRASLAND
	maïs	maize	SNIJMAÏS

Bijlage 3 Overzicht berekeningen GeoPEARL

Overzicht van de maanden met het hoogste verbruik van de geselecteerde combinaties van stoffen en gewassen, en waarvoor met GeoPEARL de uitspoelingsconcentratie is berekend. Er wordt onderscheid gemaakt tussen voorjaar (maart t/m augustus) en najaar (september t/m februari).

Stof	GeoPEARL gewas		
		Maand in voorjaar	Maand in najaar
2,4-D	Floriculture	Mei	Sep
	Flower bulbs	Aug	-
	Fruit culture	Jun	-
	Grass	Mei ^a	Sep ^a
	Strawberries	-	Sep
	Tree nurseries	Mei	-
Bentazon	Floriculture	Jun	-
	Flower bulbs	Mei	-
	Grass	Mei ^a	Sep ^a
	Legumes	Mei	-
	Maize	Mei	-
	Onions	Mei	-
	Plants, commercial	Mei	-
	Potatoes	Mei	-
	Tree nurseries	Jun	-
Chloridazon	Floriculture	-	Sep
	Flower bulbs	Mrt	Feb
	Onions	Mei	-
	Sugar beets	Mei	-
Clopyralid	Cabbage	Mei	-
	Floriculture	Apr	Okt
	Flower bulbs	Aug	Sep
	Grass	Apr	-
	Sugar beets	Mei	-
Dicamba	Floriculture	Jun	-
	Fruit culture	Jun	-
	Grass	Mei ^a	Sep ^a
	Maize	Jun	-
	Tree nurseries	Aug	-
Ethofumesaat	Floriculture	Mei	-
	Flower bulbs	Mei	-
	Grass	Mei ^b	-
	Grass seed	-	Sep
	Legumes	Mei	-
	Maize	Jun	-
	Strawberries	Jul	-
	Sugar beets	Mei	-

Fluroxypyr	Cereals	Mei	-
	Floriculture	Jul	-
	Flower bulbs	Aug	-
	Grass	Mei ^b	-
	Grass seed	Apr	-
	Maize	Mei	-
	Onions	Jun	-
	Potatoes	Apr	-
	Tree nurseries	Jun	-
Isoxaflutol	Floriculture	Apr	-
	Grass	Apr	-
	Maize	Mei	-
MCPA	Asparagus	Jun	-
	Cabbage	Mei	-
	Cereals	Jun	-
	Floriculture	Jul	Okt
	Flower bulbs	Aug	-
	Fruit culture	Jun	-
	Grass	Mei ^a	Sep ^a
	Grass seed	Mei	-
	Maize	Jun	-
	Plants, commercial	Mei	-
	Potatoes	Mei	-
	Strawberries	-	Sep
	Tree nurseries	Mei	-
Oxamyl	Floriculture	Apr	-
	Flower bulbs	Apr	-
	Potatoes	Apr	-
Terbutylazin	Grass	Apr	-
	Maize	Mei	-

^a Verbruik is bij benadering gelijkelijk verdeeld over april/mei/juni/juli/september

^b Verbruik is bij benadering gelijkelijk verdeeld over april/mei/juni/juli

Bijlage 4 Stofgegevens

Eigenschappen van 11 moederstoffen en 5 metabolieten (Invoer GeoPEARL conform stoffendatabase NMI 3)

ID	naam moederstof	Casnr	Stofgroep		verzadigde dampdruk	molmassa	oplosbaar- heid in water	DegT50 bodem	pH afh. sorptie	Kom	Kom, base	Kom, zuur	pKa
					(Pa)	(g mol ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(d)		(L kg ⁻¹)	(L kg ⁻¹)	(L kg ⁻¹)	(-)
181	2,4-D	94-75-7	H		9.88	221	7.4E+08	16.0	J	-	3	350	2.7
534	BENTAZON	25057-89-0	H		170	240	818407	36.7	J	-	0	176	3.2
341	CHLORIDAZON	1698-60-8	H		0.00001	222	340	41.3	J	-	38	197	3.3
57	CLOPYRALID	1702-17-6	H		778	192	143000	53.1	J	-	0.25	7.50	2.3
560	DICAMBA	1918-00-9	H		2340	221	5398	15.1	J	-	0	17	1.9
482	ETHOFUMESAAT	26225-79-6	H		338	286	40.9	60.7	N	77	-	-	-
299	FLUROXYPYR	69377-81-7	H		0.0041	255	565128	111	J	-	40	68	2.94
705	ISOXAFLUTOOL	141112-29-0	H		1.0	359	6.50	1.57	N	72.3	-	-	-
185	MCPA	94-76-6	H		120	201	462380	21.7	J	-	14.5	91.1	3.73
558	OXAMYL	23135-22-0	I/A		26.1	219	0.148	11.8	N	11.7	-	-	-
216	TERBUTYLAZIN	5915-41-3	H		46.8	230	7.47	105	N	130	-	-	-
ID	naam metaboliet	naam moederstof	vormings- fractie	orde in het omzettings- schema	verzadigde dampdruk (1)	molmassa	oplosbaar- heid in water (2)	DegT50 bodem	pH afh. sorptie	Kom (3)	Kom, base	Kom, zuur	pKa
					(Pa)	(g mol ⁻¹)	(mg L ⁻¹)	(d)		(L kg ⁻¹)	(L kg ⁻¹)	(L kg ⁻¹)	(-)
56	3,6-dichlorosalicylic acid	DICAMBA	0.59	primair	N.B.	207	N.B.	25	N	194	-	-	-
37	2-methanesulfonyl-4-trifluoromethylbenzoic acid	ISOXAFLUTOOL	0.95	secundair	N.B.	359	N.B.	416	N	17.8	-	-	-
27	2-cyano-3-cyclopropyl-1-(2-methyl-sulfonyl-4-trifluoromethylphenyl)propan-1,3-dione	ISOXAFLUTOOL	0.95	primair	N.B.	359	N.B.	35	N	50.8	-	-	-
145	desethyl-terbutylazine	TERBUTYLAZIN	0.25	primair	N.B.	202	N.B.	60	N	N.B.	-	-	-
182	hydroxy-terbutylazine	TERBUTYLAZIN	0.22	primair	N.B.	212	212	271	N	107	-	-	-
Toelichting													
N.B. niet beschikbaar													
- niet van toepassing													
1	Ontbrekende waarden voor de dampdruk zijn vervangen door de waarde 2.7E-5 Pa.												
2	Ontbrekende waarden voor de oplosbaarheid in water zijn vervangen door d												
3	Ontbrekende waarde voor de sorptiecoëfficiënt is vervangen door de waarde 238.9 L/kg.												

Bijlage 5 Rangnummers NMI 3 en GeoPEARL

Tabel 5.1

Overzicht van de rangorde van met GeoPEARL berekende 90-percentiel uitspoelingsconcentraties en met NMI 3 berekende uitspoelings-fracties voor alle geselecteerde combinaties van stoffen en gewassen.

Stof	GeoPEARL gewas	Rangorde uitspoelingsberekening ^a	
		GeoPEARL	NMI
2,4-D	Floriculture	31	29
	Flower bulbs	23	35
	Fruit culture	43	41
	Grass	35	53
	Strawberries	29	24
	Tree nurseries	51	43
Bentazon	Floriculture	19	10
	Flower bulbs	27	17
	Grass	7	28
	Legumes	25	16
	Maize	28	8
	Onions	24	21
	Plants, commercial	26	34
	Potatoes	22	14
	Tree nurseries	21	15
Chloridazon	Floriculture	34	37
	Flower bulbs	41	38
	Onions	49	27
	Sugar beets	45	44
Clopyralid	Cabbage	10	9
	Floriculture	5	7
	Flower bulbs	4	4
	Grass	17	6
	Sugar beets	9	5
Dicamba	Floriculture	40	31
	Fruit culture	42	39
	Grass	18	33
	Maize	37	18
	Tree nurseries	15	23
Ethofumesaat	Floriculture	52	52
	Flower bulbs	44	49
	Grass	64	66
	Grass seed	47	51
	Legumes	59	60
	Maize	62	57
	Strawberries	46	55

	Sugar beets	56	50
Fluroxypyr	Cereals	14	30
	Floriculture	8	12
	Flower bulbs	6	20
	Grass	30	32
	Grass seed	11	22
	Maize	20	11
	Onions	12	25
	Potatoes	16	19
	Tree nurseries	13	13
Isoxaflutol	Floriculture	2	3
	Grass	3	2
	Maize	1	1
MCPA	Asparagus	58	47
	Cabbage	54	49
	Cereals	48	64
	Floriculture	33	45
	Flower bulbs	32	40
	Fruit culture	50	54
	Grass	60	65
	Grass seed	53	59
	Maize	61	56
	Plants, commercial	57	67
	Potatoes	55	61
	Strawberries	39	42
	Tree nurseries	63	46
Oxamyl	Floriculture	66	58
	Flower bulbs	65	62
	Potatoes	67	63
Terbutylazin	Grass	38	36
	Maize	36	26

^a De rangorde is gebaseerd op de 90-percentiel uitspoelingsconcentratie (GeoPEARL) dan wel op de uitspoelingsfractie (NMI). De stof/gewascombinatie met de hoogste uitspoelingsconcentratie/fractie heeft rangnummer 1.

Tabel 5.2

Overzicht van de rangorde van met GeoPEARL berekende 90-percentiel uitspoelingsconcentraties en met NMI 3 berekende uitspoelings-fracties voor de geselecteerde combinaties van stoffen met pH-onafhankelijke sorptie en gewassen.

Stof	GeoPEARL gewas	Rangorde uitspoelingsberekening ^a	
		GeoPEARL	NMI
Ethofumesaat	Floriculture	9	9
	Flower bulbs	6	6
	Grass	13	16
	Grass seed	8	8
	Legumes	11	13
	Maize	12	11
	Strawberries	7	10
	Sugar beets	10	7
Isoxaflutool	Floriculture	2	3
	Grass	3	2
	Maize	1	1
Oxamyl	Floriculture	15	12
	Flower bulbs	14	14
	Potatoes	16	15
Terbutylazin	Grass	5	5
	Maize	4	4

^a De rangorde is gebaseerd op de 90-percentiel uitspoelingsconcentratie (GeoPEARL) dan wel op de uitspoelingsfractie (NMI). De stof/gewascombinatie met de hoogste uitspoelingsconcentratie/fractie heeft rangnummer 1.

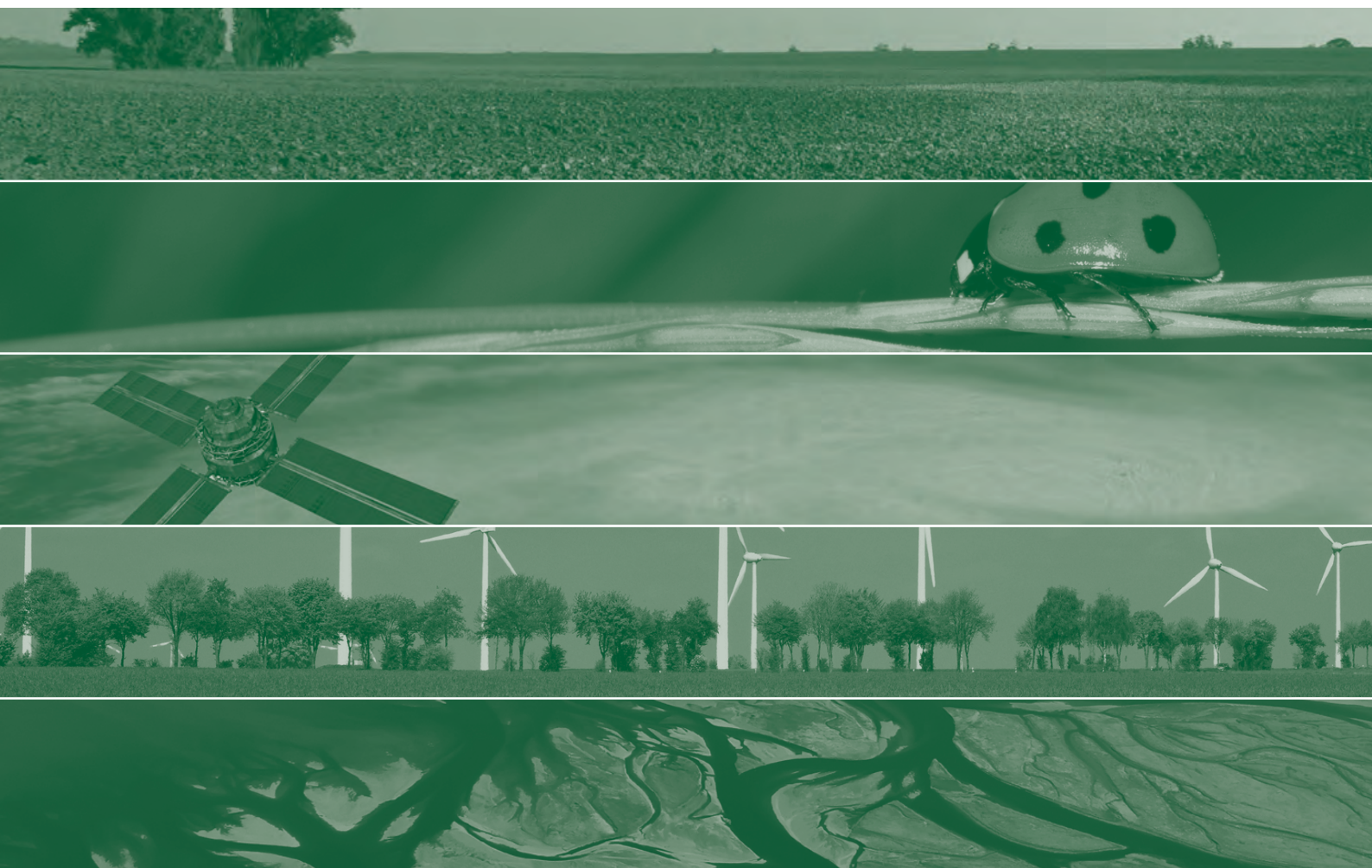
Tabel 5.3

Overzicht van de rangorde van met GeoPEARL berekende 90-percentiel uitspoelingsconcentraties en met NMI 3 berekende uitspoelings-fracties voor alle geselecteerde combinaties van stoffen met pH-afhankelijke sorptie en gewassen.

Stof	GeoPEARL gewas	Rangorde uitspoelingsberekening ^a	
		GeoPEARL	NMI
2,4-D	Floriculture	28	25
	Flower bulbs	20	31
	Fruit culture	38	36
	Grass	32	44
	Strawberries	26	21
	Tree nurseries	43	38
Bentazon	Floriculture	16	7
	Flower bulbs	24	14
	Grass	4	24
	Legumes	22	13
	Maize	25	5
	Onions	21	18
	Plants, commercial	23	30
	Potatoes	19	11
	Tree nurseries	18	12
Chloridazon	Floriculture	31	32
	Flower bulbs	36	33
	Onions	41	23
	Sugar beets	39	39
Clopyralid	Cabbage	7	6
	Floriculture	2	4
	Flower bulbs	1	1
	Grass	14	3
	Sugar beets	6	2
Dicamba	Floriculture	35	27
	Fruit culture	37	34
	Grass	15	29
	Maize	33	15
	Tree nurseries	12	20
Fluroxypyr	Cereals	11	26
	Floriculture	5	9
	Flower bulbs	3	17
	Grass	27	28
	Grass seed	8	19
	Maize	17	8
	Onions	9	22
	Potatoes	13	16
	Tree nurseries	10	10
MCPA	Asparagus	48	42
	Cabbage	45	43

	Cereals	40	49
	Floriculture	30	40
	Flower bulbs	29	35
	Fruit culture	42	45
	Grass	49	50
	Grass seed	44	47
	Maize	50	46
	Plants, commercial	47	51
	Potatoes	46	48
	Strawberries	34	37
	Tree nurseries	51	41

^a De rangorde is gebaseerd op de 90-percentiel uitspoelingsconcentratie (GeoPEARL) dan wel op de uitspoelingsfractie (NMI). De stof/gewascombinatie met de hoogste uitspoelingsconcentratie/fractie heeft rangnummer 1.



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.wageningenUR.nl/alterra