

**Emissieschattingen Diffuse bronnen
Emissieregistratie**

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

Versie juni 2022

In opdracht van RIJKSWATERSTAAT - WVL
Uitgevoerd door WENR

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

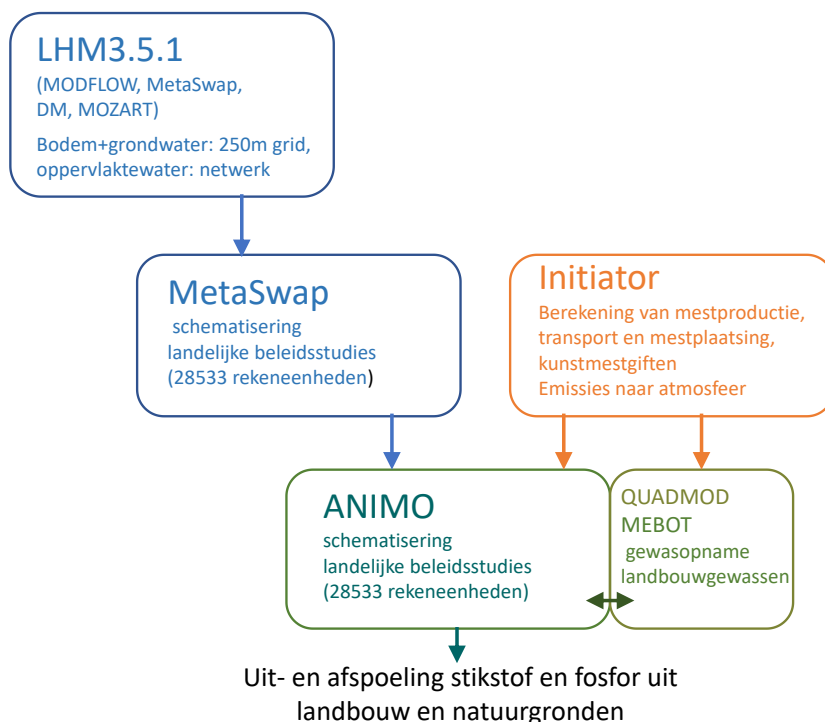
1 Omschrijving emissiebron

Deze factsheet beschrijft de methodiek voor de berekening van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden voor de Emissieregistratie. Landbouw- en natuurgronden zijn vanaf 2021 in de Emissieregistratie als afzonderlijke bron onderscheiden. De uit- en afspoeling uit landbouwgronden valt onder de doelgroep landbouw, uit- en afspoeling natuurgronden onder doelgroep Natuur. Voor de doelgroep landbouw 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, 2022). 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 (LWKM1.0) waren in 2019 voor de Emissieregistratie en voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen et al, 2020). Voor de berekeningen in 2020 is gebruik gemaakt van LWKM 1.1, voor berekeningen in 2021 en 2022 is gebruik gemaakt van LWKM 1.2 (van der Bolt et al., 2022).

De huidige versies van het LWKM gebruiken hydrologische invoergegevens uit LHM3.5.1 (Pouwels et al., 2018). De mestverdeling wordt vanaf 2001 berekend met Initiator-5 (Kros et al. 2019). Voor de eerdere jaren 1990, 1995 en 2000 zijn de mestgiften van STONE gebruikt. Voor de uit- en afspoeling van N en P naar oppervlaktewater zoals in de Emissieregistratie wordt gepubliceerd, is van het LWKM alleen de ANIMO-modelcode relevant. Het schema van de modellen waaruit gegevens gebruikt worden bij de berekening en van de uit- en afspoeling is weergegeven in Figuur 1.



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

Voor de landelijke toepassingen is een schematisering opgezet waarin LHM-resultaten worden geaggregeerd en vertaald naar een schematisering van 28.533 rekeneenheden die is afgeleid op basis van ligging in een landbouw-deelgebied (CBS-gemeente of 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.

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.

Voor de cijfers in Emissieregistratie zijn de afgelopen jaren een aantal actualisaties en verbeteringen doorgevoerd (zie paragraaf 7). Gedetailleerdere informatie over het Landelijk Waterkwaliteitsmodel en de verbeteringen die zijn doorgevoerd zijn terug te vinden in de LWKM-rapportages (van der Bolt et al., 2020 en 2022). De belangrijkste wijziging t.o.v. van eerdere leveringen aan de Emissieregistratie is de uitsplitsing van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden (sinds 2021).

3 Emissies

De door LWKM berekende emissies staan samengevat in tabel 1, waarin de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden afzonderlijk zijn weergegeven.

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	2019	2020
	Landbouwgronden										
afspoeling P	44	17	19	21	24	16	13	16	9	8	14
uitspoeling P	2572	3643	4182	2730	3336	4039	3260	3612	2527	2992	3515
afspoeling N	205	111	189	75	142	58	105	75	163	87	129
uitspoeling N	53726	70875	79302	34330	41143	46912	37723	40754	28537	36509	42498
	Natuurgronden										
afspoeling P	3	5	5	5	6	7	5	6	4	4	6
uitspoeling P	528	715	830	579	688	805	687	707	545	633	706
afspoeling N	38	69	53	52	58	55	43	54	36	36	46
uitspoeling N	7383	11178	11477	7679	9281	10627	8977	8154	6727	7493	8923

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 ER2022 zijn de ANIMO-resultaten voor de landbouwgronden per decade per rekeneenheid ruimtelijk geaggregeerd naar de eenheden van de 635 waterlichaamgebieden. Dat is gedetailleerder dan het detailniveau waarop volgens de meest recente inzichten de resultaten toepasbaar zijn. Vervolgens zijn deze resultaten gedesaggregeerd naar GAF90-eenheden van de Emissieregistratie 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 landbouwgronden. Voor de natuurgronden is een grovere indeling in deelgebieden gebruikt (166 deelgebieden) en heeft een vergelijkbare frequentieverdeling als de voor de landbouw gebruikte indeling in 635 waterlichaamgebieden. Een bestand met de oppervlakten landbouw, natuur, bebouwd gebied en open water per GAF90-eenheid is afzonderlijk beschikbaar.

Om zo goed mogelijk rekening te houden met in de tijd veranderend landgebruik wordt door de Emissieregistratie nog een vervolgstap toegepast voor de regionalisatie. Voor de berekeningen binnen het LWKM is uitgegaan van landgebruik uit LGN7, waarbij de basisinformatie afkomstig is uit 2011 en 2012. Voor eerdere of latere jaren (zeker als de afstand in de tijd groter wordt) kan het landgebruik op regionaal niveau duidelijk anders zijn. Om hiermee zo goed mogelijk rekening te houden zijn binnen de Emissieregistratie de LWKM emissies per GAF90-eenheid toegekend aan landbouw- en natuurbodems uit opeenvolgende LGN versies:

- Emissiejaren 1990,1995,2000 – LGN4 (gebaseerd op landgebruiksgegevens uit 1999 en 2000)
- Emissiejaar 2005 – LGN5 (gebaseerd op landgebruiksgegevens uit 2003 en 2004)
- Emissiejaren 2010,2015 – LGN7 (gebaseerd op landgebruiksgegevens uit 2011 en 2012)
- Emissiejaren 2018,2019 – LGN2018 (gebaseerd op landgebruiksgegevens uit 2018)

Dit gebeurt op een detailniveau van 500x500 meter, waarna de emissies opnieuw naar GAF90 eenheden worden opgeteld. Dit is ook het meest gedetailleerde niveau waarop de emissies vanuit de Emissieregistratie worden gepresenteerd. Tegenover het voordeel dat er beter rekening wordt gehouden met veranderend landgebruik in de loop van de tijd staat wel dat de resultaten uit de Emissieregistratie op regionaal niveau in de meeste gevallen zullen afwijken van de directe resultaten uit het LWKM, die immers gebaseerd zijn op het landgebruik uit de LGN7. Deze afwijkingen zullen op GAF90 niveau het grootst zijn, en afnemen met geringer detailniveau (waterkwaliteitsbeheerder, deelstroomgebied). Op nationaal niveau zijn de uitkomsten uit LWKM en Emissieregistratie gelijk aan elkaar.

7 Opmerkingen/wijzigingen ten opzichte van voorgaande jaren

Voor het berekenen van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden voor de Emissieregistratie is t/m 2013 gebruik gemaakt van het STONE-model en vanaf 2019 het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM).

Na publicatie van de eerste resultaten van het nieuwe model voor de Emissieregistratie 2019 (LWKM1.0) zijn er zowel in 2020 (LWKM1.1) als in 2021 (LWKM1.2) een aantal actualisaties en verbeteringen doorgevoerd. Voor een gedetailleerd overzicht van de verbeteringen en aanpassingen die zijn doorgevoerd wordt verwezen naar van der Bolt et al., 2020 en 2022. De belangrijkste aanpassingen zijn:

Aanpassingen LWKM1.1 (ER1990-2018)

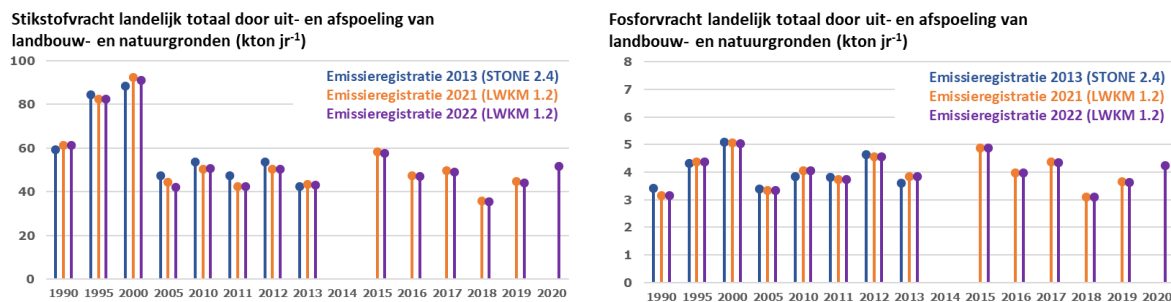
- Verbeteringen van de kalibratieprocedure van MetaSwap om de waterbalansen zo nauwkeurig mogelijk op de informatie van het LHM3.5.1 te laten aansluiten.
- De arealen landbouw- en natuurgrond zijn in overeenstemming gebracht met LGN7 (Hazeu et al., 2014).

- 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.

Aanpassingen LWKM1.2 (ER1990-2019)

- Corrigeren van weinig realistische en/of hydrologisch extreme resultaten uit LHM4.5.1 (b.v. te hoge grondwaterstanden waarbij in de praktijk geen landbouw mogelijk is).
- In de LWKM-schematisering van LWKM 1.2 zijn een aantal rekenresultaten met landbouw- of natuurgrond uitgesloten in verband met de aanwezigheid van hoofdwaterlopen. Om de waterbalans meer in overeenstemming te brengen met het LHM is in LWKM 1.2 hiervoor gecorrigeerd.
- Aanpassingen in de gewasparameters in de modules QUADMOD (Ten Berge et al, 2000) en MEBOT (Schreuder et al., 2008) van Plant Research.
- Uitsplitsing van de uit- en afspoeling uit landbouw- en natuurgronden.

De vrachten stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden zijn weergegeven in Figuur 2. In deze figuur zijn tevens de resultaten van berekeningen van voorgaande jaargangen weergegeven. Dit betreft de landelijke totale uitspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden gezamenlijk.



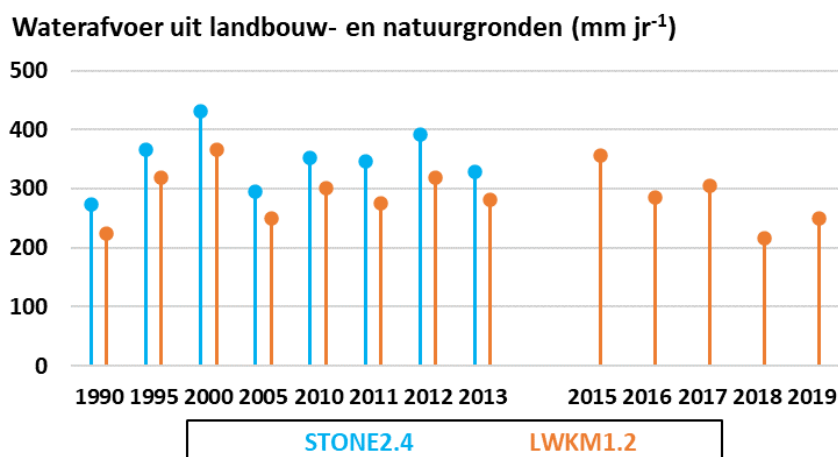
Figuur 2. Stikstofvracht en fosforvracht uit landbouw- en natuurgronden (kton jr^{-1}) berekend voor verschillende jaargangen van de Emissieregistratie. ER2013 zijn gebaseerd op mestgiften berekend door MAMBO en uit- en afspoeling berekend door STONE2.4. ER2021 en ER2022 zijn gebaseerd op mestgiften berekend met INITIATOR en de uit- en afspoeling met LWKM 1.2.

De totale uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit landbouw- en natuurgronden vertonen voor de peilaren tot en met 2013 een goede gelijkenis met de STONE-resultaten van ER2013. De landelijke uit- en afspoeling voor de berekeningen met LWKM1.2 voor de Emissieregistratie 2021 en 2022 hebben dezelfde orde van grootte. Dat de landelijke uit- en afspoelingcijfers voor de ER2021 en ER2022 niet exact hetzelfde zijn worden veroorzaakt door verbeteringen die zijn doorgevoerd in het INITIATOR-model. De belangrijkste aanpassingen zijn:

- Periode 2000-2005: stikstof- en fosforgrenzen voor dierlijke mest aangepast naar MINAS verliesnorm.
- Periode 2000-2007: update N en P excretie A2 (wat meer beweiding)
- Periode 2000-2009: Update import/export op basis van NEMA2020.
- Periode 2012-2014: Het volume, N en P excretie vleesstieren is het gemiddelde van 0-6 en 6-24 maanden, omdat er geen onderscheid meer gemaakt wordt tussen de 2 categorieën.
- Periode 2017-2020: Bepaling hoofdlocatie bedrijven op basis van dieraantallen i.p.v. semi-random door Genstat.
- Aanpassen gebruikersnorm voor stikstof voor bedrijven met derogatie op löss van 250 naar 230 kg ha^{-1} .

Voor de uitspoeling van stikstof en fosfor zijn zowel de waterafvoer als het concentratieprofiel van stikstof- en fosforcomponenten van belang. Figuur 3 geeft de landelijk gemiddelde waterafvoer in

een aantal peiljaren zoals berekend met STONE2.4 voor ER2013 en berekend met LKWM1.2 voor ER2022.



Figuur 3. Waterafvoer uit landbouw en natuurgronden (mm jr⁻¹) berekend voor een aantal zichtjaren met STONE2.4 voor ER2013 en met LWKM voor ER2022.

In tegenstelling tot de totale stikstof- en fosforvracht vertonen de waterafvoeren uit landbouw- en natuurgronden geen grote gelijkenis met de STONE-resultaten. Voor de weergegeven periode is de gemiddelde waterafvoer in LWKM1.2 tussen de 15% tot 20% lager. Uit de analyse van de plausibiliteit van het Landelijk WaterKwaliteitsModel (Van der Bolt et al, 2020; Groenendijk et al., 2020) blijkt dat voor de hoge zandgronden, en met name in het zuidelijke zandgebied, te diepe grondwaterstanden en te lage waterafvoeren worden berekend en daarmee toepassingsbereik van het LWKM beperkt (zie ook paragraaf 8).

Het patroon van de stikstof- en fosforvrachten in de periode 2015 tot en met 2020 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.

8 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Uit de analyse van de plausibiliteit van het Landelijk WaterKwaliteitsModel (Van der Bolt et al, 2020; Groenendijk et al., 2020) blijkt dat de betrouwbaarheid van de resultaten van de simulatie van de hydrologie met LHM 3.5.1 besperkingen stelt aan het toepassingsbereik van LWKM-resultaten. Deze beperking geldt voor de resultaten van alle versies van het LWKM die zijn gebaseerd op de informatie uit LHM3.5.1. Voor de hoge zandgronden, en met name in het zuidelijke zandgebied, worden te diepe grondwaterstanden en te lage waterafvoeren berekend. Gezien de geconstateerde tekortkomingen is het noodzakelijk om een volgende versie van het LWKM te baseren op nieuwe hydrologische informatie.

Gegeven de vastgestelde toepasbaarheid van de resultaten van de LWKM-versies 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, 2018 en 2019. Het gaat daarbij om de emissieoorzaken 'uitspoeling nutriënten landelijk gebied' en 'afspoeling nutriënten landelijk gebied' behorende bij de doelgroep landbouw. En de emissieoorzaken 'uitspoeling nutriënten natuurbodems' en 'afspoeling nutriënten natuurbodems die vallen binnen de doelgroep natuur.

De emissies van nutriënten door uit- en afspoeling van landbouw- en natuurgronden zijn in 2021 berekend met het Landelijke WaterkwaliteitsModel (LWKM-versie 1.2). 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 zijn 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 met de waterbeheerders de hydrologische schematisering en de inputgegevens op orde te brengen.

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 Erwin van Boekel (erwin.vanboekel@wur.nl) of Piet Groenendijk (piet.groenendijk@wur.nl).

10 Referenties

Bolt, F.J.E. van der, E.M.P, M. van Boekel, W. Kuindersma, L. V. Renaud¹, P. Groenendijk, H. Kros, J. van de Roovaart, A. Marsman, 2022. Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel: Versie LWKM 1.2. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3148.

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

Gaalen, 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.