

**Emissieschattingen Diffuse bronnen
EmissieRegistratie**

**Uit- en afspoeling
nutriënten
van landbouw- en
natuurgronden**

Versie juni 2020

In opdracht van RIJKSWATERSTAAT - WVL
Uitgevoerd door WENR

Uit- en afspoeling N en P van landbouw- en natuurgronden

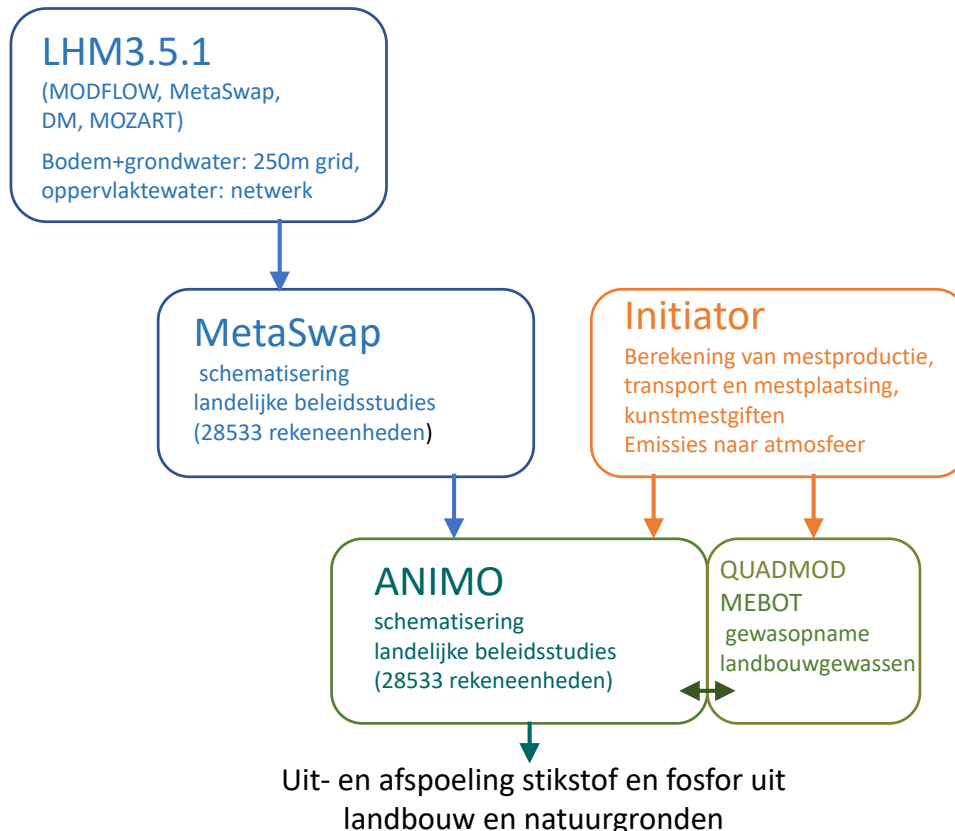
1 Omschrijving emissiebron

Deze factsheet beschrijft de methodiek voor de berekening van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden voor de EmissieRegistratie. Natuurgronden worden in de EmissieRegistratie (nog) niet als afzonderlijke bron onderscheiden. Daarom wordt de som van de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden toegekend aan de doelgroep Landbouw. Voor deze doelgroep zijn ook de bronnen “erfafspoeling” en “meemesten sloten” van belang. Deze bronnen worden afzonderlijk geschat omdat deze bronnen (nog) niet berekend worden in het modelinstrumentarium voor uit- en afspoeling. De methodiek voor de schatting van deze bronnen is beschreven in de factsheets “Erfafspoeling” en “Meemesten sloten”.

2 Toelichting berekeningswijze

De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden in de EmissieRegistratie zijn gebaseerd op berekeningen met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM, van der Bolt et al., 2020). Het LWKM is een Nederland dekkend model waarmee effecten van het waterkwaliteitsbeleid, het mestbeleid en klimaatverandering op de waterkwaliteit kunnen worden gesimuleerd. De eerste toepassingen van het nieuwe model zijn uitgevoerd in 2019 voor de EmissieRegistratie en voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al, 2020). In feite bestaat het LWKM uit een aantal modellen waaruit gegevens worden gebruikt bij de berekening en van de uit- en afspoeling. Het schema van deze modellen is weergegeven in Figuur 1. De verschillende modellen worden hieronder kort beschreven.

- Deze eerste versie van het LWKM gebruikt de resultaten van Landelijk Hydrologisch Model (LHM) 3.5.1 (Pouwels et al., 2018)) als *hydrologische* invoergegevens.
- De *mestverdeling* wordt vanaf het jaar 2001 berekend met Initiator-5 (Kros et al. 2019), voor 1990, 1995 en 2000 zijn de mestgiftigen uit STONE gebruikt.



Figuur 1. Schema van modellen voor de berekening van de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden

- Voor de landelijke toepassing van het LWKM model is een schematisering opgezet in MetaSwap waarin LHM-resultaten worden geaggregeerd naar een schematisering van 28.533 rekeneenheden die is afgeleid op basis van ligging in een landbouw-deelgebied (CBS-gemeente of een clusters van gemeenten), landgebruik, bodemtype en hydrologische kenmerken zoals grondwaterstand en kwelflux. Voor deze schematisering wordt de hydrologie herberekend in een procedure waarin de ruimtelijk geaggregeerde waterbalanstermen als randvoorwaarden worden opgelegd. Ook de met Initiator berekende mestverdelingen worden geaggregeerd naar deze rekeneenheden.
- Voor de uit- en afspoeling van N-totaal en P-totaal naar oppervlaktewater zoals in de EmissieRegistratie wordt gepubliceerd, is van het LWKM alleen de ANIMO-modelcode relevant. Het ANIMO-model (Groenendijk et al., 2005, Renaud et al., 2006) hanteert binnen het LWKM de gewasverdeling in grasland, mais, akkerbouw en natuur. De binnen ANIMO onderscheiden 22 verschillende soorten akker- en tuinbouwgewassen zijn, omdat een dergelijk onderscheid in het hydrologische model niet te maken is, samengevoegd tot een cluster akker- en tuinbouwgewassen waarvoor één uitspoelberekening met ANIMO wordt uitgevoerd.
- ANIMO is gekoppeld aan de rekenmodulen QUADMOT en MEBOT van Wageningen Plant Research waarmee de *gewasopname van stikstof* en fosfor en de *vorming van gewasresten* wordt berekend op basis van de droge stofproductie.

3 Emissies

De door LWKM berekende emissies voor uit- en afspoeling in ton/jaar voor N-totaal en P-totaal staan weergegeven in tabel 1. Het gaat hierom de werkelijke weercijfers.

Tabel 1: Uit- en afspoeling voor de peiljaren in ton/jaar, berekend met gemeten weergegevens en landbouwgegevens van de betreffende jaren.

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
afspoeling P	71	42	35	28	38	28	26	28	18
uitspoeling P	3055	4319	4960	3253	3963	4788	3902	4257	3031
afspoeling N	327	264	344	174	250	174	207	187	275
uitspoeling N	57356	76568	86411	44334	50366	54465	43656	46391	33600

4 Verdeling compartimenten

De berekende emissies zijn de emissies naar het oppervlaktewater vanuit landbouw- en natuurgronden. De emissies gaan voor 100% direct naar het oppervlaktewater.

5 Emissieroutes via riool naar water

Emissies naar water vinden voor 100% plaats door middel van directe emissies op oppervlaktewater.

6 Regionalisatie

Voor de ER2020 zijn net als in 2019 de ANIMO-resultaten per decade per rekeneenheid ruimtelijk geaggregeerd naar de eenheden van de 'waterlichaamgebieden 2019'. Dat is gedetailleerder dan het detailniveau waarop volgens bovenstaande recente inzichten de resultaten toepasbaar zijn. Vervolgens zijn deze resultaten gedesaggregeerd naar GAF90-eenheden van de Emissie Registratie en zijn per GAF-eenheid vrachten berekend door de N- en P-fluxen in $\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ te vermenigvuldigen met de arealen landbouw- en natuurgronden. Een bestand met de oppervlakten landbouw, natuur, bebouwd gebied en open water per GAF90-eenheid is afzonderlijk beschikbaar.

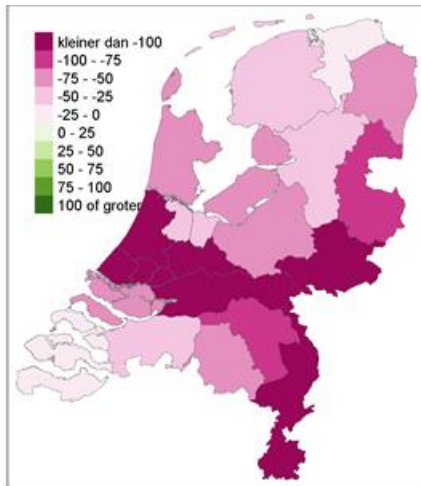
7 Opmerkingen en wijzigingen ten opzichte van vorig jaren

Na publicatie van de eerste resultaten van het nieuwe model door de EmissieRegistratie 2019 werd geconstateerd dat de landelijk totale stikstof en fosforvrachten door uit- en afspoeling gemiddeld 17% lager waren dan voorheen met het STONE-model was berekend. Nadere analyses wezen uit dat:

- a) Het oppervlak aan landbouw- en natuurgrond in deze berekeningen 11% kleiner is dan het oppervlak in de LGN7-kaart en ook 11% kleiner was dan het oppervlak in het STONE-model

- b) De waterafvoeren berekend in het LHM3.5.1 niet voor alle gebieden realistisch worden gesimuleerd en lager zijn dan in het STONE-model. Ook door het afkappen van extreme waarden voor de waterfluxen in LHM3.5.1 bij de afleiding van randvoorwaarden voor de landelijke schematisering van 28.533 rekeneenheden zijn afwijkingen ontstaan.

De verschillen in de netto jaarlijkse afvoer zijn het grootst in het oostelijk deel van Nederland, het rivierengebied en de waterschappen in het midden-westelijk deel van Nederland (Figuur 2). De netto jaarlijkse afvoer is berekend als de afvoer uit de bodem verminderd met de aanvoer voor infiltratie vanuit oppervlaktewater naar grondwater,

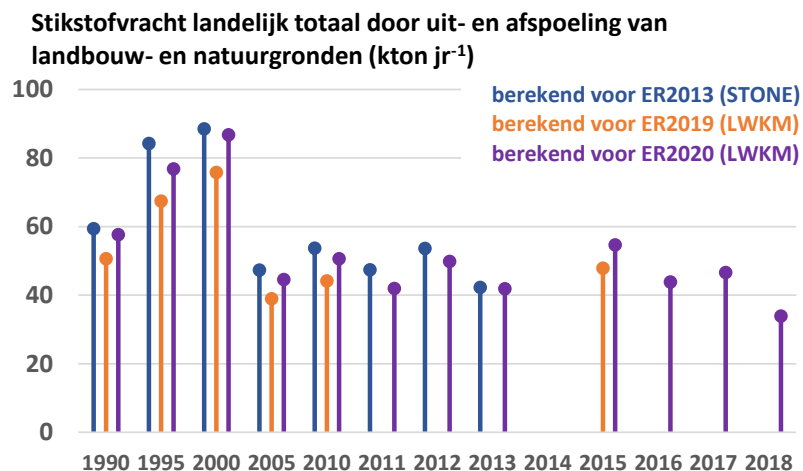


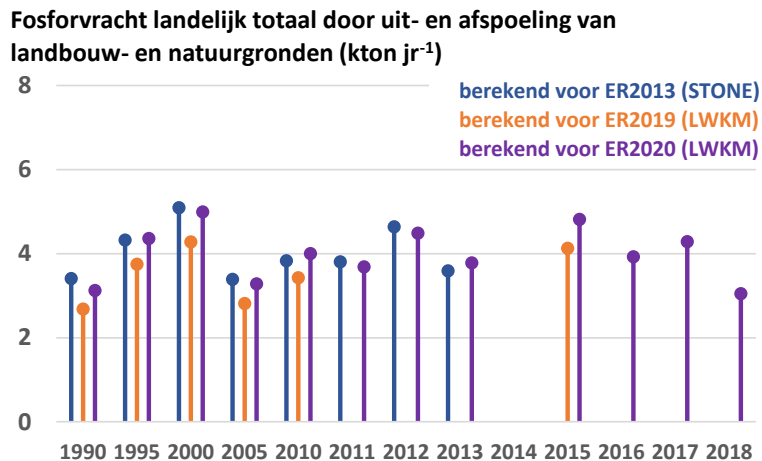
Figuur 2. Verschil tussen de langjarig gemiddelde waterafvoer (mm jr^{-1}) berekend met de landelijke schematisering van MetaSwap als gemiddelde voor waterschappen (op basis van LHM3.5.1) en de langjarig gemiddelde waterafvoer (mm jr^{-1}) berekend door het STONE-model.

Voor de EmissieRegistratie 2020 zijn de volgende actualisaties en verbeteringen doorgevoerd:

- De emissies voor 2016, 2017 en 2018 zijn toegevoegd.
- De emissies voor eerdere peiljaren zijn opnieuw berekend.
- De geaggregeerde hydrologie op basis van LHM3.5.1 zoals toegepast voor de Nationale Analyse is gebruikt. In deze versie zijn kleine verbeteringen gerealiseerd ten opzichte van de voor de ER2019 gebruikte geaggregeerde hydrologie. Deze verbeteringen hebben betrekking op de kalibratieprocedure van MetaSwap om de waterbalansen zo nauwkeurig mogelijk op de informatie van het LHM te laten aansluiten. De geconstateerde problemen ten aanzien van de resultaten van het LHM3.5.1 zijn daarmee niet opgelost.
- De arealen landbouw- en natuurgrond zijn in overeenstemming gebracht met LGN7 (Hazeu et al., 2014).
- De vrachten per GAF-eenheid zijn direct berekend. Dit is gedaan door vrachten per GAF90-eenheid in kilogram per hectare af te leiden uit de LWKM-resultaten en deze te vermenigvuldigen met het aantal hectares landbouw- en natuurgrond in een GAF-eenheid.

De vrachten stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden zijn weergegeven in Figuur 3. In deze figuur zijn tevens de resultaten van berekeningen van voorgaande jaargangen weergegeven.



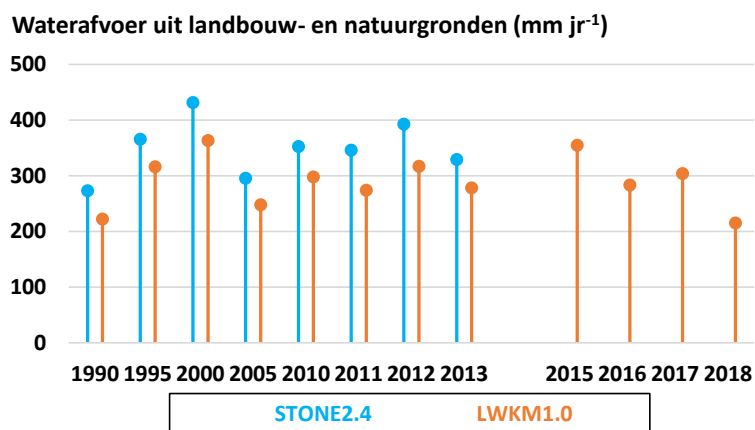


Figuur 3. Stikstofvrucht en fosforvrucht uit landbouw- en natuurgronden (kton jr⁻¹) berekend voor verschillende jaargangen van de EmissieRegistratie. ER2013 was gebaseerd op mestgiften berekend door MAMBO en uit- en afspoeling berekend door STONE2.4. In ER2019 werd het areaal met 11% onderschat.

De nieuwe resultaten waarin de vrachten zijn berekend op basis van het volledige areaal landbouw- en natuurgrond vertoont voor de zichtjaren tot en met 2013 een veel grotere gelijkheid met de STONE-resultaten van ER2013 dan de resultaten voor ER2019. Opgemerkt wordt dat de laatste toepassing van STONE voor de EmissieRegistratie dateert van 2013 en dat tussen 2013 en 2019 de getallen voor uit- en afspoeling van het jaar 2013 zijn gekopieerd. Een vergelijking met STONE-resultaten na 2013 is daarom niet zinvol.

Behalve de arealen zijn ook andere factoren van invloed. Voor de uiteindelijke uitspoeling naar het oppervlaktewater zijn zowel de grondwaterstand, waterafvoer als het concentratieprofiel van stikstof- en fosforcomponenten van belang. Bij diepe grondwaterstanden is de uitspoeling van nitraat naar grondwater relatief hoog. Een deel van het nitraat in het grondwater komt uiteindelijk ook in het oppervlaktewater terecht. Bij diepe grondwaterstanden is ook de waterafvoer uit ondiepe fosfaatrijke bodemlagen relatief klein. Vanwege deze complexe samenhang tussen grondwaterstand, waterafvoer en concentraties op verschillende dieptes is niet a priori een uitspraak te doen over het effect van de droge omstandigheden zoals deze is geconstateerd voor LHM3.5.1 (Van der Bolt et al, 2020). Figuur 4 geeft de landelijk gemiddeld waterafvoer in een aantal zichtjaren zoals berekend met STONE2.4 voor ER2013 en berekend met LWKM voor ER2020.

Het patroon van de stikstof- en fosforvrachten in de periode 2015 tot en met 2018 is te herkennen aan het patroon van de waterafvoeren. Omdat het patroon van de vrachten sterk bepaald wordt door de waterafvoeren, zijn schattingen op basis van voorgaande jaren, zonder rekening te houden met de waterafvoer in het betreffende jaar, voor de praktijk van weinig nut.



Figuur 4. Waterafvoer uit landbouw en natuurgronden (mm jr⁻¹) berekend voor een aantal zichtjaren met STONE2.4 voor ER2013 en met LWKM voor ER2020.

In eerdere jaren werd gebruik gemaakt van het STONE-model. Het STONE-model is voor het laatst gedraaid in 2015 voor emissiejaar 2013 (Renaud et al, 2015). De uit- en afspoeling voor het jaar 2013 is tot en met ER1990-2016 doorgekopieerd.

7 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

De plausibiliteit en de toepasbaarheid van de resultaten van het LWKM zijn respectievelijk beschreven in Van der Bolt et al. (2020) en Groenendijk et al. (2020). Gegeven de beperkingen van de beschikbare invoerdata is geconcludeerd dat resultaten van LHM3.5.1 en de huidige versie van het LWKM toepasbaar zijn voor grotere gebieden: deelstroomgebieden en de meeste waterschappen. Vergelijken van resultaten van rekenvarianten kan op het niveau van de door PBL met de waterschappen voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit gedefinieerde 'waterlichaamgebieden 2019' (Van Gaalen et al, 2020). Daarbij moet voor sommige van deze gebieden rekening worden gehouden met grote afwijkingen ten opzichte van metingen.

Voor de EmissieRegistratie 2020 zijn de vrachten tot en met 2018 berekend. Kopiëren van de resultaten voor 2018 naar volgende jaren wordt ontraden vanwege de voor de vrachten in de figuren 3 en 4 zichtbare afhankelijkheid van (met name) de waterafvoeren.

Gegeven de vastgestelde toepasbaarheid van de resultaten van de eerste versie van het LWKM moeten gebruikers van de ER zich goed bewust zijn van de betrouwbaarheid van de berekende vrachten. Lees voor gebruik van deze data zorgvuldig de volgende disclaimer.

Disclaimer

De disclaimer heeft betrekking op emissies naar oppervlaktewater door uit- en afspoeling van stikstof en fosfor via landbouw- en natuurgronden. Deze emissies horen bij het compartiment 'Belasting oppervlaktewater'. De disclaimer geldt voor alle binnen de EmissieRegistratie beschikbare jaren: 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2016, 2017 en 2018. Het gaat daarbij om de emissieoorzaken 'uitspoeling nutriënten landelijk gebied' en 'afspoeling nutriënten landelijk gebied'. Deze vallen binnen de doelgroep landbouw en de subdoelgroep uit- en afspoeling landelijk gebied.

De emissies van nutriënten door uit- en afspoeling van landbouw- en natuurgronden zijn in 2020 berekend met het Landelijke WaterKwaliteitsModel (LWKM). Dit is een toepassing van een modelinstrumentarium (het Nationaal Watermodel) dat in opdracht van de Rijksoverheid door een samenwerking van diverse instituten wordt ontwikkeld voor gebruik in o.a. landelijke beleidsverkenningen en de EmissieRegistratie (ER).

Ten behoeve van het gebruik in de Nationale analyse waterkwaliteit is een plausibiliteitstoets uitgevoerd (opgenomen in 'Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel – Tussenrapportage') en worden nog aanvullende analyses uitgevoerd. Daarbij is onder andere geconstateerd dat de hydrologische invoergegevens verbetering behoeven en dat meer metingen van nutriëntengehalten in het bovenste grondwater nodig zijn. Dit betekent dat de uitkomsten van het LWKM op nationaal niveau plausibel zijn.

De betrouwbaarheid van de uitkomsten op het niveau van afwateringseenheden is op dit moment nog onvoldoende bekend. In regionale pilots is in opdracht van STOWA met de waterbeheerders verkend of het landelijke instrumentarium van toegevoegde waarde kan zijn in regionale analyses. Geconstateerd is dat het instrumentarium extra inzicht biedt en een nuttige aanvulling vormt op de beschikbare instrumenten en kennis van de regionale waterbeheerders, maar dat het landelijke model voor gedetailleerde regionale toepassingen moet worden verbeterd, onder andere door mét de waterbeheerders de hydrologische schematisering en de inputgegevens op orde te brengen. Een vervolgtraject daartoe wordt door STOWA voorbereid.

Wij vertrouwen erop dat u notie heeft genomen van deze opmerking over de toepassingsmogelijkheden van deze data.

9 Reacties

Voor vragen naar aanleiding van dit document kan contact worden opgenomen met Leo Renaud (leo.renaud@wur.nl) of Piet Groenendijk (piet.groenendijk@wur.nl).

10 Referenties

Bolt, F.J.E. van der, T. Kroon, P. Groenendijk, L.V. Renaud, J. van den Roovaart, G.M.C.M. Janssen, S. Loos, P. Cleij, A. van der Linden, en A. Marsman, 2020. Het landelijk waterkwaliteitsmodel; Uitbreiding van het Nationaal Water Model met waterkwaliteit ten behoeve van berekeningen van nutriënten. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3005. ISSN 1566-7197

Galen, F. van, L. Osté & E. van Boekel (2020), Nationale analyse waterkwaliteit. Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-nationale-analyse-waterkwaliteit-4002_0.pdf

Groenendijk, P., L. Renaud, E. van Boekel, F. van der Bolt, S. oos, J. van den Roovaart, A. Marsman, T. Kroon, A. van der Linden (2020) Toepassingsbereik modelberekeningen voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit. Samenvatting; Wageningen Environmental Research, Deltares, MEMO aan PBL.

Groenendijk, P., L. Renaud, Roelsma, J. Prediction of nitrogen and phosphorus leaching to groundwater and surface waters; process descriptions of the animo4.0 model, Alterra, Alterra Report 983. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/340937>

Hazeu, G.W., C. Schuiling, G.J. van Dorland, G.J. Roerink, H.S.D. Naeff, H.S.D, R.A. Smidt (2014) Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 7 (LGN7): vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik. Wageningen, Alterra, Wageningen-UR, Alterra-rapport 2548.

Kros, H., van Os, J., Voogd, J. C., Groenendijk, P., van Bruggen, C., te Molder, R., & Ros, G. (2019). Ruimtelijke allocatie van mesttoediening en ammoniakemissie: beschrijving mestverdelingsmodule INITIATOR versie 5. (Wageningen Environmental Research rapport; No. 2939). Wageningen: Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/474513>

Pouwels, J.R., L.M.T. Bos-Burgering, G. Janssen, J.C. Hunink, A.A. Veldhuizen, F.J.E. van der Bolt, en T. Kroon (2018). Veranderingsrapportage LHM3.5.0; ontwikkelingen ten behoeve van de waterkwaliteit. Deltares rapport 11202224-004-BGS.

Renaud, L.V., Roelsma, J. and Groenendijk P., 2006. User's guide of the ANIMO 4.0 nutrient leaching model. Wageningen, Alterra, Alterra Report 224.

Renaud, L.V., Bonten, L.T.C., Groenendijk, P., Groenenberg, B.J., 2015. Berekening van uit- en afspoeling van nutriënten- en zware metalen ten behoeve van de EmissieRegistratie 2013. Alterra-rapport 2638.