ALTERRA
WAGENINGEN UR



Actualisatie Landelijke EmissieRegistratie 2011

Uit- en afspoeling nutriënten en zware metalen uit het landelijk gebied

Alterra-rapport 2329
ISSN 1566-7197

L.V. Renaud, L.T.C. Bonten en F.J.E. van der Bolt

Actualisatie Landelijke EmissieRegistratie 2011

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van de EmissieRegistratie 2011
Projectcode [5238825-01]

Actualisatie Landelijke EmissieRegistratie 2011

Uit- en afspoeling nutriënten en zware metalen uit het landelijk gebied

Leo Renaud, Luc Bonten en Frank van der Bolt

Alterra-rapport 2329

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2012

Referaat

Renaud, L.V., L.T.C. Bonten en F.J.E. van der Bolt, 2012. *Actualisatie Landelijke EmissieRegistratie 2012; Uit- en afspoeling nutriënten en zware metalen uit het landelijk gebied*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2329. 50 blz.; 10 fig.; 17 tab.; 20 ref.

In het kader van de nationale en internationale verplichting om de emissies en belasting van oppervlaktewater te rapporteren is de uit- en afspoeling van nutriënten en zware metalen uit het landelijk gebied berekend. Met het landelijke emissiemodel STONE en STONE-ZM zijn de emissies naar het oppervlaktewater doorgerekend. Voor de consistentie is hetzelfde model gebruikt dat ook gebruikt is voor de Evaluatie Meststoffenwet 2012. Voor het bepalen van een gemiddelde verwachting van de uit- en afspoeling is een nieuwe methode toegepast om de grote effecten van de dynamiek in het weer te filteren.

Trefwoorden: EmissieRegistratie, uit- en afspoeling, belasting oppervlaktewater, zware metalen, nutriënten, stikstof, fosfor, water, waterkwaliteit, landbouw, STONE, klimaatreeks, emissies

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (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.

© 2012 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 2329
Wageningen, juni 2012

Inhoud

Samenvatting 7

1 Inleiding 9
1.1 Achtergrond 9
1.2 Probleemstelling 9
1.3 Doelstelling 9
1.4 Projectresultaat 9
1.5 Werkwijze 10

2 Model en uitgangspunten 11
2.1 Uitspoelingsmodel STONE 11
2.2 Bemesting en depositie 13
2.3 Neerslagoverschot 15
2.4 Oppervlaktewaterafvoer 16
2.5 Toepassingsdomein van de resultaten 17

3 Emissies voor gemeten weer 19
3.1 Emissies nutriënten 19
3.1.1 Veranderingen ten opzichte van de ER2010. 19
3.1.2 Landelijke uit- en afspoeling nutriënten 21
3.2 Emissies zware metalen 22
3.2.1 Veranderingen ten opzichte van de ER2010 22
3.2.2 Concentraties zware metalen in het grondwater 22
3.2.3 Landelijke uitspoeling van zware metalen 24

4 Weereffect gecorrigeerde emissies 25
4.1 Wijzigingen ten opzichte van ER2010 25
4.2 Weereffecten gecorrigeerde landelijke uitspoeling nutriënten 28
4.3 Weereffecten gecorrigeerde landelijke uitspoeling zware metalen 30

Literatuur 33

Bijlage A Overzicht van de rekensessie voor de EmissieRegistratie 2011 35

Bijlage B Uit- en afspoeling van N en P (Mkg) per landgebruiksvorm 37

Bijlage C Disclaimer voor gebruik van resultaten in regionale studies 39

Bijlage D Inhoud van de CD met resultaten van Stone2.4 voor ER2011 41

Bijlage E Vergelijking met vorige versie van de EmissieRegistratie per landgebruiksvorm 43

Bijlage F Zware metaalconcentraties in grondwater 47

Samenvatting

In de EmissieRegistratie worden voor enkele jaren, ijkjaren genoemd, de emissies naar bodem, water en lucht van circa 350 beleidsrelevante stoffen en stofgroepen vastgesteld. Om te kunnen voldoen aan nationale en internationale rapportages over emissies en belasting van oppervlaktewater is het gewenst om de inhoud van de Landelijke EmissieRegistratie jaarlijks aan te vullen en eventueel te verbeteren. Eén van deze bronnen is de uit- en afspoeling van nutriënten en zware metalen naar het oppervlaktewater uit het landelijk gebied. De uit- en afspoeling van nutriënten wordt berekend met het nationale modelinstrumentarium STONE (Wolf et al., 2003). De uit- en afspoeling van zware metalen wordt met het model STONE-ZM versie 2012 berekend dat gebruik maakt van de schematisering en gegevens (hydrologie, bodemschematisering en mestgegevens) van STONE. Voor deze studie zijn de berekeningen tot en met 2010 uitgevoerd met STONE 2.4, dat ook gebruikt is voor de EMW2012.

Voor de ijkjaren van de EmissieRegistratie zijn de emissies op twee manieren gekwantificeerd:
– De gerealiseerde emissies zijn berekend met de gemeten weergegevens van het jaar waarin de emissie heeft plaatsgevonden. Deze emissies verschillen van jaar tot jaar door veranderingen in de mestgiften en toedieningsvoorschriften en door de invloeden van het weer.
– De gemiddelde verwachting van de emissie is voor een klimaatreeks berekend via een eenvoudige vorm van Monte Carlo simulaties. De op deze manier berekende emissies voor de ijkjaren verschillen voornamelijk door veranderingen in de mestgiften en toedieningsvoorschriften omdat het effect van het weer nagenoeg is uitgeschakeld.

De berekende emissies zijn samengevat in tabel 1 en 2.

Tabel 1

Uit- en afspoeling voor de ijkjaren in kton/jaar, berekend met gemeten weergegevens.

	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
N-afspoeling	1.962	0.307	0.556	0.279	0.392	0.640	0.488	0.227	0.438	0.564
N-uitspoeling	64.610	58.810	86.536	91.366	49.620	46.443	86.672	56.772	36.674	55.669
P-afspoeling	0.274	0.023	0.036	0.021	0.045	0.038	0.044	0.023	0.039	0.057
P-uitspoeling	4.462	3.562	4.526	5.447	3.624	3.476	5.481	4.371	3.025	4.099

Tabel 2

Gemiddelde verwachting van de uit- en afspoeling voor de ijkjaren in kton/jaar, berekend met de klimaatreeks (1971-2000).

	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
N-afspoeling	1.751	1.296	1.131	0.884	0.742	0.717	0.655	0.639	0.617	0.620
N-uitspoeling	71.125	75.136	77.902	72.642	57.944	57.128	56.990	55.887	53.396	49.923
P-afspoeling	0.258	0.203	0.106	0.105	0.079	0.083	0.061	0.055	0.032	0.032
P-uitspoeling	4.320	4.314	4.183	4.112	4.046	4.011	3.986	3.969	3.957	3.936

De uit- en afspoeling van zowel stikstof als fosfor variëren als gevolg van verschillen in het weer van jaar tot jaar (tabel 1). De met de klimaatreeks berekende verwachte uitspoeling van stikstof neemt tot 1995 toe en neemt daarna af en de afspoeling neemt vanaf 1985 continue af met uitzondering van 2010 (tabel 2). Voor fosfor zien we voor de op deze manier berekende uit- en afspoeling vanaf 1985 een vrijwel continue daling.

Inleiding

1.1 Achtergrond

In de EmissieRegistratie (www.emissieregistratie.nl) worden de emissies naar bodem, water en lucht van circa 350 beleidsrelevante stoffen en stofgroepen vastgesteld voor specifieke ijkjaren. Om te kunnen voldoen aan nationale en internationale rapportages over emissies en belasting van oppervlaktewater worden de emissiecijfers regelmatig aangevuld en verbeterd. Eén van deze bronnen is de uit- en afspoeling van nutriënten en zware metalen uit landbouwgrond naar het oppervlaktewater. Deze bron is niet rechtsreeks te meten en moet daarom met modellen worden geschat.

1.2 Probleemstelling

De actuele emissiecijfers voor de uit- en afspoeling van de nutriënten stikstof en fosfor en de zware metalen cadmium, koper, nikkel, lood en zink zijn nog niet berekend voor de jaren 2009 en 2010.

1.3 Doelstelling

De doelen voor de EmissieRegistratie 2011 zijn:
- Berekenen van de emissiecijfers van de uit- en afspoeling van nutriënten en zware metalen voor de jaren 2009 en 2010.
- Doorvoeren van verbeteringen in de rekenmethode zoals in de beantwoording van de aanvullende vragen voor de EmissieRegistratie 2009 is gerapporteerd (Renaud et al., 2010).
- Actualiseren van de berekende uit- en afspoeling van de jaren tot en met 2008 met de voor de Evaluatie Mestwetgeving 2012 verbeterde berekeningen.

1.4 Projectresultaat

De volgende resultaten zijn geleverd aan de EmissieRegistratie:
- De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor voor de jaren 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 en 2010. De som van uit- en afspoeling van cadmium, koper, nikkel, lood en zink voor de jaren 1990, 1995, 2000, 2005, 2008, 2009 en 2010 (dus niet 1985, 2006 en 2007). Aanvullend zijn ook de voor weereffecten gecorrigeerde emissies van stikstof, fosfor en zware metalen gegeven (zie hoofdstuk 3). De emissies van nutriënten en zware metalen door uit- en afspoeling worden berekend op landelijke en regionale schaal. De emissies op nationaal niveau zijn onderverdeeld in emissies vanuit landbouwgrond en vanuit natuur(grond). Voor nutriënten worden de emissies uit landbouwgrond verder onderverdeeld in grasland, maïsland en akkerbouw.
  De regionalisatie gebeurt voor afwateringseenheden zoals eerder gedefinieerd voor de EmissieRegistratie (Peereboom, 2005).
- Een ER-factsheet waarin de modelberekeningen worden beschreven.
- Het voorliggende rapport met aandacht voor de verklaring van de verschillen met de berekeningen uit 2010 en beschrijving van de doorgevoerde verbeteringen in de berekeningsmethode.

1.5 Werkwijze

Voor de ijkjaren van de EmissieRegistratie zijn de emissies op twee manieren gekwantificeerd:

- De gerealiseerde emissies zijn berekend met de gemeten weergegevens van het jaar waarin de emissie heeft plaatsgevonden. Deze emissies verschillen van jaar tot jaar door veranderingen in de mestgiften en toedieningsvoorschriften en door de invloeden van het weer.
- De gemiddelde verwachting van de emissie is voor een klimaatreeks berekend via een eenvoudige vorm van Monte Carlo simulaties. De op deze manier berekende emissies voor de ijkjaren verschillen voornamelijk door veranderingen in de mestgiften en toedieningsvoorschriften omdat het effect van het weer nagenoeg is uitgeschakeld.

De uit- en afspoeling van nutriënten wordt berekend met het nationale modelinstrumentarium STONE (Wolf et al., 2003). De uit- en afspoeling van zware metalen wordt met het model STONE-ZM versie 2012 berekend. Dit model gebruikt de schematisering en gegevens (hydrologie, bodemschematisering en mestgegevens) van STONE. Voor de Evaluatie Mestwetgeving 2012 is STONE aangepast. De emissies naar het oppervlaktewater voor de EmissieRegistratie 2011 zijn met de nieuwe versie STONE 2.4 berekend.

2 Model en uitgangspunten

2.1 Uitspoelingsmodel STONE

STONE is ontwikkeld om op nationale schaal effecten van mestbeleid (rekenvarianten van dierlijke mest- en kunstmestgiften) zichtbaar te maken voor verschillende combinaties aan bodemgebruik, grondsoort en hydrologische omstandigheden. Hiervoor is Nederland opgedeeld in 6405 ruimtelijke eenheden of plots. Elke plot kan beschouwd worden als een unieke eenheid die volledig homogeen is wat betreft hydrologie, bodemtype en bodemgebruiksvorm.
Van iedere plot wordt de water- en nutriëntenbalans en de emissie naar grond- en oppervlaktewater berekend.

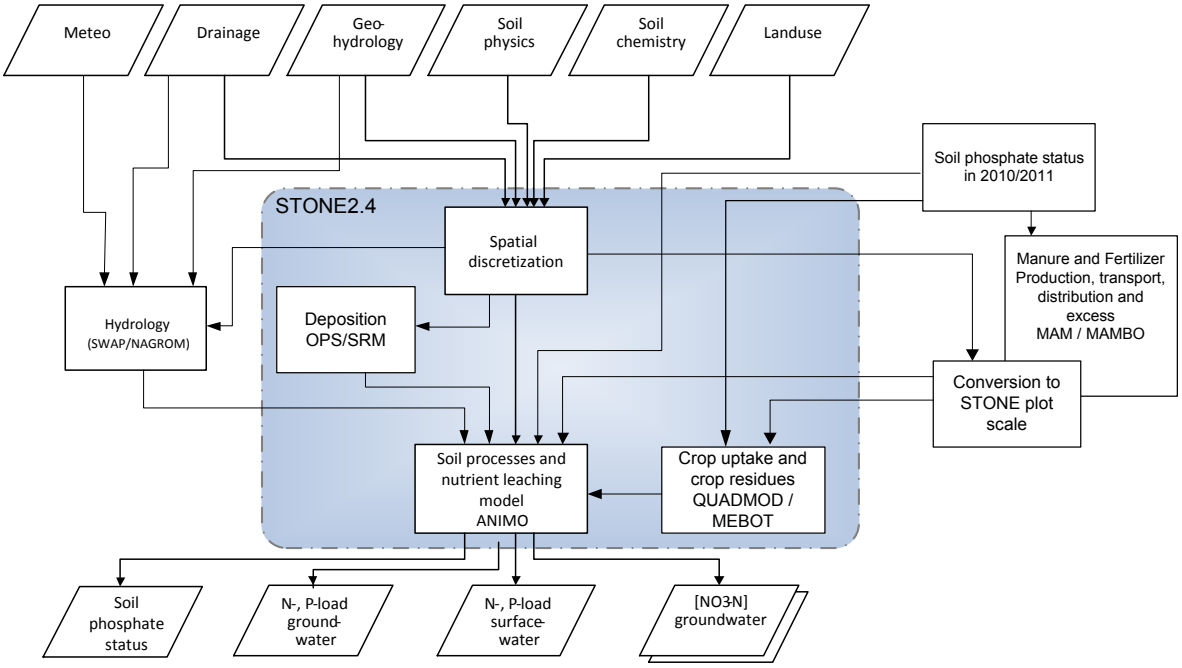
Het landgebruik in STONE is gebaseerd op LGN 3+ met opnamen tussen 1995 en 1999 (De Wit et al., 1999). In STONE wordt met de volgende arealen landbouwgrond gerekend. Deze blijven voor de toekomst ongewijzigd (tabel 3).

Tabel 3
Arealen landbouwgrond die in STONE worden onderscheiden (1000 ha).

	Zand	Klei	Veen	Löss	Totaal
Akker- en tuinbouw	234	463	35	14	746
Gras	430	318	227	10	984
Snijmaïs	177	33	9	3	221
Totaal	841	814	271	27	1952

Het STONE-instrumentarium bestaat uit een aantal afzonderlijke modelcomponenten. De modellen QUADMOD en MEBOT zijn gebruikt om de nutriëntenafvoer door *gewasopbrengsten* te berekenen als functie van de aanvoer en het ANIMO-model berekent de uit- en afspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Voor toepassing van ANIMO binnen STONE is informatie van data en van andere modellen nodig. De structuur van STONE met aanleverende modellen en databestanden is weergegeven in figuur 1.

De hydrologische modelberekeningen (neerslag en verdamping) gebeuren met de gekoppelde modellen SWAP (topsysteem) en NAGROM (diepe grondwater) en vinden buiten STONE plaats (Van Bakel et al., 2008). Er is geen terugkoppeling als bijvoorbeeld door een afnemende N-gift de gewasproductie en daarmee de gewasverdamping terugloopt.

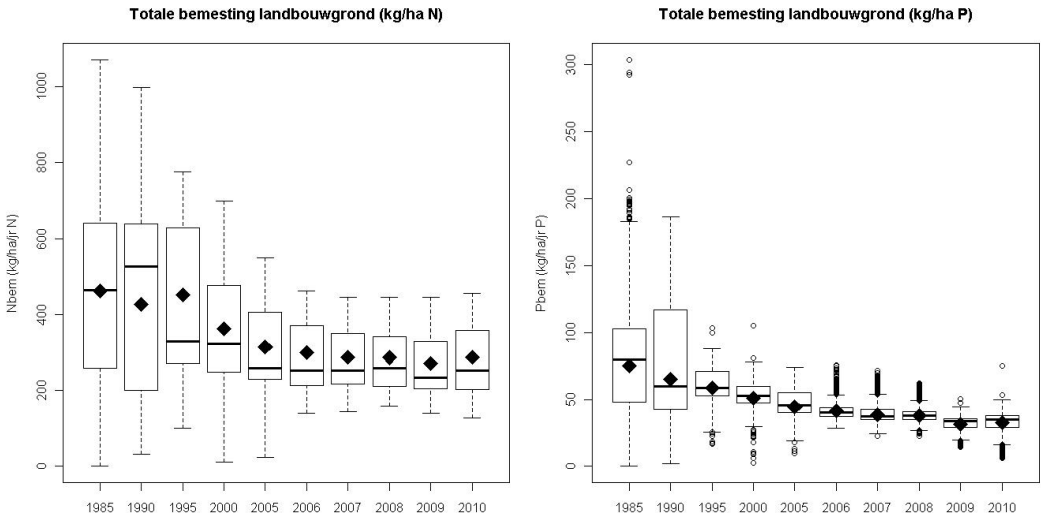


Figuur1

Schematische weergave van het STONE-instrumentarium (blauwe gebied) met aanleverende modellen en databestanden.

2.2 Bemesting en depositie

De in STONE gebruikte mestgegevens voor 2009 en 2010 zijn voor de EMW2012 met het model MAMBO (Vrolijk et al., 2009) berekend door het LEI. De gegevens van gebruik aan mest en meststoffen gebruikt in MAMBO zijn in overeenstemming met de jaarlijkse rapportage over de ontwikkeling van de Mestmarkt (Luesink et al., 2011). Deze gegevens worden door MAMBO vertaald naar mestgiften voor gewas-bodemcombinaties en worden rechtstreeks doorgegeven als invoer voor STONE.



Figuur 2

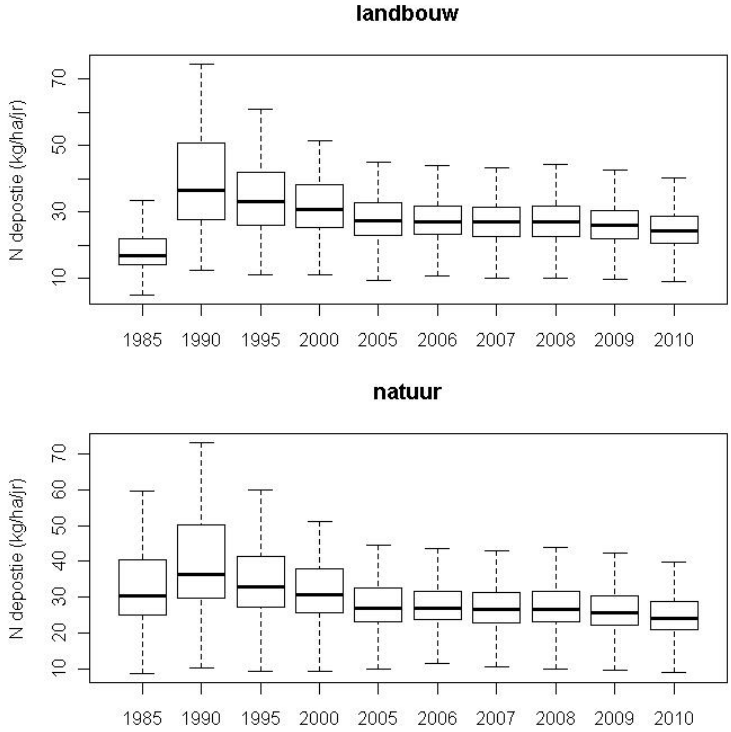
Boxplots[1] van de jaarlijkse N- en P-bemesting (kg/ha/jaar) voor de ijkjaren. De diamantjes zijn het areaal gewogen gemiddelde.

De bemesting is vanaf 2006 opnieuw berekend met MAMBO versie 2.0 (figuur 2). De nieuwe berekeningen geven een iets andere bemesting dan de berekeningen voor de ER2010. Deze nieuwe versie geeft voor akkerbouw in de jaren 2006 tot en met 2008 een gemiddelde afname van de stikstofbemesting van 7% en voor fosfor van ruim 2% vergeleken met de ER2010. Voor gras wordt een verhoging van de stikstofbemesting van 1.5% berekend en voor fosfor wordt een verhoging van 1% berekend. Voor mais is de verhoging van de stikstofbemesting gemiddeld ruim 2% en voor fosfor een gemiddelde afname van 3.5%.

De stikstofdepositie is niet opnieuw berekend voor de jaren 2009 en 2010. Eerder is geconstateerd dat de depositie gebruikt in de EMW anders is dan in de ER. Om de consistentie in de ER te borgen is besloten de depositiecijfers aan te passen naar het niveau dat door het compendium voor de leefomgeving wordt gerapporteerd (figuur 3).

[1] In een boxplot zijn van boven naar beneden de volgende waarden gegeven:

- Een verticale stippellijn ('whisker') die de bovengrens aangeeft van waarden tot maximaal 1.5 keer de hoogte van de box (de 'interkwartielafstand').
- Een box met als bovengrens het 3e kwartiel, in het midden de mediaan en als ondergrens het 1e kwartiel.
- Beneden de box ligt weer een whisker die de ondergrens aangeeft van waarden tot maximaal 1.5 keer de hoogte van de box (de 'interkwartielafstand').
- De uitschieters (waarden die buiten de whiskers vallen) zijn weergegeven als rondjes.



Figuur 3

Boxplots van de jaarlijkse stikstof depositie (kg/ha/jaar) voor de ijkjaren voor landbouwgronden en natuurgebieden.

2.3 Neerslagoverschot

Het neerslagoverschot is van grote invloed op de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor.
De variatie in het neerslagoverschot is de belangrijkste factor voor de variatie in de belasting naar het oppervlaktewater.
In tabel 4 is een overzicht gegeven van het neerslagoverschot voor de jaren 1985 en 2005 t/m 2010.

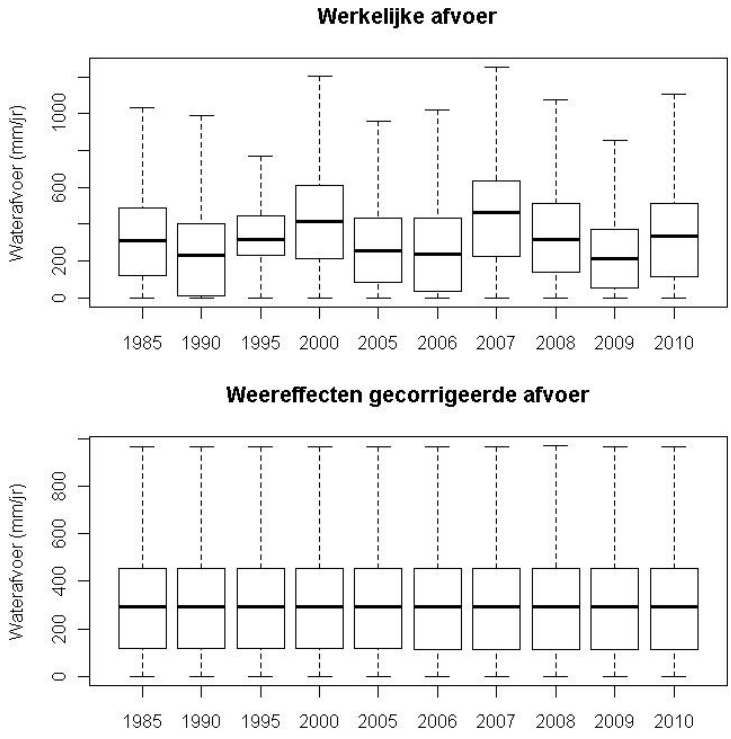
Tabel 4

Het gemiddelde neerslagoverschot (neerslag-referentieverdamping volgens Makkink) voor de jaren 1985 en 2005 t/m 2010 (mm/jaar).

district	station	1985	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	235	326	209	153	265	370	76	193
2	280	392	221	163	454	294	205	247
3	280	364	189	156	478	229	203	268
4	235	279	290	232	328	384	110	253
5	235	244	226	157	312	265	150	255
6	290	262	164	115	391	222	200	270
7	260	342	279	269	434	367	213	358
8	260	288	255	239	460	320	232	310
9	290	242	215	150	431	186	175	295
10	260	299	252	164	445	229	170	286
11	310	174	201	115	308	224	129	253
12	310	238	159	156	340	237	150	248
13	380	225	127	143	334	177	153	247
14	380	181	64	75	295	158	163	201
15	380	174	64	126	374	291	136	256
gemiddeld		269	194	161	377	263	164	263

2.4 Oppervlaktewaterafvoer

De hydrologische simulaties die nodig zijn om de uit- en afspoeling te berekenen zijn uitgebreid met de gemeten weergegevens voor de jaren 2009 en 2010, conform de methodiek die voor de EmissieRegistratie in de afgelopen jaren is gehanteerd. De rekensessies zijn uitgebreid (bijlage A) en opnieuw doorgerekend. De meteorologische invoerbestanden voor de overige sessies zijn niet gewijzigd ten opzichte van de voorgaande jaren waarin ER-berekeningen zijn uitgevoerd.
De uit- en afspoeling zijn met de nieuwe versie 3.2.26 van het hydrologische model Swap uitgerekend. De verdeling van de berekende waterafvoer is in figuur 4 voor de ijkjaren van de ER gepresenteerd in boxplots, voor de overzichtelijkheid zijn de uitschieters hier weggelaten.



Figuur 4
Waterafvoer (mm/jaar) voor de ijkjaren.

2.5 Toepassingsdomein van de resultaten

De uit- en afspoeling van nutriënten en zware metalen zijn berekend met het STONE-instrumentarium. Dit is een modelinstrument dat ontwikkeld en getoetst is voor ex-ante evaluaties op landelijke schaal voor de rijksoverheid. De schematisering van Nederland en de behorende data zijn gericht op deze nationale toepassingen.

STONE schat de emissies van verschillende bodem-water-plant combinaties op landelijke schaal. De afwateringseenheden in de EmissieRegistratie zijn kleiner dan het minimumareaal waarop STONE nog betrouwbare uitkomsten kan geven. Daarom zijn voor de EmissieRegistratie individuele afwateringseenheden geclusterd tot grotere eenheden (Peereboom, 2005) en daarna verdeeld over de afwateringseenheden met een gelijke waarde gebaseerd op de grotere eenheden. De betrouwbaarheid voor deze grotere eenheden is niet bekend waardoor de visualisatie een schijnnauwkeurigheid kan geven.

Ook wordt rekening gehouden met het feit dat STONE geen uit- en afspoeling berekent voor stedelijk gebied en transport/omzetting in het oppervlaktewater. De uitkomsten van STONE zijn dus niet vlakdekkend. Dit houdt in dat voor een afwateringseenheid die geheel uit oppervlaktewater of stedelijk gebied bestaat, geen uit- en afspoeling uit het landelijk gebied wordt berekend.

Bij de clustering van de ERC-afwateringseenheden zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:
1. Uitsluiting. Voor afwateringseenheden die volledig uit water (boezem) en/of stedelijk gebied bestaan moet geen uit- en afspoeling berekend worden.
2. Grootte. Alle afwateringseenheden kleiner dan 50 km^2 worden geclusterd tot een minimale grootte van 50 km^2.
3. Hydrologische relaties. De geclusterde afwateringseenheden moeten samen een nieuwe hydrologische eenheid vormen.
4. Ruimtelijke diversiteit. De te clusteren afwateringseenheden worden zoveel mogelijk onderling geclusterd, zodat de ruimtelijke diversiteit zo groot mogelijk blijft.

Aan elke afwateringseenheid binnen zo'n cluster wordt dezelfde gemiddelde uit- en afspoeling in kg/ha toegekend.

De ER bevat de uit- en afspoeling op het gedetailleerdere schaalniveau van 352 geclusterde afwateringseenheden. De betrouwbaarheid van de uitkomsten op het niveau van de afwateringsheden is nog niet vastgesteld. De kans bestaat dat de uitkomsten van STONE in bepaalde gebieden (sterk) kunnen afwijken van de werkelijkheid. Een studie om de bruikbaarheid van STONE op dergelijke meer onderscheidende schaalniveaus te onderbouwen ontbreekt, wel wordt geprobeerd om in de Evaluatie Landbouw en KRW (Van Boekel et al., 2012) hier in nauwe samenwerking met de waterbeheerders stap voor stap meer inzicht in te krijgen. In het project Monitoren Stroomgebieden (Woestenburg en Van Tol-Leenders, 2011) is voor vier stroomgebieden verkend hoe de uit- en afspoeling van nutriënten op regionale schaal en met regionale data kan worden berekend en wat de gevolgen zijn voor de rekenresultaten.

Bijlage C bevat, omdat STONE ontwikkeld en getoetst is voor gebruik op landelijke schaal, een disclaimer voor gebruik van de ER data op regionale schaal. Het overzicht van op CD aan de EmissieRegistratie geleverde data staat in bijlage D.

3 Emissies voor gemeten weer

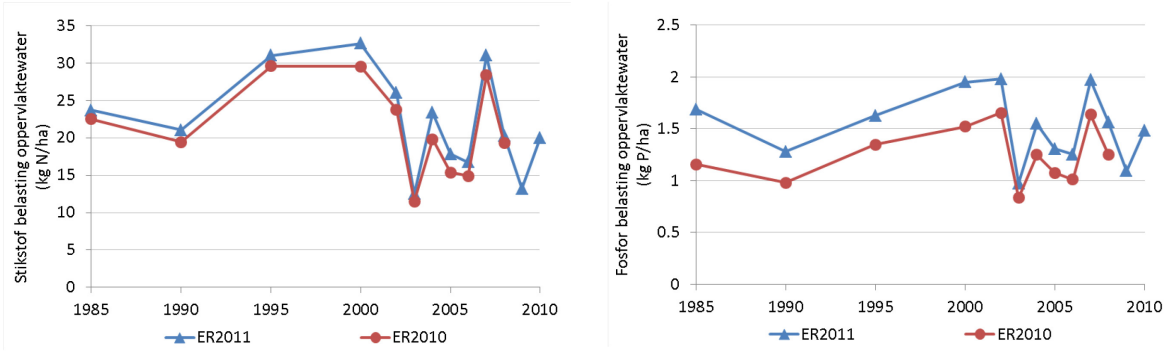
3.1 Emissies nutriënten

3.1.1 Veranderingen ten opzichte van de ER2010.

De berekende uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater verschillen ten opzichte van de rekenresultaten uit 2010. Deze zijn het gevolg van de in de nieuwe STONE versie 2.4 gerealiseerde verbeteringen (Groenendijk et al., 2012).
De belangrijkste wijzigingen betroffen:

- De rechtstreekse koppeling aan het MAMBO-model, zonder dat MAMBO-resultaten door PBL worden versleuteld naar STONE-invoer.
- De berekening van de bemesting in 2006 tot en met 2010 door het MAMBO-model met een versleuteling van MAMBO-resultaten naar STONE-invoer aan de hand van een fijnere ruimtelijke resolutie.
- De update van de gewasopnameberekening in de QUADMOD- en MEBOT-module. De statistische gegevens over gewasopname in de periode 2001 - 2010 zijn verwerkt en de berekening van P-opname is nu mede afhankelijk van het PAL-getal (grasland) of Pw-getal (bouwland).
- De inbouw van P-gedifferentieerde mestgiften vanaf 2010, waarin bij opvullen tot gebruiksnormen de percelen met een hoog PAL- of Pw-getal minder mest krijgen dan percelen met een lage P-toestand.
- De aanpassing van de potentiele denitrificatiesnelheid in het grondwater aan de hand van ervaringen in de Toetsdiepte-studie.
- De update van de geo-chemische informatie voor de bodem dieper dan één meter (Al+Fe, organische stof, C/N-ratio, pH).
- De aanpassing van de verdeling van de minerale en organische hoeveelheid van fosfaat in dierlijke mest.
- De aanpassing van het depositieniveau van stikstof volgens het niveau dat door het compendium voor de leefomgeving wordt gerapporteerd.
- De aanpassing in de initiële oplading van de bodem volgens de nieuwste inzichten voor kwelconcentraties, achtergrondconcentraties en humus en organisch stof verhouding.
- Enkele kleine aanpassingen in de hydrologie. De nieuwste versie van het SWAP-model is gebruikt en enkele parameters zijn aangepast.

Deze wijzigingen resulteren op landelijk niveau in een stijging van de stikstofbelasting van het oppervlaktewater (figuur 5).



Figuur 5

De landelijke belasting van het oppervlaktewater van N- en P-totaal in kg/ha voor de ijkjaren volgens de ER2011 en ER2010.

De stijging bedraagt voor stikstof landelijk zo'n 2.4 kg/ha voor de periode 1985-2008 en dat komt neer op een stijging van ruim 9%. Deze stijging is het gevolg van:

- De aanpassing van de initiële oplading van de bodem volgens de nieuwste inzichten voor kwelconcentraties, achtergrondconcentraties en humus en organisch stof-verhouding zorgt voor een structurele verhoging van de stikstof belasting.
- De structurele verhoging van de stikstofdepositie vanaf 1986 met gemiddeld 5 kg/ha. Het niveau is gelijk getrokken volgens het niveau dat door het compendium voor de leefomgeving wordt gerapporteerd.
- De aanpassing van de potentiele denitrificatiesnelheid in het grondwater aan de hand van ervaringen in de Toetsdiepte-studie zorgt ervoor dat er onder het GLG-niveau minder denitrificatie plaatsvindt waardoor de stikstofbelasting naar het oppervlaktewater toeneemt.
- Aanpassing van de aangenomen gewasopname voor het vanaf 2006 verplicht te telen vanggewas voor snijmaïs op zand. De aanname in de vorige versie was dat het vanggewas 40 kg/ha opneemt. In de nieuwe versie is de opname van het vanggewas teruggebracht naar 10 kg/ha, op basis van de ervaring in de afgelopen jaren. Hierdoor neemt het stikstofoverschot iets toe en daarmee ook de stikstofbelasting naar het oppervlaktewater.

De stijging van de landelijke fosforbelasting van 0.35 kg/ha voor de periode 1985-2008 betekent een stijging van bijna 27% die voornamelijk wordt veroorzaakt door:

- De aanpassing van de verdeling van de minerale en organische hoeveelheid van fosfaat in dierlijke mest. In de vorige versie was de verhouding voor alle mestsoorten 90% mineraal en 10% organisch. In de nieuwe versie is de verhouding van mineraal organisch voor runderdrijfmest en weidemest 65% mineraal en 35% organisch en voor varkensmest en pluimveemest 80% mineraal en 20% organisch. Een deel van de organische stof in mest is in opgeloste vorm. Deze opgeloste vorm spoelt beter uit dan het minerale deel.
- De aanpassing van de initiële oplading van de bodem volgens de nieuwste inzichten voor kwelconcentraties, achtergrondconcentraties zorgt voor een structurele verhoging van de fosforbelasting.

In tabel 5 is een overzicht gegeven van de landelijke stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater, berekend met de nieuwe en vorige versie.

Tabel 5

Landelijke N-vracht en P-vracht (Mkg=10^6 kg) bij de vorige (ER2010) en de nieuwe (ER2011) berekeningen; berekend met gemeten weergegevens voor de ijkjaren.

	N-totaal afvoer in Mkg			P-totaal afvoer in Mkg		
IJkjaar	ER2010	ER2011	Stijging	ER2010	ER2011	Stijging
1985	63.3	66.6	5.3%	3.24	4.74	46.0%
1990	54.6	59.1	8.2%	2.75	3.58	30.4%
1995	83.2	87.1	4.7%	3.78	4.56	20.6%
2000	83.0	91.6	10.4%	4.26	5.47	28.3%
2005	43.1	50.0	15.9%	3.02	3.67	21.5%
2006	41.9	47.1	12.5%	2.83	3.51	24.1%
2007	79.7	87.2	9.3%	4.59	5.53	20.3%
2008	54.2	57.0	5.2%	3.51	4.39	25.1%
2009		37.1			3.06	
2010		56.2			4.16	

3.1.2 Landelijke uit- en afspoeling nutriënten

De met de gemeten weergegevens berekende stikstof- en fosforafvoer zijn in 2009 afgenomen met respectievelijk 35% en 30% ten opzichte van 2008 en zijn in 2010 toegenomen met respectievelijk 52% en 36% ten opzichte van 2009. Deze veranderingen zijn toe te schrijven aan veranderingen in het neerslagtekort en in bemesting. De afname van het netto neerslagtekort is in 2009 bijna100 mm en de toename in 2010 is ook bijna100 mm. De stikstofbemesting is in 2009 5% lager dan in 2008 en is in 2010 6% hoger dan in 2009. Voor fosfor neemt de bemesting in 2009 17% af ten opzichte van 2008 en neemt in 2010 weer 4% toe ten opzichte van 2009. Hierdoor is de toename in 2010 ten opzichte van 2009 voor fosfor minder groot dan voor stikstof.

Tabel 6

Uit- en afspoeling van N en P (kg/ha/jr N of P) voor de berekening met gemeten weergegevens voor de ijkjaren 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 en 2010; landelijke cijfers (landbouw en natuur).

IJkjaar	N-totaal afspoeling (kg/ha/jr N)	N-totaal uitspoeling (kg/ha/jr N)	N-totaal af+uitspoeling (kg/ha/jr N)	P-totaal afspoeling (kg/ha/jr P)	P-totaal uitspoeling (kg/ha/jr P)	P-totaal af+uitspoeling (kg/ha/jr P)
1985	0.70	23.01	23.71	0.10	1.59	1.69
1990	0.11	20.95	21.06	0.01	1.27	1.28
1995	0.20	30.82	31.02	0.01	1.61	1.63
2000	0.10	32.54	32.64	0.01	1.94	1.95
2005	0.14	17.67	17.81	0.02	1.29	1.31
2006	0.23	16.54	16.77	0.01	1.24	1.25
2007	0.17	30.87	31.04	0.02	1.95	1.97
2008	0.08	20.22	20.30	0.01	1.56	1.57
2009	0.16	13.06	13.22	0.01	1.08	1.09
2010	0.20	19.83	20.03	0.02	1.46	1.48

Tabel 7

Uit- en afspoeling van N en P (10^6 kg/jr N of 10^6 kg/jr P) voor de berekening met het gemeten weergegevens voor de ijkjaren 1985, 1990, 1995, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007; landelijke cijfers (landbouw EN natuur).

ijkjaar	N-totaal afspoeling (10^6 kg/jr N)	N-totaal uitspoeling (10^6 kg/jr N)	N-totaal af+uitspoeling (10^6 kg/jr N)	P-totaal afspoeling (10^6 kg/jr P)	P-totaal uitspoeling (10^6 kg/jr P)	P-totaal af+uitspoeling (10^6 kg/jr P)
1985	1.96	64.61	66.57	0.27	4.46	4.74
1990	0.31	58.81	59.12	0.02	3.56	3.58
1995	0.56	86.54	87.09	0.04	4.53	4.56
2000	0.28	91.37	91.64	0.02	5.45	5.47
2005	0.39	49.62	50.01	0.04	3.62	3.67
2006	0.64	46.44	47.08	0.04	3.48	3.51
2007	0.49	86.67	87.16	0.04	5.48	5.53
2008	0.23	56.77	57.00	0.02	4.37	4.39
2009	0.44	36.67	37.11	0.04	3.02	3.06
2010	0.56	55.67	56.23	0.06	4.10	4.16

In bijlage B is een overzicht gegeven van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor voor de landgebruiksvormen akkerbouw, grasland, snijmaïs en natuur.

3.2 Emissies zware metalen

3.2.1 Veranderingen ten opzichte van de ER2010

In de berekening van de uit- en afspoeling van zware metalen uit de bodem naar het oppervlaktewater zijn er een aantal verschillen ten opzichte van de berekeningen in 2010:

- Voor de hydrologie zijn de berekeningen met STONE2.4 gebruikt in plaats van STONE2.3 (zie ook paragraaf 2.1).
- De depositie van zware metalen is nu gelijk aan de depositieschattingen voor de EmissieRegistratie zelf. De EmissieRegistratie-cijfers zijn hierdoor intern consistenter.
- De concentraties van metalen in het grondwater beneden GLG zijn geactualiseerd.

De eerste twee wijzigingen hebben slechts een zeer kleine invloed op de berekende uit- en afspoeling, de update van de metaalconcentraties in het grondwater leidt echter wel tot belangrijke veranderingen in de uit- en afspoeling. Hieronder wordt hier verder op in gegaan.

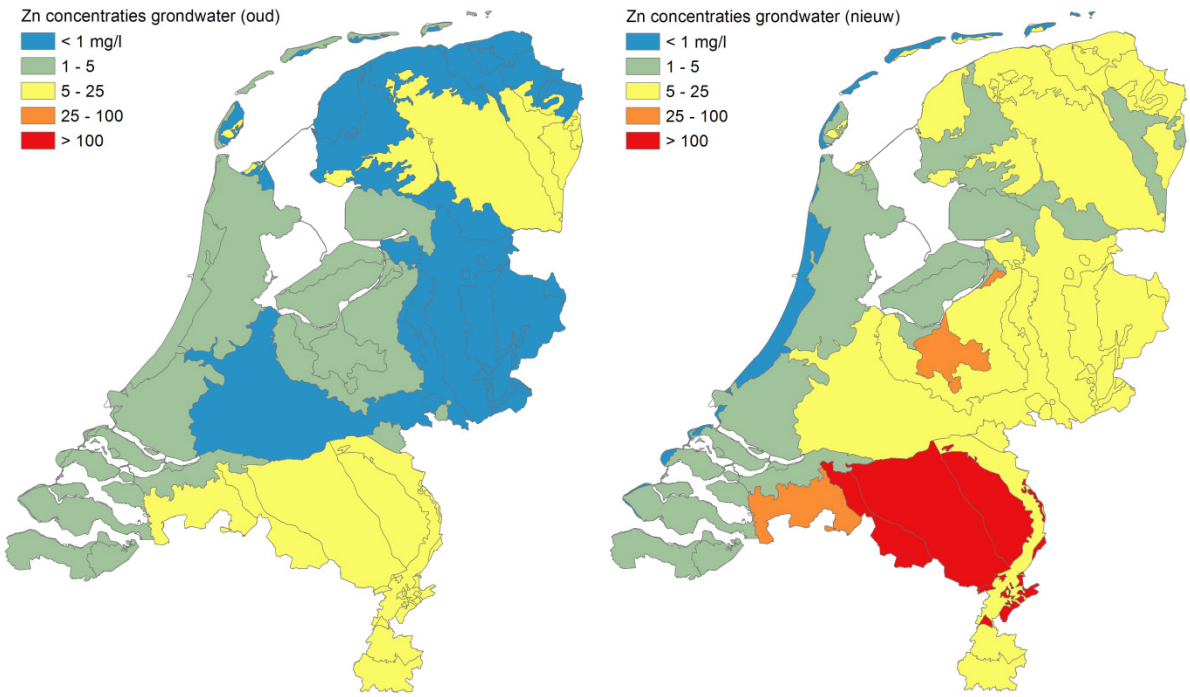
3.2.2 Concentraties zware metalen in het grondwater

De concentraties van zware metalen in het bodemvocht en grondwater wordt afhankelijk van de diepte op verschillende manieren geschat:

- Voor de bovengrond, dat wil zeggen vanaf maaiveld tot de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG), worden de concentraties berekend uit de totale gehaltes van metalen in de bodem.
- Voor de ondergrond (beneden GLG) wordt gebruik gemaakt van metingen in grondwater zelf. De reden hiervoor is dat totale gehalten in de bodem voor grotere diepten niet betrouwbaar kunnen worden geschat door variatie in de geologie van de bodem.

Tot 2010 werden voor de concentraties in de bodem zogenaamde natuurlijke achtergrondconcentraties gebruikt uit een onderzoek naar de natuurlijke achtergrondbelasting van het oppervlaktewater (Bonten et al., 2007). Omdat sindsdien meer meetgegevens van grondwaterconcentraties beschikbaar zijn gekomen, is voor de berekeningen van 2011 besloten een update te maken van de grondwaterconcentraties (Klein, 2011; Klein en Van der Grift, 2012). Behalve het grotere aantal monsters is het belangrijkste verschil dat grondwatermonsters die door de landbouw beïnvloed zijn nu zijn meegenomen in de schattingen. Bij de vorige schattingen zijn diverse gebieden waarvoor slechts weinig monsters beschikbaar waren samengevoegd met andere gebieden. Bij de huidige schattingen geldt dit nog slechts voor een zeer beperkt aantal gebieden. Bij de schatting van de achtergrondconcentraties in 2007 zijn deze monsters niet meegenomen. Een volledig overzicht van de metaalconcentraties per geotopgebied (Vermooten et al., 2005) is opgenomen in bijlage F.

Figuur 6 toont de zinkconcentraties in het grondwater volgens de oude en nieuwe schattingen.



Figuur 6
Zinkconcentraties in grondwater per geotopgebied, oude (links) en nieuwe schattingen (rechts).

De figuren laten zien dat de verschillen in de concentraties in het grondwater het grootst zijn in het midden van Noord-Brabant en het noorden van Limburg (Peelhorst en Kempisch Plateau). Deze hogere concentraties zijn vermoedelijk het gevolg van metalen die vrijkomen door oxidatie van pyriet ten gevolge van verhoogde nitraatconcentraties in het grondwater. Dit geldt het sterkst voor nikkel. Voor cadmium en zink geldt daarnaast dat de bodemverontreiniging van de Kempen op een aantal plaatsen het grondwater heeft bereikt (Roerdalslenk). In beide gevallen zijn de hogere concentraties het gevolg van menselijke invloeden die niet zijn meegenomen in de grondwaterconcentraties zoals gebruikt bij de EmissieRegistratie berekeningen van 2009.

Deze update van de concentraties in het grondwater leidt ook tot een nieuwe schatting van de uit- en afspoeling van metalen op landelijk niveau. In onderstaande tabel is de berekende uit- en afspoeling van zware metalen voor het jaar 2000 weergegeven voor zowel de nieuwe berekeningsmethode met de nieuwe grondwaterconcentraties als de berekeningsmethode die gebruikt is in 2009 met de oude grondwaterconcentraties.

Tabel 8
Berekenende landelijke uit- en afspoeling van zware metalen voor het jaar 2000 (ton/jr).

	cadmium	koper	nikkel	lood	zink
ER2009	0.25	17.5	24.9	3.35	140
ER2011	1.03	19.9	50.3	2.87	219

De effecten van de nieuwe grondwaterconcentraties zijn het grootst voor cadmium, gevolgd door nikkel en zink. Voor koper is de landelijke uit- en afspoeling nagenoeg gelijk aan de eerdere berekeningen. Alleen voor lood wordt een lagere uit- en afspoeling berekend.

3.2.3 Landelijke uitspoeling van zware metalen

Onderstaande tabel geeft de uit- en afspoeling van zware metalen vanuit de bodem naar het oppervlaktewater voor de ijkjaren 1990, 1995, 2000, 2005, 2008, 2009 en 2010. De tabel toont zowel de totale uit- en afspoeling als de uit- en afspoeling voor natuur en landbouw.

Tabel 9

Landelijke uitspoeling van zware metalen (ton/jr). Totale uit- en afspoeling en uit- en afspoeling vanuit landbouw en natuur.

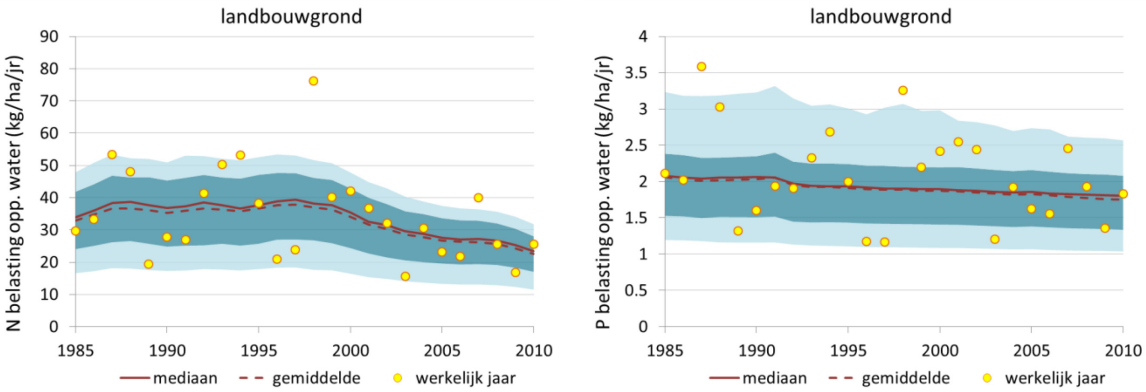
	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010
totaal							
Cd	0.60	0.95	1.03	0.71	0.84	0.63	0.83
Cu	12.3	17.8	19.9	13.2	16.6	12.1	16.6
Ni	29.9	43.4	50.3	34.3	41.0	30.7	40.7
Pb	1.79	2.54	2.87	1.90	2.37	1.71	2.29
Zn	124	201	219	146	178	131	176
landbouw							
Cd	0.55	0.82	0.92	0.63	0.74	0.56	0.75
Cu	11.3	15.5	18.2	12.1	15.3	11.1	15.4
Ni	27.6	38.8	45.6	31.2	37.2	28.0	37.2
Pb	1.58	2.11	2.51	1.68	2.08	1.50	2.04
Zn	111	170	193	130	158	116	158
natuur							
Cd	0.06	0.12	0.11	0.07	0.09	0.07	0.09
Cu	0.98	2.30	1.70	1.08	1.37	0.99	1.23
Ni	2.30	4.63	4.69	3.02	3.78	2.71	3.50
Pb	0.21	0.43	0.36	0.22	0.29	0.21	0.26
Zn	13.0	30.6	25.5	16.3	20.6	15.0	18.6

Bovenstaande tabel laat zien dat er grote verschillen kunnen zijn in de uit- en afspoeling tussen de verschillende jaren. Deze verschillen worden voornamelijk veroorzaakt door verschillen in het weer tussen de verschillende jaren. Veranderingen in de genormaliseerde uitspoeling zijn gering voor zware metalen (zie hoofdstuk 3).

4 Weereffect gecorrigeerde emissies

4.1 Wijzigingen ten opzichte van ER2010

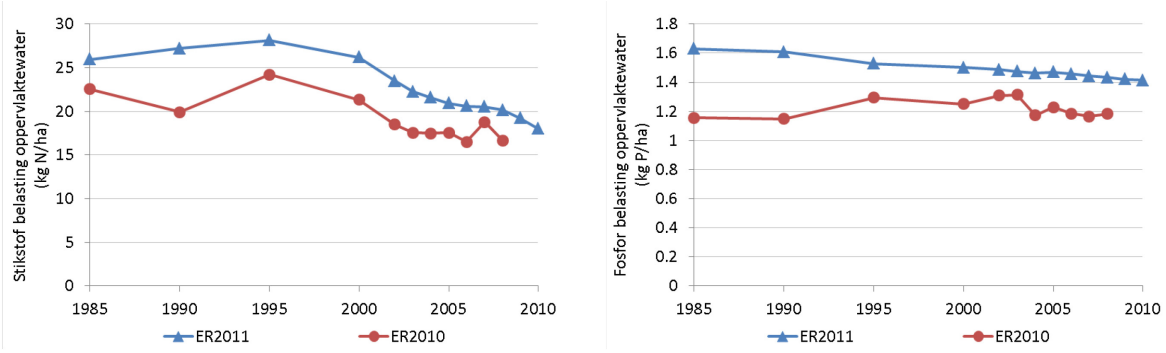
Tot en met de ER2010 zijn resultaten voor een ijkjaar (jaar waarvoor de resultaten worden gepresenteerd) met een 'gemiddeld' jaar (1985) doorgerekend en gepresenteerd om effecten van variatie in het weer te elimineren. Voor een ijkjaar werd in dat jaar de meteorologie vervangen door het weer van het jaar 1985. De veronderstelling was dat 1985 een representatief gemiddeld jaar zou zijn. In de vorige versies (ER2009 en ER2010) is geconstateerd dat in ijkjaar 2007 doorgerekend met het referentiejaar 1985 een stijging werd waargenomen voor de stikstofbelasting, terwijl de bemesting in dat jaar niet toeneemt. En voor de fosforbelasting werd die toename geconstateerd in het jaar 2008. De oorzaak van deze stijging waren na-ijl effecten van de voorafgaande jaren. Om deze ongewenste na-ijl effecten te vermijden is een andere werkwijze ontwikkeld om een reeks van 30 jaren te gebruiken om de effecten van variatie in weer op de uit- en afspoeling van nutriënten te kwantificeren (Renaud et al., 2010).
Het principe van deze nieuwe methode, die nauw aansluit bij de bestaande rekenmethode, is om de berekening voor het ijkjaar met het gemiddeld jaar te vervangen door het doorrekenen van een reeks van 30 jaren die het klimaat representeren (de klimaatreeks, in de EMW en in deze studie is de reeks 1971-2000 gebruikt) voor dat ijkjaar (en dus ook met de mestgiften voor dat jaar). Daardoor wordt een range aan belastingen 'per jaar' verkregen. Deze range geeft de spreiding weer van de mogelijke belasting naar het grond- en oppervlaktewater op basis van de gebruikte klimaatreeks. Voor deze gesimuleerde verdelingen kan bijv. het 50-percentiel worden weergegeven, het gemiddelde en de totale range met daarnaast het resultaat van de berekening van het jaar met gemeten weergegevens. De door te rekenen reeks vormt idealiter een redelijke weerspiegeling van het klimaat (30 jaar lang) met zijn verdeling van extremen. De huidige werkwijze voldoet aan deze eis.
Deze methode geeft op een relatief eenvoudige manier inzicht in de spreiding in de te verwachten balanstermen als gevolg van verschillen in weer.



Figuur 7
De stikstofbelasting (links) en de fosforbelasting (rechts) (kg ha^{-1} jr^{-1}) naar het oppervlaktewater op landbouwgronden berekend met de klimaatreeks. De donkere band omvat 25 tot 75% van de uitkomsten, de lichte band omvat 5 tot 95% van de rekenresultaten.

De bij de vorige berekeningen voor de ER geconstateerde stijging in het ijkjaar 2007 door na-ijl effecten is bij gebruik van de klimaatreeks niet meer aanwezig (figuur 7).

Voor het bepalen van verschillen als effect van beleid is de nieuwe methode om een klimaatreeks te presenteren een duidelijk betere methode dan gebruik van het jaar 1985, de effecten van de grote dynamiek in het weer op de uit- en afspoeling worden uitgefilterd.



Figuur 8

De landelijke belasting van het oppervlaktewater van N- en P-totaal in kg/ha voor de ijkjaren volgens de klimaatreeks methode en de methode met gemiddeld jaar 1986.

In figuur 8 is te zien dat de landelijke belasting van het oppervlaktewater met de nieuwe methode duidelijk hoger ligt dan met de oude methode met het gemiddeld jaar 1985. De nieuwe cijfers zijn voor stikstof voor alle ijkjaren gemiddeld 22% hoger en voor fosfor 23% hoger.
Opvallend is dat de stijging van stikstof berekend met de voor weereffecten gecorrigeerde methode ten opzichte van de methode met gemiddeld jaar 1985 veel hoger (22%) is dan die met de gemeten weergegevens (10%). Dit grotere verschil komt doordat het jaar 1985 voor de belasting van het oppervlaktewater van stikstof geen gemiddeld jaar is. In de nieuwe berekeningen is de belasting voor het jaar 1985 met de gemeten weergegevens 23.7 kg/ha, terwijl het gemiddelde van de voor weereffecten gecorrigeerde methode 26.0 kg/ha bedraagt. Dat betekent dat het jaar 1985 voor stikstof een lagere belasting naar het oppervlaktewater heeft en geen representatief gemiddeld jaar voor de uit- en afspoeling van stikstof blijkt te zijn.
Voor fosfor is dit verschil minder groot. In de nieuwe berekeningen is de belasting voor het jaar 1985 met de gemeten weergegevens 1.69 kg/ha, terwijl het gemiddelde van de voor weereffecten gecorrigeerde methode 1.63 kg/ha bedraagt. Dat betekent dat het jaar 1985 voor fosfor een iets hogere belasting naar het oppervlaktewater heeft en bijna een representatief gemiddeld jaar voor de uit- en afspoeling van fosfor vormt.
Voor de belasting naar het oppervlaktewater met nutriënten blijkt het jaar 1985 geen gemiddeld jaar te zijn. Opnieuw blijkt dat het gebruik van het jaar 1985 geen goede methode is om de effecten van variatie in weer te kunnen elimineren en de ijkjaren objectief te kunnen vergelijken met andere ijkjaren.

De nieuwe methode met het doorrekenen van de klimaatreeks geeft een range aan belastingen en het gemiddelde hiervan is een betere methode, omdat deze reeks van jaren het klimaat representeren (reeks van 30 jaar: 1971-2000). De klimaatreeks is ondertussen aangepast naar de nieuwe klimaatreeks 1981-2010. Voor de volgende updates van de ER wordt aanbevolen uit te gaan van de nieuwste klimaatreeks.

In tabel 10 is het overzicht gegeven van de landelijke stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater berekend met beide methoden. De in figuur 8 zichtbare veranderingen in de voor weereffecten gecorrigeerde uit- en afspoeling zijn ook in tabel 10 herkenbaar.

Tabel 10

Landelijke N-vracht en P-vracht (Mkg=10^6 kg) voor de vorige (ER2010) en de nieuwe (ER2011) berekeningen voor de ijkjaren berekend volgens de voor weereffecten gecorrigeerde klimaatreeks methode.

	N-totaal afvoer in Mkg			P-totaal afvoer in Mkg		
Jaar	ER2010	ER2011	stijging	ER2010	ER2011	stijging
1985	63.3	72.9	15.2%	3.24	4.58	41.1%
1990	55.9	76.4	36.7%	3.23	4.52	40.0%
1995	68.0	79.0	16.3%	3.63	4.29	18.0%
2000	59.9	73.5	22.7%	3.51	4.22	20.2%
2005	49.3	58.7	19.1%	3.45	4.12	19.7%
2006	46.3	57.8	25.0%	3.32	4.09	23.2%
2007	52.7	57.6	9.5%	3.27	4.05	23.8%
2008	46.7	56.5	20.9%	3.32	4.02	21.3%
2009		54.0			3.99	
2010		50.5			3.97	

4.2 Weereffecten gecorrigeerde landelijke uitspoeling nutriënten

De resultaten van de weereffecten gecorrigeerde berekeningen zijn weergegeven in tabel 11 en tabel 12.

Tabel 11

Uit- en afspoeling van N en P (kg/ha/jr N of P) van de voor weereffecten gecorrigeerde berekeningen voor de ijkjaren; landelijke cijfers (landbouw en natuur).

IJk-Jaar	Meteo-jaar	N-totaal afspoeling (kg/ha/jr N)	N-totaal uitspoeling (kg/ha/jr N)	N-totaal af+uitspoeling (kg/ha/jr N)	P-totaal afspoeling (kg/ha/jr P)	P-totaal uitspoeling (kg/ha/jr P)	P-totaal af+uitspoeling (kg/ha/jr P)
1985	1971-2000	0.62	25.33	25.96	0.09	1.54	1.63
1990	1971-2000	0.46	26.76	27.22	0.07	1.54	1.61
1995	1971-2000	0.40	27.75	28.15	0.04	1.49	1.53
2000	1971-2000	0.31	25.87	26.19	0.04	1.46	1.50
2005	1971-2000	0.26	20.64	20.90	0.03	1.44	1.47
2006	1971-2000	0.26	20.35	20.60	0.03	1.43	1.46
2007	1971-2000	0.23	20.30	20.53	0.02	1.42	1.44
2008	1971-2000	0.23	19.91	20.13	0.02	1.41	1.43
2009	1971-2000	0.22	19.02	19.24	0.01	1.41	1.42
2010	1971-2000	0.22	17.78	18.00	0.01	1.40	1.41

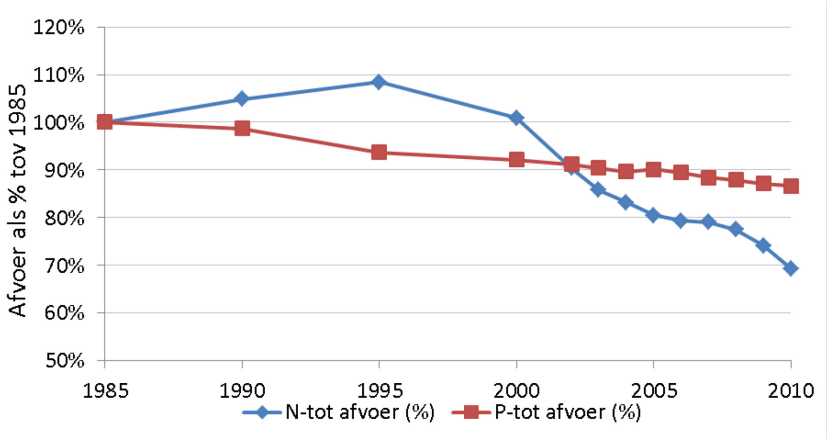
Tabel 12

Uit- en afspoeling van N en P (10^6 kg/jr N of 10^6 kg/jr P) van de voor weereffecten gecorrigeerde berekeningen voor de ijkjaren; landelijke cijfers (landbouw en natuur).

IJk-Jaar	Meteo-jaar	N-totaal afspoeling (10^6 kg/jr N)	N-totaal uitspoeling (10^6 kg/jr N)	N-totaal af+uitspoeling (10^6 kg/jr N)	P-totaal afspoeling (10^6 kg/jr P)	P–totaal uitspoeling (10^6 kg/jr P)	P-totaal af+uitspoeling (10^6 kg/jr P)
1985	1971-2000	1.75	71.12	72.88	0.26	4.32	4.58
1990	1971-2000	1.30	75.14	76.43	0.20	4.31	4.52
1995	1971-2000	1.13	77.90	79.03	0.11	4.18	4.29
2000	1971-2000	0.88	72.64	73.53	0.11	4.11	4.22
2005	1971-2000	0.74	57.94	58.69	0.08	4.05	4.12
2006	1971-2000	0.72	57.13	57.85	0.08	4.01	4.09
2007	1971-2000	0.65	56.99	57.64	0.06	3.99	4.05
2008	1971-2000	0.64	55.89	56.53	0.05	3.97	4.02
2009	1971-2000	0.62	53.40	54.01	0.03	3.96	3.99
2010	1971-2000	0.62	49.92	50.54	0.03	3.94	3.97

Bij gebruik van de voor weereffecten gecorrigeerde resultaten wordt voor 2009 (t.o.v. 2008) een afname van de stikstofafvoer berekend van 4% en een afname van de fosforafvoer van bijna 1%. In 2010 is (t.o.v. 2009) de afname van de stikstofafvoer 6% en van de fosforafvoer minder dan 1%. Deze daling van de stikstof- en fosforbelasting van het oppervlaktewater in 2010 ten opzichte van 2009 is opvallend. In 2010 wordt er meer stikstofmest gegeven (11 kg/ha) en ook meer fosformest (1 kg/ha) en toch is er een daling. Deze daling is voor stikstof het gevolg van een iets hogere netto gewasopname (1.6 kg/ha), een iets lagere depositie (1.4 kg/ha) en vooral door een veel geringere nalevering uit de bodem (10 kg/ha). Voor fosfor is de netto gewasopname in 2010 ongeveer gelijk aan die van 2009 en is ook de nalevering uit de bodem lager (1 kg/ha). De lagere nalevering uit de bodem is het gevolg van het toegenomen mestoverschot doordat de stikstof- en fosforbemesting in 2010 is toegenomen. Dit resulteert in een lagere belasting van het oppervlaktewater.

In figuur 9 zijn de resultaten van de voor weereffecten gecorrigeerde berekende stikstof- en fosforbelasting gegeven als relatieve veranderingen ten opzichte van het uitgangsjaar 1985. Voor stikstof is de afvoer na 25 jaar afgenomen met 31% en voor fosfor is de afvoer afgenomen met 13%. Deze veranderingen zijn in belangrijke mate het gevolg van de verminderde mestgiften, de toegenomen stikstof-gebruiksefficiëntie van gewassen en de afnemende bodemvoorraden.

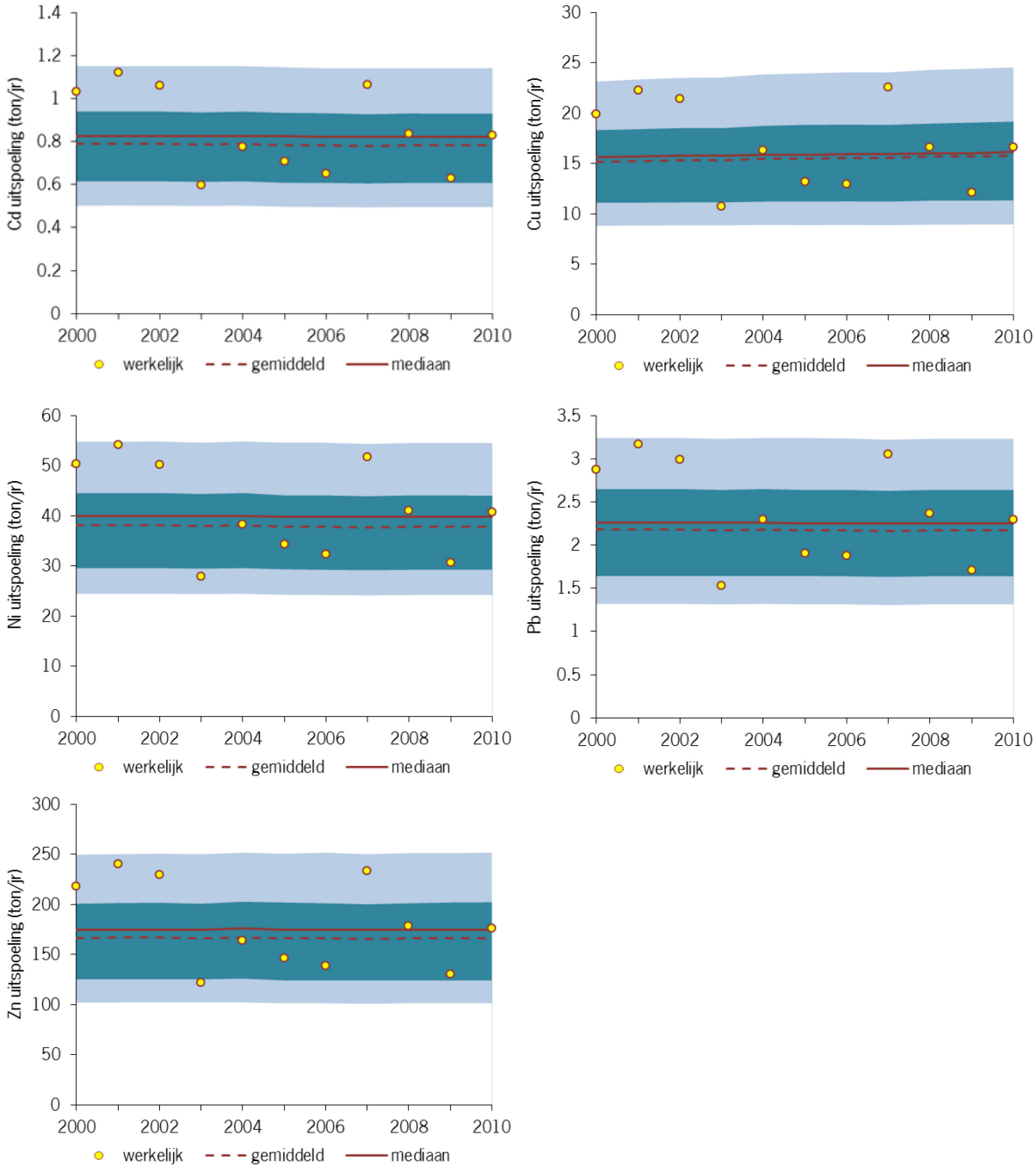


Figuur 9

De afvoer van N- en P-totaal als functie van de tijd uitgedrukt in % ten opzichte van de afvoer in 1985.

4.3 Weereffecten gecorrigeerde landelijke uitspoeling zware metalen

Voor zware metalen zijn de bandbreedtes in oppervlaktewaterbelasting weergegeven in figuur 10. Voor metalen is het startpunt van de klimaatreeksberekeningen het jaar 2000, omdat dit ook het startpunt is voor de normale uitspoelingsberekeningen. Voor de jaren 1990 t/m 1999 is hierbij een terugrekenmethode gehanteerd die niet geschikt is voor de analyse van trends.



Figuur 10
Bandbreedte als gevolg van weervariatie van de landelijke emissies van zware metalen vanuit bodems naar het oppervlaktewater (ton/jr).

Er blijkt nauwelijks een trend in de uit- en afspoeling van zware metalen zichtbaar te zijn. Alleen voor koper is er een licht stijgende trend zichtbaar. De oorzaak van de kleine veranderingen is de sterke binding van metalen aan de bodem waardoor er een sterk dempende werking is van veranderingen in de bodembelasting. Pas op langere termijn worden veranderingen in de uit- en afspoeling duidelijker.

Literatuur

Bakel, P.J.T. van, H.Th.L. Massop, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R. Pastoors en T. Kroon, 2008. Actualisatie Hydrologie voor STONE 2.3; Aanpassing randvoorwaarden en parameters, koppeling tussen NAGROM en SWAP, en plausibiliteitstoets. (Eng: Updating the hydrology component in STONE 2.3; Adjusting boundary conditions and parameters, linking NAGROM and SWAP, and plausibility test) WOt-rapport 57, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (MNP), Wageningen, Alterra.

Boekel, E.M.P.M. van, P. Bogaart, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, R.A.L. Kselik, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.E.V. van Walsum en F.J.E. van der Bolt, 2012. Evaluatie Landbouw en KRW, deelrapportage in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2012. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 2326.

Bonten, L.T.C., B. van der Grift en J. Klein, 2007. Achtergrondbelasting van het oppervlaktewater met zware metalen tgv uitspoeling uit de bodem. Alterra-rapport 1636, Wageningen.

De Ruijter, F.J. en J.G. Conijn, 2010. Quadmod parametrisatie van de P respons van grasland, akkerbouw- en groentegewassen in Nederland. Wageningen, Plant Research International, rapport 370.

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

Groenendijk, P., L. Renaud, O. Schoumans, H. Luesink, G. Kruseman, MAMBO- en STONE-resultaten van rekenvarianten. Evaluatie Mestwetgeving 2012: deelrapport Ex-ante milieu. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 2317.

Klein, J. 2011. Zware metalen in grondwater. rapport 1204148-003, Deltares, Utrecht; Klein, J. 2012. Memo Aanvulling op rapport 'Zware metalen in grondwater' - verwijderen uitschieters, Deltares, Utrecht.

Kroes, J.G., C.W.J. Roest, P.E. Rijtema en L.J. Locht, 1990, De invloed van bemestingsscenario's op de afvoer van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater system in Nederland. Rapport 55, DLO Staring Centrum, Wageningen.

Kroes, J.G. en J.C. van Dam (eds.), 2003. Reference Manual SWAP version 3.0.3. Report 773, Alterra, Wageningen

Luesink, H.H., P.W. Blokland en J.N. Bosma, 2011. Monitoring Mestmarkt 2010, achtergronddocumentatie. Den Haag, LEI, Rapport 2011-048.

Peereboom, I., 2005. Opschaling STONE resultaten ten behoeve van ERC. RIZA werkdocument 2005.068x.

Renaud, L.V., J. Roelsma en P. Groenendijk, 2004. User's guide of the ANIMO 4.0 nutrient leaching model. Report 224, Alterra, Wageningen, 154 pp.

Renaud, L.V. en F.J.E. van de Bolt, 2012. Factsheet tbv Emissieschattingen Diffuse bronnen. Uit- en afspoeling N en P van landbouw- en natuurbodems, versie maart 2012.

Renaud, L.V., L.T.C., Bonten, W.B. Snellen en F.J.E. van de Bolt, 2010. Actualisatie Landelijke EmissieRegistratie 2010. Uit- en afspoeling nutriënten en zware metalen met STONE2.3. Project eindverslag- aanvullende vragen. Alterra, Wageningen.

Stone-regionale emissies van Nutriënten, 2007. Internet adres (dd. 22-mei-2009) http://www.stone.alterra.nl/

Vermooten, J.S.A., L. Vasak, J. Griffioen, G.T. Klaver, R.W. Vernes en H.J.T. Weerts, 2005. Afbakening van het topsysteem voor kartering van de reactiviteit van de Nederlandse ondergrond. TNO-rapport NITG 05-121-A.

Vrolijk, H.C.J., P.W. Blokland, F. Bouma, W. Dol, H. Luesink, G. Kruseman en L. Mokveld, 2009. MAMBO: Design principles, model structure and data use, LEI, The Hague. Concept.

Willems, W.J. , A.H.W. Beusen, L.V. Renaud, H.H. Luesink, J.G. Conijn, G.J. v.d. Born, J.G. Kroes, P. Groenendijk, O.F. Schoumans en H. v.d. Weerd, 2008. Prognose milieugevolgen van het nieuwe mestbeleid. Achtergrondrapport Evaluatie Meststoffenwet 2007. Milieu en Natuur Planbureau, Rapport nr 5000124002/2007.

Woestenburg, M. en T.P. van Tol-Leenders, 2011. Sturen op schoon water: eindrapportage project Monitoring Stroomgebieden. Alterra, Wageningen.

Wolf, J., A.H.W. Beusen, P. Groenendijk, T. Kroon, R. Rötteren en H. van Zeijts, The integrated modeling system STONE for calculating nutrient emisisons from agriculture in the Netherlands, Environmental Modelling & Software, 18 (2003), pp. 597-617.

Bijlage A Overzicht van de rekensessie voor de EmissieRegistratie 2011

Overzicht van de hydrologische rekensessie voor EmissieRegistratie 2011

Gemeten weer			Klimaatreeks		
Rekenjaar	jaar	opmerking	Rekenjaar	jaren	opmerking
2001	2001		2001	1971-2000	
2002	2002		2002	1971-2000	
2003	2003		2003	1971-2000	
2004	2004		2004	1971-2000	
2005	2005		2005	1971-2000	
2006	2006	vanggewas	2006	1971-2000	vanggewas
2007	2007	vanggewas	2007	1971-2000	vanggewas
2008	2008	vanggewas	2008	1971-2000	vanggewas
2009	2009	vanggewas	2009	1971-2000	vanggewas
2010	2010	vanggewas	2010	1971-2000	vanggewas

Bijlage B Uit- en afspoeling van N en P (Mkg) per landgebruiksvorm

Tabel B1

Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor in Mkg per landgebruiksvorm voor de berekening met gemeten weergegevens.

Jaar	Landgebruik	N-totaal afspoeling in Mkg	N-totaal uitspoeling in Mkg	N-totaal afvoer in Mkg	P-totaal afspoeling in Mkg	P-totaal uitspoeling in Mkg	P-totaal afvoer in Mkg
1985	akkerbouw	0.248	21.010	21.258	0.015	1.647	1.663
1990	akkerbouw	0.050	16.453	16.503	0.001	1.148	1.149
1995	akkerbouw	0.080	24.250	24.330	0.003	1.529	1.532
2000	akkerbouw	0.062	34.641	34.702	0.003	2.018	2.021
2005	akkerbouw	0.069	22.709	22.778	0.014	1.403	1.416
2006	akkerbouw	0.111	22.510	22.621	0.005	1.360	1.365
2007	akkerbouw	0.099	36.928	37.027	0.004	2.151	2.155
2008	akkerbouw	0.069	23.769	23.838	0.004	1.658	1.662
2009	akkerbouw	0.134	16.420	16.554	0.007	1.169	1.177
2010	akkerbouw	0.116	24.065	24.181	0.008	1.617	1.625
1985	gras	1.397	26.928	28.325	0.243	1.909	2.151
1990	gras	0.237	25.678	25.914	0.020	1.604	1.624
1995	gras	0.426	35.727	36.153	0.029	1.838	1.867
2000	gras	0.195	37.763	37.958	0.016	2.267	2.283
2005	gras	0.288	17.897	18.184	0.027	1.497	1.524
2006	gras	0.479	15.972	16.452	0.028	1.446	1.473
2007	gras	0.362	31.979	32.340	0.036	2.151	2.187
2008	gras	0.138	21.779	21.917	0.016	1.825	1.841
2009	gras	0.163	13.598	13.762	0.022	1.264	1.286
2010	gras	0.399	21.001	21.400	0.043	1.659	1.703
1985	mais	0.063	8.419	8.482	0.003	0.308	0.311
1990	mais	0.007	11.696	11.704	0.001	0.349	0.350
1995	mais	0.024	14.226	14.250	0.002	0.499	0.501
2000	mais	0.008	9.455	9.462	0.000	0.411	0.412
2005	mais	0.007	4.141	4.147	0.001	0.232	0.233
2006	mais	0.020	3.439	3.458	0.003	0.195	0.198
2007	mais	0.007	8.609	8.616	0.001	0.449	0.451
2008	mais	0.002	4.214	4.216	0.000	0.264	0.265
2009	mais	0.022	2.523	2.545	0.004	0.180	0.184
2010	mais	0.014	4.356	4.370	0.002	0.250	0.253
1985	natuur	0.254	8.254	8.507	0.013	0.598	0.611
1990	natuur	0.013	4.983	4.996	0.001	0.461	0.462
1995	natuur	0.028	12.332	12.360	0.002	0.661	0.663
2000	natuur	0.014	9.508	9.522	0.001	0.751	0.752
2005	natuur	0.029	4.873	4.902	0.003	0.492	0.495
2006	natuur	0.030	4.522	4.551	0.002	0.476	0.479
2007	natuur	0.020	9.156	9.177	0.002	0.730	0.732
2008	natuur	0.017	7.011	7.028	0.002	0.624	0.626
2009	natuur	0.119	4.133	4.252	0.006	0.411	0.418
2010	natuur	0.035	6.247	6.282	0.004	0.572	0.576

Tabel B2

Uit- en afspoeling van stikstof en fosfor in Mkg per landgebruiksvorm voor de weereffecten gecorrigeerde berekeningen.

Jaar	Landgebruik	N-totaal afspoeling in Mkg	N-totaal uitspoeling in Mkg	N-totaal afvoer in Mkg	P-totaal afspoeling in Mkg	P-totaal uitspoeling in Mkg	P-totaal afvoer in Mkg
1985	akkerbouw	0.361	22.455	22.816	0.027	1.561	1.588
1990	akkerbouw	0.187	21.097	21.283	0.037	1.462	1.499
1995	akkerbouw	0.228	25.471	25.699	0.034	1.491	1.525
2000	akkerbouw	0.189	29.402	29.591	0.028	1.510	1.538
2005	akkerbouw	0.207	24.704	24.912	0.031	1.489	1.520
2006	akkerbouw	0.188	25.185	25.373	0.040	1.490	1.531
2007	akkerbouw	0.169	25.814	25.983	0.026	1.493	1.519
2008	akkerbouw	0.173	25.910	26.084	0.024	1.494	1.518
2009	akkerbouw	0.154	24.196	24.349	0.006	1.492	1.498
2010	akkerbouw	0.149	21.168	21.317	0.006	1.481	1.488
1985	gras	1.227	30.650	31.877	0.223	1.887	2.110
1990	gras	1.034	30.990	32.024	0.161	1.782	1.943
1995	gras	0.843	34.586	35.429	0.068	1.761	1.829
2000	gras	0.637	29.865	30.502	0.073	1.737	1.810
2005	gras	0.484	21.541	22.025	0.043	1.702	1.745
2006	gras	0.482	20.749	21.230	0.039	1.685	1.723
2007	gras	0.438	20.255	20.693	0.031	1.672	1.703
2008	gras	0.418	19.264	19.683	0.027	1.661	1.688
2009	gras	0.418	18.776	19.193	0.022	1.655	1.677
2010	gras	0.427	18.610	19.036	0.022	1.650	1.672
1985	mais	0.039	9.578	9.617	0.002	0.323	0.325
1990	mais	0.031	15.518	15.549	0.002	0.517	0.519
1995	mais	0.020	10.401	10.421	0.002	0.376	0.378
2000	mais	0.019	6.432	6.451	0.002	0.311	0.313
2005	mais	0.016	5.141	5.156	0.002	0.302	0.304
2006	mais	0.012	4.687	4.699	0.002	0.283	0.285
2007	mais	0.013	4.455	4.468	0.002	0.269	0.271
2008	mais	0.011	4.295	4.306	0.002	0.262	0.263
2009	mais	0.011	4.027	4.038	0.002	0.258	0.259
2010	mais	0.010	3.791	3.801	0.001	0.252	0.254
1985	natuur	0.125	8.443	8.567	0.007	0.549	0.555
1990	natuur	0.044	7.531	7.575	0.002	0.553	0.556
1995	natuur	0.041	7.443	7.484	0.002	0.555	0.557
2000	natuur	0.039	6.943	6.981	0.003	0.554	0.557
2005	natuur	0.035	6.559	6.594	0.003	0.553	0.556
2006	natuur	0.035	6.507	6.543	0.003	0.553	0.555
2007	natuur	0.035	6.466	6.501	0.003	0.553	0.555
2008	natuur	0.036	6.417	6.453	0.003	0.552	0.554
2009	natuur	0.035	6.397	6.432	0.003	0.552	0.555
2010	natuur	0.034	6.354	6.388	0.003	0.552	0.554

Bijlage C Disclaimer voor gebruik van resultaten in regionale studies

Disclaimer op te nemen op de ER-C website, liefst automatisch zichtbaar voorafgaand aan downloaden !!

Disclaimer
De data van de diffuse bronnen zijn berekend met het STONE-instrumentarium. Dit is een modelinstrument dat ontwikkeld en getoetst is voor ex-ante evaluaties voor de rijksoverheid. De schematisering van Nederland en de behorende data-input voor STONE zijn gericht op deze nationale toepassingen.

De betrouwbaarheid van de uitkomsten op het niveau van afwateringsheden is nog niet vastgesteld. De kans bestaat dat de uitkomsten van STONE in bepaalde gebieden (sterk) kunnen afwijken van de werkelijkheid. Een studie om de bruikbaarheid van STONE op dergelijke meer onderscheidende schaalniveaus te onderbouwen ontbreekt, wel wordt geprobeerd om in de Evaluatie Landbouw en KRW met de waterbeheerders hier stap voor stap meer inzicht in te krijgen.

Als u bevestigt dat u notie heeft genomen van deze opmerking over de toepassingsmogelijkheden van deze ER-C data kunt u deze downloaden.

Bijlage D Inhoud van de CD met resultaten van Stone2.4 voor ER2011

De hieronder genoemde bestanden staan op CD:

Bestandsnaam	Inhoud
Rapport Actualisatie Landelijke EmissieRegistratie 2011	Dit rapport met aandacht voor de verklaring van de verschillen met de berekeningen uit 2010 en beschrijving van de doorgevoerde verbeteringen in de berekeningsmethode.
Factsheet ER2011 uit en afspoeling Nutrienten landbouw.pdf	Factsheet met de uit- en afspoeling van nutriënten door landbouw- en natuurbodems waarin de modelberekeningen worden beschreven.
Factsheet_uitspoeling_ZM_ERC2011.pdf	Factsheet met de uitspoeling van zware metalen uit landbouw- en natuurbodems waarin de modelberekeningen worden beschreven.
Vrachten_NL_DataER2011.xlsx	Landelijke vrachten Nederland stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater berekend met gemeten weergegevens en weereffecten gecorrigeerd voor de ijkjaren 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 t/m 2010. Zie hoofdstuk 2.
Vrachten_Landgebruik_DataER2011.xlsx	Vrachten stikstof en fosfor per landgebruiksvorm naar het oppervlaktewater berekend met gemeten weergegevens en weereffecten gecorrigeerd voor de ijkjaren 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 t/m 2010. Zie bijlage E.
vrachten_AE_data_ER2011.xls	Vrachten per afwateringseenheid berekend met gemeten weergegevens en weereffecten gecorrigeerd voor de ijkjaren 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 t/m 2010: resultaten Stone2.4: vrachten in kg per afwateringseenheid: AE, AE_N_uit, AE_P_uit, AE_N_af, AE_P_af
Vrachten_AE.xlsx	Vrachten per afwateringseenheid berekend met gemeten weergegevens voor de ijkjaren 1990, 1995, 2000, 2005, 2008 t/m 2010: resultaten Stone2.4: vrachten in kg per afwateringseenheid: AE, AE_Cd, AE_Cu, AE_Ni, AE_Pb, AE_Zn
Uitspoeling landelijk.xlsx	Vrachten Nederland met werkelijke meteo en weereffecten gecorrigeerd voor de ijkjaren 1990, 1995, 2000, 2005, 2008 t/m 2010: landelijke uitspoeling in ton/jaar
Disclaimer STONE-ER-C versie5.doc	Zie bijlage C

Bijlage E Vergelijking met vorige versie van de EmissieRegistratie per landgebruiksvorm

In deze bijlage wordt een vergelijking gegeven van de rekenresultaten zoals die zijn berekend voor de EmissieRegistratie 2010 met STONE2.3 en EmissieRegistratie 2011 met STONE2.4 voor de vier landgebruiksvormen akkerbouw, grasland, snijmaïs en natuur.

De landelijke stijging van de stikstofbelasting voor de ijkjaren is gemiddeld 9% en voor fosfor is de stijging gemiddeld 27%.
In tabel E1 is per landgebruiksvorm de vracht naar het oppervlaktewater berekend voor ER2010 uitgezet tegen de vracht berekend met STONE2.4 voor ER2011.

Wanneer onderscheid wordt gemaakt naar landgebruiksvorm wordt duidelijk dat de stijging van stikstof voornamelijk wordt veroorzaakt door de stijging op akkerbouw. De gemiddelde stijging voor akkerbouw is voor de ijkjaren ruim 27%, zie tabel E1. Deze wordt veroorzaakt door de afname van de denitrificatiesnelheid en doordat er nu een netto aanvoer uit de ondergrond is, terwijl er in de vorige versie een netto afvoer naar de ondergrond plaats vond. Dit komt weer door de toename van de initiële kwelconcentraties. De netto afname van de bodemvoorraad is bijna identiek. Hierdoor neemt de stikstofbelasting toe met gemiddeld 8 kg/ha/jr.
Voor grasland is er gemiddeld over de ijkjaren geen stijging waar te nemen. De potentiele verhoging van de uitspoeling door een hogere gewasopname en een kleinere netto toename van de bodemvoorraad wordt volledig gecompenseerd door de potentiele verlaging van de uitspoeling door een lagere denitrificatiesnelheid en geen netto afvoer meer naar de ondergrond.
Voor maïsland is er een gemiddelde stijging van ruim 4% over de ijkjaren. Deze wordt voornamelijk veroorzaakt voor de periode tot 1997. In de nieuwe STONE is er voor grasland een lagere denitrificatie, een hogere stikstofdepositie, een lagere afvoer naar de ondergrond en een grotere netto afname van de bodemvoorraad waardoor de potentiele uitspoeling groter wordt. En vanaf 1997 wordt er een grotere gewasopname berekend door de update van de gewasopnameberekening in de QUADMOD-module. Deze hogere opname compenseert de verhoging van de uitspoeling, zodat de netto belasting vanaf 1997 gelijk blijft.
Voor natuur is er een gemiddelde daling over de ijkjaren van ruim 3%. Deze daling wordt voornamelijk veroorzaakt door het ijkjaar 1985. Door een combinatie van een hogere denitrificatiesnelheid en een kleinere netto afname van de bodemvoorraad en een lagere netto afvoer naar de ondergrond neemt de belasting naar het oppervlaktewater af. Vanaf 1986 is de stikstofdepositie met gemiddeld 5 kg/ha toegenomen. Deze toename zorgt ervoor dat de stikstofbelasting ongeveer gelijk blijft ten opzichte van de vorige versie.

Tabel E1

N-afvoer en P-afvoer (Mkg=10^6 kg) per landgebruiksvorm met de gemeten weergegevens voor de ijkjaren bij de vorige (ER2010) en de nieuwe (ER2011) berekeningen.

		N-totaal afvoer in Mkg			P-totaal afvoer in Mkg		
Jaar	Landgebruik	ER2010	ER2011	stijging	ER2010	ER2011	stijging
1985	akkerbouw	16.3	21.3	30.5%	1.15	1.66	45.0%
1990	akkerbouw	12.9	16.5	27.7%	0.87	1.15	31.8%
1995	akkerbouw	19.2	24.3	26.4%	1.12	1.53	36.8%
2000	akkerbouw	26.5	34.7	30.8%	1.41	2.02	43.3%
2005	akkerbouw	15.4	22.8	48.3%	1.08	1.42	31.7%
2006	akkerbouw	18.0	22.6	25.4%	1.02	1.36	33.5%
2007	akkerbouw	31.2	37.0	18.8%	1.59	2.16	35.6%
2008	akkerbouw	21.5	23.8	11.0%	1.25	1.66	32.5%
2009	akkerbouw		16.6			1.18	
2010	akkerbouw		24.2			1.62	
1985	gras	27.8	28.3	1.7%	1.50	2.15	43.9%
1990	gras	26.5	25.9	-2.2%	1.34	1.62	21.4%
1995	gras	39.2	36.2	-7.8%	1.78	1.87	5.1%
2000	gras	37.3	38.0	1.6%	2.00	2.28	14.0%
2005	gras	18.3	18.2	-0.4%	1.34	1.52	13.8%
2006	gras	15.7	16.5	4.7%	1.25	1.47	17.8%
2007	gras	31.5	32.3	2.6%	2.03	2.19	7.5%
2008	gras	21.7	21.9	1.0%	1.58	1.84	16.5%
2009	gras		13.8			1.29	
2010	gras		21.4			1.70	
1985	mais	7.9	8.5	6.8%	0.19	0.31	61.0%
1990	mais	10.0	11.7	17.0%	0.20	0.35	71.2%
1995	mais	11.5	14.2	23.7%	0.50	0.50	0.5%
2000	mais	9.5	9.5	-0.8%	0.40	0.41	3.9%
2005	mais	4.6	4.1	-9.6%	0.23	0.23	-0.8%
2006	mais	3.7	3.5	-5.6%	0.21	0.20	-4.4%
2007	mais	8.3	8.6	3.7%	0.51	0.45	-11.1%
2008	mais	4.2	4.2	1.3%	0.27	0.26	-1.2%
2009	mais		2.5			0.18	
2010	mais		4.4			0.25	
1985	natuur	11.2	8.5	-23.9%	0.41	0.61	49.2%
1990	natuur	5.2	5.0	-4.1%	0.34	0.46	37.4%
1995	natuur	13.2	12.4	-6.1%	0.39	0.66	69.9%
2000	natuur	9.6	9.5	-1.0%	0.45	0.75	66.2%
2005	natuur	4.9	4.9	-0.5%	0.37	0.50	33.8%
2006	natuur	4.4	4.6	2.6%	0.35	0.48	36.2%
2007	natuur	8.7	9.2	5.1%	0.46	0.73	58.3%
2008	natuur	6.9	7.0	2.3%	0.41	0.63	52.6%
2009	natuur		4.3			0.42	
2010	natuur		6.3			0.58	

Ook voor fosfor is de landelijke stijging van 27% vooral toe te schrijven aan de toename van akkerbouw. Voor akkerbouw geldt dat vooral de gewasopname lager is en beter overeenstemt met praktijkcijfers (Groenendijk et al., 2012b). De netto aanvoer uit de ondergrond is ook iets lager en de toename van de bodemvoorraad is in beide modelversies ongeveer gelijk. Het resultaat hiervan is dat de gemiddelde belasting van het oppervlaktewater voor de ijkjaren in STONE 2.4 ruim 36% hoger dan in STONE 2.3.

Grasland heeft in de nieuwe versie een hogere gewasopname, maar de netto toename van de bodemvoorraad is duidelijk lager en de netto aanvoer uit de ondergrond is ook lager. Dit resulteert in een iets hogere belasting van zo'n 17%.
Voor mais wordt in de jaren voor 1986 een lagere gewasopname van fosfaat berekend en in de jaren na 1996 een hogere gewasopname berekend. Dit wordt vooral veroorzaakt door de update van de module voor gewasopname waarin nu ook de P-opname wordt gesimuleerd aan de hand van de P-toestand van de bodem (De Ruijter en Conijn, 2010). Daarnaast is de netto toename van de bodemvoorraad in de latere jaren een stuk lager. Dit resulteert in de jaren voor 1995 tot een stijging van de fosfor belasting en daarna in een kleine daling van de belasting ten opzichte van de vorige versie.
Voor natuur is vooral de netto afname van de bodemvoorraad van fosfor de reden voor de toename waar in de vorige versie nog een lichte netto toename van de bodemvoorraad werd berekend. Daar staat tegenover dat er iets minder netto aanvoer uit de ondergrond wordt berekend. Dit resulteert in een iets hogere belasting.
Een belangrijke reden van de stijging van de fosforbelasting is de wijziging in de mestsamenstelling. In dierlijke mest is de verhouding tussen de organische fractie en de minerale fractie aangepast. Het oplosbare deel van de organische fractie spoelt beter uit dan het minerale deel.

In tabel E2 is per landgebruiksvorm de vracht naar het oppervlaktewater berekend voor ER2010 volgens de methode met het jaar 1985 uitgezet tegen de vracht berekend met STONE2.4 voor ER2011 met de weereffecten-gecorrigeerde methode.

Voor akkerbouw is volgens de weereffecten gecorrigeerde methode in de jaren 2006-2008 een toename te zien in de stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater. Maar dat is ook begrijpelijk omdat de stikstof- en fosforbemesting op akkerbouw in het jaar 2006 met respectievelijk bijna 9% en voor fosfor met ruim 14% toeneemt. In 2007 neemt de bemesting wel weer iets af, maar door een grotere afname van de netto bodemvoorraad en een afname van de gewasopname neemt ook in 2007 de belasting nog iets toe. In de methode met het jaar 1985 zijn deze procentuele toenamen van de belasting nog een stuk groter. Voor grasland is met de nieuwe methode een continue daling te zien van de stikstof- en fosforbelasting. De bemesting neemt in de jaren ook steeds af. Alleen in 2010 wordt meer mest gegeven dan in 2009. Dit resulteert in 2010 niet in een hogere belasting, doordat de afname van de netto bodemvoorraad in 2010 een stuk lager is dan in 2009. In de ER2010 was ondanks een continue daling van de mestgift niet een continue daling van de stikstof- en fosforbelasting. Ook voor snijmaïs is met de nieuwe methode voor de stikstof- en fosforbelasting een continue daling te zien, terwijl dit niet geval is met de oude methode. Voor natuur is voor de stikstofbelasting een continue daling te zien. Dat komt doordat de stikstofdepositie continue daalt. Voor fosfor is de belasting redelijk constant.

Tabel E2

N-afvoer en P-afvoer (Mkg=10^6 kg) per landgebruiksvorm berekend voor de ER2010 volgens de methode met jaar 1985 en voor de ER2011 met de weereffecten gecorrigeerde methode.

		N-totaal afvoer in Mkg			P-totaal afvoer in Mkg		
Jaar	Landgebruik	ER2010	ER2011	stijging	ER2010	ER2011	stijging
1985	akkerbouw	16.3	22.8	40.1%	1.15	1.59	38.5%
1990	akkerbouw	14.7	21.3	44.5%	1.08	1.50	38.6%
1995	akkerbouw	18.9	25.7	35.9%	1.18	1.52	29.3%
2000	akkerbouw	20.1	29.6	47.2%	1.18	1.54	30.5%
2005	akkerbouw	17.1	24.9	45.5%	1.17	1.52	30.5%
2006	akkerbouw	18.3	25.4	38.6%	1.16	1.53	31.6%
2007	akkerbouw	22.2	26.0	17.0%	1.15	1.52	31.9%
2008	akkerbouw	18.7	26.1	39.3%	1.15	1.52	32.2%
2009	akkerbouw		24.3			1.50	
2010	akkerbouw		21.3			1.49	
1985	gras	27.8	31.9	14.5%	1.50	2.11	41.1%
1990	gras	25.5	32.0	25.5%	1.52	1.94	28.1%
1995	gras	30.5	35.4	16.2%	1.73	1.83	5.9%
2000	gras	26.6	30.5	14.6%	1.64	1.81	10.2%
2005	gras	21.1	22.0	4.4%	1.59	1.75	9.5%
2006	gras	18.3	21.2	16.0%	1.51	1.72	14.3%
2007	gras	20.3	20.7	2.0%	1.47	1.70	15.6%
2008	gras	18.1	19.7	8.7%	1.51	1.69	11.9%
2009	gras		19.2			1.68	
2010	gras		19.0			1.67	
1985	mais	7.9	9.6	21.1%	0.19	0.32	68.1%
1990	mais	9.9	15.5	57.1%	0.24	0.52	119.2%
1995	mais	8.6	10.4	21.5%	0.31	0.38	20.8%
2000	mais	6.4	6.5	1.6%	0.28	0.31	10.4%
2005	mais	5.4	5.2	-3.7%	0.28	0.30	7.1%
2006	mais	4.4	4.7	7.3%	0.25	0.28	14.3%
2007	mais	4.6	4.5	-2.0%	0.24	0.27	10.5%
2008	mais	3.8	4.3	13.1%	0.26	0.26	2.0%
2009	mais		4.0			0.26	
2010	mais		3.8			0.25	
1985	natuur	11.2	8.6	-23.4%	0.41	0.56	35.7%
1990	natuur	5.8	7.6	30.9%	0.39	0.56	41.9%
1995	natuur	10.0	7.5	-25.1%	0.41	0.56	34.5%
2000	natuur	6.8	7.0	2.1%	0.41	0.56	37.2%
2005	natuur	5.7	6.6	15.3%	0.40	0.56	37.5%
2006	natuur	5.3	6.5	23.6%	0.40	0.56	37.8%
2007	natuur	5.6	6.5	16.0%	0.40	0.56	38.5%
2008	natuur	6.1	6.5	5.8%	0.40	0.55	37.6%
2009	natuur		6.4			0.55	
2010	natuur		6.4			0.55	

Bijlage F Zware metaalconcentraties in grondwater

Tabel F1

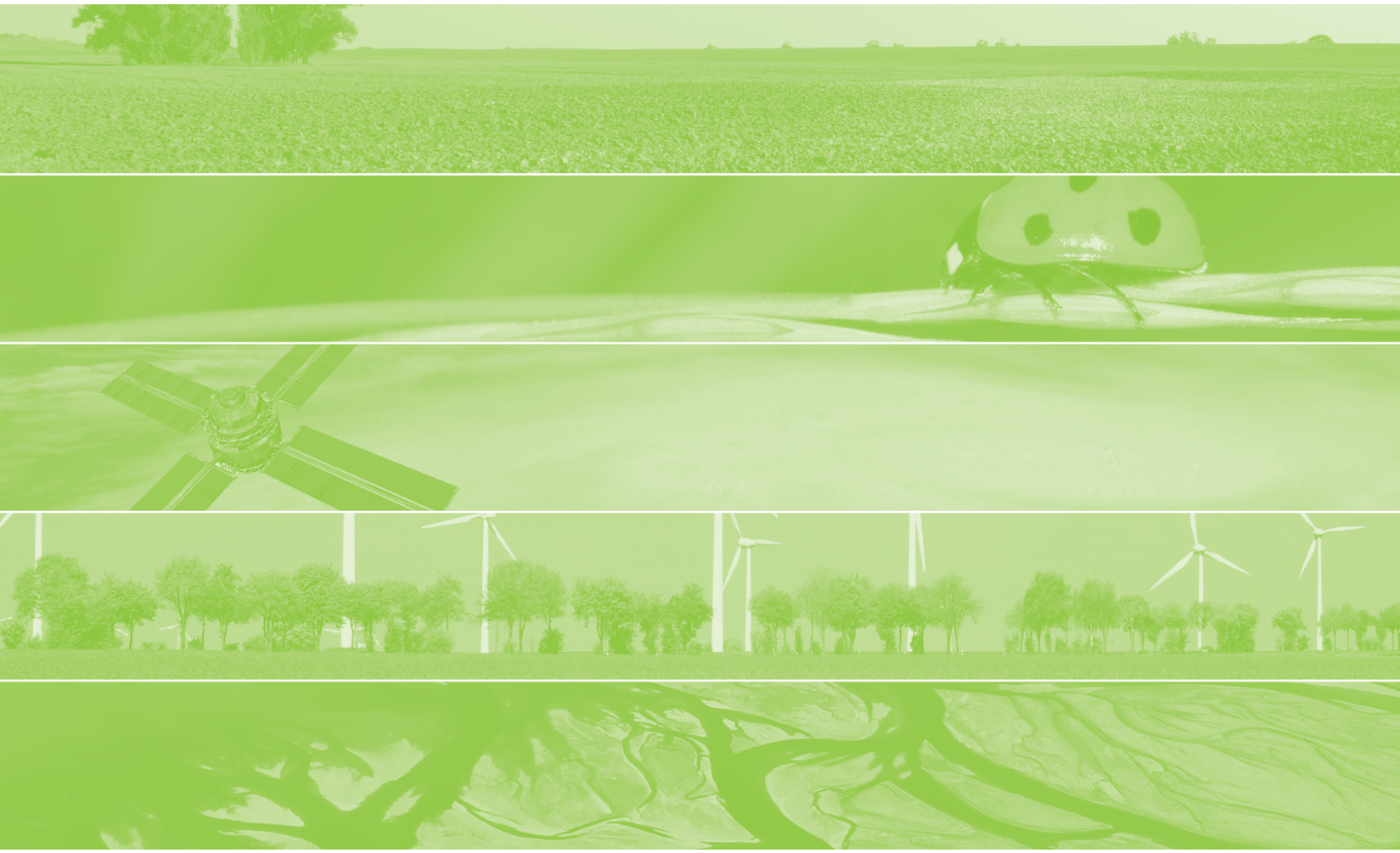
Concentraties van zware metalen in grondwater per geotopgebied (µg/l).

Geotopgebieden 1a+1d+4d2					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	15	15	15	15	15
Gemiddelde	0,009	0,419	1,319	0,060	4,819
P25	0,004	0,185	0,643	0,024	0,462
P50	0,005	0,346	1,182	0,055	0,782
P75	0,010	0,430	1,403	0,074	2,052
Geotopgebied 1b					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	25	25	25	25	25
Gemiddelde	0,006	0,272	1,084	0,128	2,605
P25	0,003	0,150	0,642	0,018	0,459
P50	0,003	0,175	0,871	0,056	0,717
P75	0,005	0,280	1,307	0,138	1,773
Geotopgebied 1c					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	17	17	17	17	17
Gemiddelde	0,005	0,646	1,369	0,088	0,847
P25	0,003	0,297	0,649	0,029	0,421
P50	0,005	0,379	0,969	0,058	0,654
P75	0,006	0,435	1,363	0,149	0,940
Geotopgebied 2a					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	72	72	72	64	72
Gemiddelde	0,017	0,743	1,591	0,187	5,147
P25	0,004	0,190	0,804	0,025	0,431
P50	0,006	0,345	1,189	0,045	1,093
P75	0,026	0,809	1,656	0,064	4,245
Geotopgebied 2b					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	61	62	62	50	62
Gemiddelde	0,101	2,474	6,965	0,264	12,285
P25	0,005	0,366	0,906	0,034	0,707
P50	0,010	0,597	1,867	0,057	3,463
P75	0,033	1,656	7,726	0,080	8,450
Geotopgebieden 2c+3c					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	21	21	21	15	21
Gemiddelde	0,014	0,661	1,270	0,074	3,032
P25	0,005	0,174	0,785	0,030	0,400
P50	0,009	0,430	1,100	0,059	0,915
P75	0,017	0,735	1,865	0,068	3,314

Geotopgebied 3a					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	45	45	45	45	45
Gemiddelde	0,228	2,033	7,605	0,431	18,962
P25	0,020	0,326	0,860	0,068	0,995
P50	0,085	0,813	3,499	0,162	7,163
P75	0,263	2,428	7,687	0,302	25,025
Geotopgebied 3b					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	32	32	32	32	31
Gemiddelde	0,272	1,509	4,505	0,237	25,122
P25	0,005	0,256	0,508	0,044	2,518
P50	0,016	0,354	1,097	0,065	4,363
P75	0,079	1,377	5,619	0,134	12,000
Geotopgebieden 4a1					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	20	20	20	20	20
Gemiddelde	1,049	12,56	49,85	2,619	127,36
P25	0,152	1,165	7,453	0,208	15,15
P50	0,380	6,110	28,32	1,060	56,11
P75	1,257	20,16	59,68	2,507	149,45
Geotopgebieden 4a2					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	13	13	13	13	13
Gemiddelde	0,142	0,462	3,975	0,205	8,843
P25	0,005	0,210	0,765	0,039	0,825
P50	0,013	0,319	1,844	0,072	2,660
P75	0,264	0,768	6,032	0,309	12,194
Geotopgebied 4b					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	43	44	43	44	43
Gemiddelde	0,637	1,779	13,197	0,200	157,689
P25	0,005	0,263	0,886	0,042	0,886
P50	0,023	0,468	1,639	0,077	3,782
P75	0,101	2,178	16,733	0,211	23,473
Geotopgebied 4c					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	14	14	14	14	14
Gemiddelde	0,867	5,079	83,53	1,004	120,65
P25	0,020	0,461	2,488	0,153	36,59
P50	0,536	3,003	29,61	0,396	76,68
P75	1,547	8,922	97,27	1,594	116,05
Geotopgebieden 4d1					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	33	33	33	33	33
Gemiddelde	0,281	1,792	24,844	0,400	52,576
P25	0,019	0,397	2,001	0,074	6,460
P50	0,042	0,770	5,738	0,129	26,420
P75	0,377	1,775	26,279	0,533	87,475

Geotopgebied 5a1					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	39	39	39	39	39
Gemiddelde	0,268	2,162	9,140	0,218	18,012
P25	0,005	0,287	1,179	0,059	0,765
P50	0,045	0,408	4,252	0,111	4,157
P75	0,218	1,612	12,396	0,253	36,105
Geotopgebieden 5a2+5b2					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	14	14	14	14	14
Gemiddelde	0,035	0,516	0,850	0,140	7,186
P25	0,004	0,088	0,275	0,055	0,677
P50	0,021	0,153	0,633	0,131	9,150
P75	0,070	0,286	1,270	0,180	12,750
Geotopgebied 5b1					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	11	11	11	11	10
Gemiddelde	0,025	1,933	2,590	0,219	1,315
P25	0,004	0,279	0,313	0,027	0,560
P50	0,004	0,317	0,452	0,050	0,961
P75	0,050	0,369	0,600	0,093	1,104
Geotopgebieden 5c1+5c3					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	13	13	13	13	12
Gemiddelde	0,074	2,720	3,528	0,173	5,749
P25	0,004	0,255	0,591	0,066	0,677
P50	0,007	0,292	2,717	0,108	1,589
P75	0,058	0,695	4,940	0,173	9,827
Geotopgebied 5c2					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	12	11	12	10	11
Gemiddelde	0,023	0,739	1,299	0,153	3,890
P25	0,004	0,100	0,343	0,055	0,576
P50	0,007	0,150	0,728	0,123	0,634
P75	0,022	0,582	2,047	0,152	6,485
Geotopgebied 6a					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	30	31	31	14	31
Gemiddelde	0,074	2,387	7,246	0,106	21,189
P25	0,005	0,352	1,140	0,024	1,534
P50	0,008	0,700	2,180	0,033	3,730
P75	0,062	4,000	6,910	0,068	15,330
Geotopgebied 6b					
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	19	19	19	12	19
Gemiddelde	0,073	1,849	3,861	0,065	6,755
P25	0,004	0,370	0,903	0,022	0,495
P50	0,010	0,700	1,980	0,034	1,240
P75	0,087	1,392	5,191	0,075	15,500

Geotopgebieden 7a+7b	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aantal	6	6	6	6	6
Gemiddelde	0,101	0,482	2,388	0,102	14,159
P25	0,043	0,323	1,719	0,054	1,766
P50	0,060	0,505	2,076	0,087	7,011
P75	0,174	0,662	3,040	0,148	31,093



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 hèt 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.alterra.wur.nl