



Update uitspoelingsfracties nitraatmodel Zuid-Limburg

Gerard H. Ros (NMI)

Job de Pater (NMI)

Ellen Kusters (AgriConnection)

Referaat

Ros GH, de Pater J & E Kusters (2021) *Update uitspoelingsfracties nitraatmodel Zuid-Limburg*, Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1857.N.21, 14 pp.

Rapport in het kort

Het nitraatuitspoelingsmodel dat ontwikkeld is voor Zuid-Limburg is geüpdatet op basis van extra teeltgegevens en nitraatmetingen van de jaren 2018 tot 2020. Hiervoor zijn de gewasspecifieke uitspoelingsfracties opnieuw gekalibreerd. Door de droge weerjaren zijn voor de toegevoegde gewassen de uitspoelfracties gemiddeld 10% hoger geworden in vergelijking met de uitspoelfracties die zijn gekalibreerd op de periode 2008 tot en met 2017. De modelnauwkeurigheid blijft vergelijkbaar.

© 2021 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Waterleiding Maatschappij Limburg (WML), Delphy, AgriConnection

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1 Introductie	3
2 Methode	4
3 Update uitspoelfracties	8
4 Conclusies	11
Literatuur	12
Bijlage A. Betrouwbaarheidsintervallen	13

Samenvatting

Het nitraatuitspoelingsmodel dat gebruikt wordt om inzicht te geven in de uitspoeling van het werkzame N-overschot op lössgronden is geüpdatet op basis van nieuwe meetgegevens uit de periode 2018 tot en met 2020. Concreet betekent dit dat de uitspoelfracties zijn gekalibreerd voor de gewassen aardappel, grasland, snijmais, suikerbiet, wintergerst, zomergerst, wintertarwe en zaai- en winterui. Nitraatconcentraties in het ondiepe en diepe bodemvocht variëren grotendeels van $<10 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ tot waardes boven de $120 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$. De uitspoelfracties variëren van 0,13 voor grasland tot 1,19 voor zaai- en winteruien. De uitspoelfractie ligt gemiddeld lager als het gewas wordt opgevolgd door een diep-wortelend volggewas.

Door de droge weerjaren zijn voor de toegevoegde gewassen de uitspoelfracties gemiddeld 10% hoger geworden in vergelijking met de uitspoelfracties die zijn gekalibreerd op de periode 2008 tot en met 2017. Om de impact van variërende weersomstandigheden te verdisconteren, liggen er mogelijkheden om gebruik te maken van een uitspoelingsgevoeligheid in plaats van een uitspoelfractie. In deze studie is de uitspoelingsgevoeligheid gekwantificeerd, maar niet uitgebreid geëvalueerd. De uitspoelingsgevoeligheid laat een vergelijkbare variatie zien tussen gewassen als de uitspoelfractie.

Na toetsing blijkt dat de modelnauwkeurigheid vergelijkbaar blijft: gemiddeld ligt de voorspelfout op $3,5 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ voor de gewassen consumptieaardappel, suikerbiet en wintertarwe. De gemiddelde mediane voorspelfout over alle gewassen is gelijk aan $1,8 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$.

1 Introductie

Voor de lössgronden in Zuid-Limburg is in de jaren 2017-2020 een nitraatuitspoelingsmodel ontwikkeld binnen het project Duurzaam Schoon Grondwater (DSG). Het model is in de kern een stikstofbalans voor werkzame stikstof, waarbij rekening wordt gehouden met de aanvoer van stikstof via bemesting, depositie en fixatie, en de afvoer van stikstof via gewasopname. Het niet opgenomen stikstof (het zogenoemde stikstofoverschot) kan uitspoelen naar het grondwater. Door gebruik te maken van honderden metingen vanuit het DSG-project is het model gekalibreerd (en gevalideerd) om zo maximaal aan te sluiten op de situatie in Limburg.

Het model brengt op bedrijfsniveau het effect van het bouwplan en bemesting op het nitraatgehalte in het bodemvocht in beeld. Het helpt agrarische ondernemers om zo gericht inzicht te krijgen in de effectiviteit en benutting van de gegeven stikstofbemesting, en stuurt op verlaging van nitraatuitspoeling. In Limburg wordt het model ingezet binnen het project Slim Bemesten, om zo een systeem te ontwikkelen waarbij op lössgrond voldaan kan worden aan de doelstelling van de Nitraatrichtlijn. Binnen dat systeem moet het dan ook mogelijk zijn om af te wijken van de generieke gebruiksnormen zodra voldaan wordt aan het doel van de Nitraatrichtlijn. Hiermee is het mogelijk om beter aan te kunnen sluiten bij het landbouwkundige advies (Crijns et al., 2014).

In 2018 is het nitraatuitspoelingsmodel aangepast en getoetst met data van bedrijven op lössgrond die in de periode 2008 tot 2017 hebben deelgenomen aan het project DSG (Ros et al., 2018). In de daaropvolgende jaren zijn de metingen voortgezet en zijn er ook bedrijven toegevoegd. In dit rapport worden de gewasspecifieke uitspoelfracties geüpdatet aan de hand van nieuw verkregen data en metingen van de jaren 2018 tot 2020.

2 Methode

Het nitraatuitspoelingsmodel

Het nitraatuitspoelingsmodel wordt gedetailleerd beschreven in de publicatie van Ros et al. (2017) en wordt daarom hier niet uitgebreid besproken. Kort samengevat berekent het model het nitraatgehalte in het bodemvocht op basis van het stikstofoverschot en het neerslagoverschot gecorrigeerd voor een gewasspecifieke uitspoelingsfractie. In formulevorm (waarbij de unitcorrectie hierbij niet wordt weergegeven):

$$NO_3^- = \text{uitspoelingsfractie} \times \frac{N \text{ Overschot}}{\text{Neerslagoverschot}}$$

De uitspoelfracties zijn gewas-specifiek, afhankelijk van de uitspoelingsgevoeligheid, en houden rekening met de eventuele gewasopvolging. Het N-overschot is hierbij gedefinieerd als het verschil tussen de werkzame N-aanvoer naar de bodem (afkomstig van meststoffen, depositie en fixatie) en de N-afvoer via de gewasopname. Het neerslagoverschot is de hoeveelheid water dat uitspoelt naar het grondwater, berekend per gewas op basis van de potentiële verdamping en de bekende Makkink-factoren.

Berekening uitspoelingsfracties

De uitspoelingsfracties zijn gekalibreerd door metingen van het nitraatgehalte in het bodemvocht te koppelen aan perceelsgegevens. De gewasspecifieke uitspoelingsfracties zijn als volgt berekend.

1. Voor elke teelt wordt bepaald wat de maximale hoeveelheid uitspoelbare nitraat is op basis van het werkzame N-overschot en het neerslagoverschot:

$$NO_3^- (\text{max uitspoelbaar})_{teelt} = N \text{ Overschot} / \text{Neerslagoverschot}$$

2. Dan wordt voor elke teelt de uitspoelingsfractie berekend als het gemeten nitraatgehalte als fractie van de maximaal uitspoelbare nitraat:

$$UF_{teelt} = NO_3^- (\text{meting})_{teelt} / NO_3^- (\text{max uitspoelbaar})_{teelt}$$

3. De uitspoelingsfractie van een gewas wordt bepaald als het rekenkundig gemiddelde van alle berekende uitspoelingsfracties van deze teelt. Omdat de verdeling van nitraatmetingen niet normaal is verdeeld, worden de berekende uitspoelfracties log-getransformeerd (natuurlijk logaritme).

$$UF_{gewas} = \text{Exp} \left(\frac{1}{n} \times \sum_{teelt=1}^n \text{Log}(UF_{teelt}) \right)$$

Berekening uitspoelingsgevoeligheid

De uitspoelingsgevoeligheid is gedefinieerd als de uitspoelingsfractie gestandaardiseerd voor het neerslagoverschot van een gemiddeld jaar (443 mm year⁻¹). In formulevorm:

$$UG_{\text{gewas}} = \frac{UF_{\text{gewas}}}{\text{neerslagoverschot}} * 443$$

De gemiddelde UG per gewas en de bijbehorende onzekerheid wordt verder berekend identiek aan die van de uitspoelfracties.

Nitraatmetingen en N-balansen

Vanuit de lopende projecten in Limburg zijn voor de meetjaren 2018-2020 metingen beschikbaar voor nitraatmetingen in het ondiepe en diepe bodemvocht. Deze meetpunten lagen op percelen die landbouwkundig werden gebruikt. Voor elk perceel zijn gegevens verzameld (en berekend) van de aan- en afgevoerde stikstof.

De aangeleverde gegevens zijn vooraf gecheckt op onvolkomenheden. Voor de schatting van de hoeveelheid werkzame N vanuit de bemesting van het vorige teeltjaar zijn bemestingsgegevens van het vorige jaar nodig. Wanneer deze niet beschikbaar waren, zijn ze geschat op basis van de bemesting passend bij het betreffende gewas en het mesttype wat in de andere jaren gebruikt is door het bedrijf. Dit is overigens een verschil met de vorige studie waarin uitspoelfracties zijn gekalibreerd (Ros et al., 2018); in deze studie is de bemesting geschat op basis van de bemesting van voorgaande of komende jaren op het betreffende perceel, zonder rekening te houden met het gewas.

Voor de koppeling van de nitraatmetingen aan de teeltgegevens zijn de nitraatmetingen in het ondiepe grondwater (130 cm-mv tot 170 cm-mv) gekoppeld aan de teeltgegevens van 1 jaar terug. De nitraatmetingen in het diepe grondwater (130 cm-mv tot 170 cm-mv) zijn gekoppeld aan de teeltgegevens van 2 jaar terug. Dit betekent ook dat het nog niet mogelijk is om een nitraatgehalte te koppelen aan teeltgegevens van het jaar 2020; de nitraatmetingen van het jaar 2021 zijn nog niet beschikbaar.

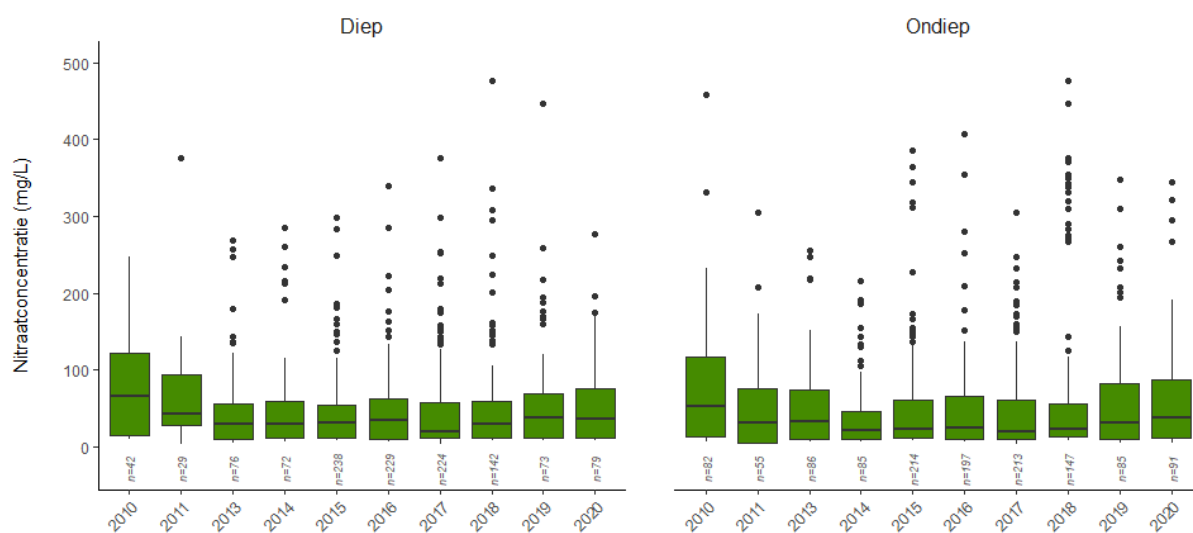
Er zijn een aantal teelten die niet zijn meegenomen in de kalibratie van gewasspecifieke uitspoelingsfracties. Dit gaat om teelten waarvoor geen opbrengst bekend is of waarbij de geregistreerde hoofdteelt onrealistisch is conform de gangbare landbouwpraktijk (bijv. bladrammenas). Wanneer er evidente fouten aanwezig zijn in het berekende N-overschot of het gemeten nitraatgehalte, en dat is het geval wanneer de maximale uitspoelbare stikstof groter is dan drie keer de gemeten uitgespoelde stikstof, dan worden deze teeltgegevens genegeerd. Dit laatste komt voor in <1% van de verzamelde metingen. De kalibratie van de uitspoelingsfracties is alleen uitgevoerd voor gewassen waarbij aanvullende gegevens beschikbaar zijn voor meer dan één teeltjaren gedurende de periode 2018 tot 2020.

Uiteindelijk zijn aanvullende gegevens gebruikt voor consumptieaardappel (n = 11), grasland (n = 14), hamsterpercelen (n = 4), snijmais-continu (n = 9), snijmais-enkel (n = 5), suikerbiet (n = 13), wintergerst (n = 5), zomergerst (n = 4), wintertarwe (n = 13) en zaaiui/winterui (n = 2).

Beschrijving gegevens

De uitspoelingsfracties van het model zijn in 2018 gekalibreerd op basis van nitraatmetingen, gewas- en bemestingsgegevens van 77 verschillende percelen uit de jaren 2008 tot 2017. In de jaren 2018 tot 2020 zijn van 20 van deze percelen en van 14 nieuwe percelen aanvullende gegevens verzameld. De meest voorkomende gewassen in deze uitbreiding zijn consumptieaardappelen, snijmais, wintertarwe, suikerbiet en grasland.

Van de nitraatmetingen zijn alleen de metingen meegenomen die zijn uitgevoerd in het najaar en die genomen zijn van de bodemlagen 120-170 cm-mv en 190-270 cm-mv. Figuur 2-1 geeft een overzicht van de beschikbare metingen. In totaal zijn er 1374 nitraatmetingen beschikbaar van het ondiepe bodemvocht en 1284 van het diepe bodemvocht. De resterende metingen (n = 1379) zijn afkomstig van ondiepere of diepere bodemlagen. De meeste metingen zijn gedaan in de jaren 2015 tot 2018. Per perceel zijn er gemiddeld 20 metingen. Elf percelen hebben gemiddelde nitraatgehalten in het bodemvocht hoger dan 100 mg L⁻¹. De gemiddelde nitraatconcentratie in het ondiepe bodemvocht varieert van 10 tot 71 mg NO₃ L⁻¹ (het eerste en derde kwantiel). Voor het diepe bodemvocht varieert het van 11 tot 62 mg NO₃ L⁻¹.



Figuur 2-1. Gemeten spreiding in het nitraatgehalte van het ondiepe en diepe bodemvocht, gemeten onder landbouwpercelen in de periode 2010 tot en met 2020.

Teelt en bemesting

De gemiddelde opbrengst als ook aanvoer van stikstof via dierlijke mest en kunstmest is samengevat in tabel 2-1. De kunstmestgiften zijn gemiddeld voor gangbaar grasland het hoogst (177 kg N ha⁻¹) gevolgd door wintertarwe (148 kg N ha⁻¹), wintergerst (143 kg N ha⁻¹) en consumptieaardappel (124 kg N ha⁻¹). Hoge drijfmestgiften zijn naast grasland en mais vooral te vinden bij wintertarwe (gemiddeld 106 kg N ha⁻¹).

Tabel 2-1. Gemiddelde opbrengst (ton ha⁻¹) en N-aanvoer via kunstmest (N-km) en drijfmest (N-dm) per gewas (in kg ha⁻¹).

Gewas	n	Opbrengst	N-km	N-dm
Consumptieaardappel	33	55	124	93
Grasland	80	9	177	166
Snijmais-continu	23	44	38	188
Snijmais-enkel	31	47	30	170
Suikerbiet	45	86	67	53
Wintergerst	16	9	143	8
Zomergerst	11	7	68	9
Wintertarwe	76	9	148	60
Zaaiui/winterui	7	53	97	21

3 Update uitspoelfracties

Werkzame N-balans

De N-opname varieert van gemiddeld 112 kg N ha⁻¹ voor suikerbieten tot 261 kg N ha⁻¹ voor grasland. De N-afvoer via het bijproduct komt voornamelijk voor bij granen door de afvoer van stro. Het werkzame N-overschot varieert van 44 kg N ha⁻¹ voor snijmais-enkel tot 143 kg N ha⁻¹ voor grasland. De variatie in N-opname als ook het N-overschot is groot (Tabel 3-1). Voor grasland varieert deze bijvoorbeeld van 11 tot 354 kg N ha⁻¹. Het werkzame overschot van de graanteelt wordt aanzienlijk verminderd door de N-opname van de vanggewassen, een praktijk die vrijwel standaard wordt uitgevoerd.

Tabel 3-1. Gemiddelde N-opname, werkzame N-aanvoer en N-overschot per gewas in kg N per hectare.

Gewas	N-opname	N-input	N-overschot	Range overschot
Consumptieaardappel	188	289	101	15-197
Grasland	261	403	143	11-354
Snijmais-continu	200	262	62	8-122
Snijmais-enkel	195	239	44	11-112
Suikerbiet	112	213	101	5-564
Wintergerst	223	274	52	11-91
Zomergerst	150	200	49	4-85
Wintertarwe	213	294	82	8-252
Zaaiui/winterui	116	213	97	59-136

De gemiddelde aanvoer van werkzame stikstof via bemesting wordt vermeld in tabel 3-2.

Tabel 3-2. Gemiddelde aanvoer van werkzame N via dierlijke mest (N-dm) en kunstmest (N-km) in kg per hectare.

Gewas	N-km	N-dm	N-dm vorig jaar
Consumptieaardappel	123	59	5
Grasland	176	96	15
Snijmais-continu	37	105	13
Snijmais-enkel	29	101	8
Suikerbiet	67	36	4
Wintergerst	141	6	2
Zomergerst	67	5	4
Wintertarwe	147	44	8
Zaaiui/winterui	96	11	7

Uitspoelfracties

De uitspoelfracties zijn berekend met het rekenkundige gemiddelde na log-transformatie. Dit is gedaan voor alle teelten, voor de teelten die gevolgd worden door een diepwortelend gewas, en voor de teelten die gevolgd worden door een ondiep wortelend gewas (Tabel 3-3). Meer informatie staat in Appendix A.

De generieke gekalibreerde uitspoelingsfracties variëren tussen de 0,13 voor grasland en 1,19 voor zaaiui en winterui. De uitspoelingsfracties van de meest voorkomende akkerbouwgewassen (d.w.z., aardappel, wintertarwe en suikerbiet) worden gemiddeld 10% hoger ten opzichte van de vorige kalibratie. Voor aardappel was deze eerst 0,32 terwijl die nu 0,47 wordt. Voor wintertarwe was de uitspoelingsfractie 0,20 en deze wordt 0,32 terwijl de uitspoelingsfractie voor suikerbiet verhoogt van 0,16 tot 0,26. Deze verhoging hangt voor een groot deel samen met de droge weerjaren uit deze periode.

Voor de kalibratie waarbij rekening wordt gehouden met het volggewas zijn de uitspoelingsfracties voor deze gewassen hoger geworden. Zodra er sprake is van een diepe volgteelt, is de uitspoelingsfractie overwegend lager dan de uitspoelfractie voor de situatie met een ondiepe volgteelt. Uitzondering hierop is het gewas suikerbiet, waarbij de uitspoelfracties sterk vergelijkbaar zijn. De gewassen met de laagste uitspoelfractie zijn grasland, zomergerst en wintertarwe. De grootste verliezen treden op bij uien, snijmais en consumptieaardappelen.

Tabel 3-3. Gekalibreerde uitspoelingsfracties voor de gewassen, uitgesplitst voor een generieke situatie als ook in combinatie met een diepe of ondiepe volgteelt.

Gewas	UF <i>Alles</i>	UF <i>Diepe volgteelt</i>	UF <i>Ondiepe volgteelt</i>
Consumptieaardappel	0,47 (<i>n</i> =105)	0,43 (<i>n</i> =63)	0,94 (<i>n</i> =22)
Grasland	0,13 (<i>n</i> =279)	0,29 (<i>n</i> =3)	0,15 (<i>n</i> =27)
Snijmais-continu	0,67 (<i>n</i> =60)	0,22 (<i>n</i> =9)	0,81 (<i>n</i> =47)
Snijmais-enkel	0,52 (<i>n</i> =93)	0,54 (<i>n</i> =93)	0,61 (<i>n</i> =3)
Suikerbiet	0,26 (<i>n</i> =170)	0,18 (<i>n</i> =73)	0,43 (<i>n</i> =57)
Wintergerst	0,60 (<i>n</i> =56)	0,41 (<i>n</i> =32)	1,00 (<i>n</i> =18)
Zomergerst	0,27 (<i>n</i> =32)	0,24 (<i>n</i> =18)	0,38 (<i>n</i> =6)
Wintertarwe	0,32 (<i>n</i> =283)	0,25 (<i>n</i> =139)	0,43 (<i>n</i> =122)
Zaaiui/winterui	1,19 (<i>n</i> =23)	1,08 (<i>n</i> =10)	1,60 (<i>n</i> =8)

* het totaal aantal kan groter zijn dan de combinatie van ondiepe en diepe volgteelt omdat voor een deel van de situaties (de worteldiepte van) het volggewas onbekend is.

Uitspoelingsgevoeligheid

In het model WOGWOD wordt geen gebruik gemaakt van uitspoelfracties, maar van de zogenoemde uitspoelingsgevoeligheid. Hierbij is de uitspoelfractie gestandaardiseerd voor het neerslagoverschot wat in een gemiddeld jaar optreed ($UG = \text{uitspoelfractie} / \text{neerslagoverschot} * 443$). Omdat het huidige nitraatuitspoelingsmodel gekalibreerd is over een lange tijdperiode, is het in theorie mogelijk dat de variatie in weersomstandigheden wordt meegenomen in de schatting van de uitspoelfractie. De eerste bevindingen na deze update van uitspoelfracties laat echter zien dat het toevoegen van drie jaren aan meetgegevens, afkomstig van droge jaren, er voor zorgen dat de uitspoelfracties van een aantal gewassen met 10% stijgt. Door het gebruik van de uitspoelingsgevoeligheid wordt de gewasafhankelijke uitspoeling minder beïnvloed door de jaarlijkse variatie in neerslagoverschotten. Hiermee zou de voorspelling voor toekomstige jaren ook robuuster worden.

De variatie in de uitspoelingsgevoeligheid is voor dezelfde gewassen berekend en wordt samengevat in Tabel 3-3. De patronen tussen gewassen zijn vergelijkbaar met die van de uitspoelfractie waarbij grasland, suikerbiet, en granen relatief weinig verliezen kennen en gewassen als consumptieaardappel, uien en mais gekenmerkt worden door hoge nitraatverliezen (per kg N-overschot).

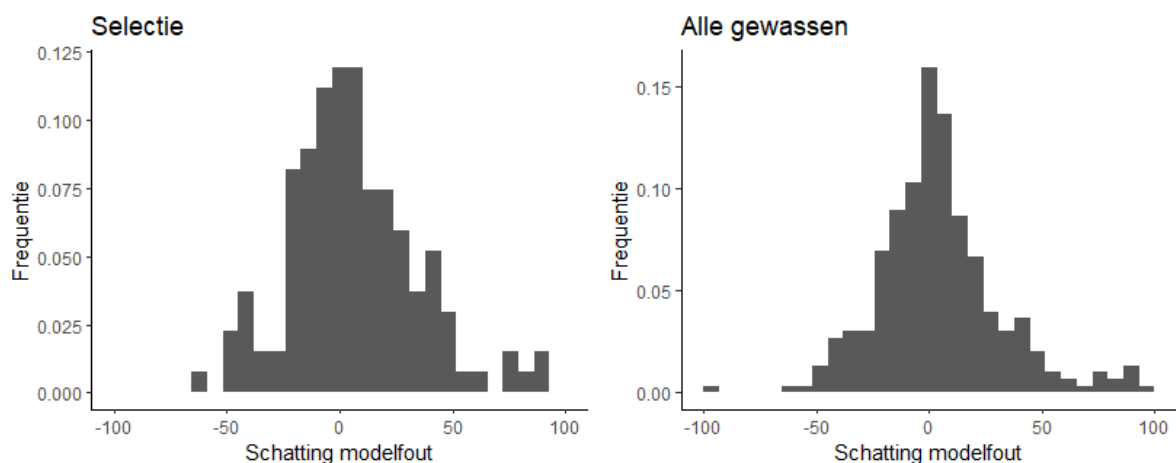
Tabel 3-4. Gekalibreerde uitspoelingsgevoeligheid voor de gewassen, uitgesplitst voor een generieke situatie als ook in combinatie met een diepe of ondiepe volgteelt.

Gewas	UG Alles	UG Diepe volgteelt	UG Ondiepe volgteelt
Consumptieaardappel	0,51 (n=105)	0,46 (n=63)	1,02 (n=22)
Grasland	0,17 (n=279)	0,37 (n=3)	0,21 (n=27)
Snijmais-continu	0,75 (n=60)	0,27 (n=9)	0,89 (n=47)
Snijmais-enkel	0,58 (n=93)	0,60 (n=93)	0,71 (n=3)
Suikerbiet	0,27 (n=170)	0,18 (n=73)	0,45 (n=57)
Wintergerst	0,68 (n=56)	0,46 (n=32)	1,21 (n=18)
Zomergerst	0,32 (n=32)	0,28 (n=18)	0,58 (n=6)
Wintertarwe	0,36 (n=283)	0,28 (n=139)	0,47 (n=122)
Zaaiui/winterui	1,16 (n=23)	1,10 (n=10)	1,53 (n=8)

* het totaal aantal kan groter zijn dan de combinatie van ondiepe en diepe volgteelt omdat voor een deel van de situaties (de worteldiepte van) het volggewas onbekend is.

Toetsing

Na kalibratie is getoetst hoe groot de afwijking is tussen het gemeten en berekende nitraatgehalte voor de percelen waarvoor gegevens bekend waren over de werkzame N-aanvoer, N-afvoer, het volggewas en het nitraatgehalte in ondiepe en diepe bodemvocht. Het verschil tussen het gemeten en berekende nitraatgehalte voor de gewassen consumptieaardappel, wintertarwe en suikerbiet kan variëren binnen een bandbreedte groter dan 50 mg NO₃ L⁻¹ en zelfs oplopen tot 100 mg NO₃ L⁻¹ (Figuur 3-1). Gemiddeld is de fout op de voorspelling echter 3,5 mg NO₃ L⁻¹. Toegepast op alle gewassen is de gemiddelde mediane fout 1,8 mg NO₃ L⁻¹. Dit betekent ook dat er gemiddeld een kleine overschatting van het nitraatgehalte wordt gemaakt. De model-nauwkeurigheid na deze update is daarmee vergelijkbaar met het model voor deze update (Ros & de Pater, 2021).



Figuur 3-1. Variatie in voorspelfout na update van de uitspoelfracties op basis van nieuwe metingen voor de periode 2018-2020 voor de gewassen wintertarwe, suikerbieten, consumptieaardappelen (links) en alle gewassen (rechts).

4 Conclusies

Het nitraatuitspoelingsmodel dat gebruikt wordt om inzicht te geven in de uitspoeling van het werkzame N-overschot op lössgronden is geüpdatet op basis van nieuwe meetgegevens uit de periode 2018 tot en met 2020. Concreet betekent dit dat de uitspoelfracties zijn gekalibreerd voor de gewassen aardappel, grasland, snijmais, suikerbiet, wintergerst, zomergerst, wintertarwe en zaai- en winterui. Nitraatconcentraties in het ondiepe en diepe bodemvocht variëren grotendeels van $<10 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ tot waarden boven de $120 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$. In uitzonderlijke situaties kunnen de concentraties oplopen tot $500 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$.

Door de droge weerjaren zijn voor de toegevoegde gewassen de uitspoelfracties gemiddeld 10% hoger geworden. Om de impact van variërende weersomstandigheden te verdisconteren, liggen er mogelijkheden om gebruik te maken van een uitspoelingsgevoeligheid in plaats van een uitspoelfractie. In de voorliggende studie is ook de uitspoelingsgevoeligheid gekwantificeerd, maar niet uitgebreid geëvalueerd. De uitspoelingsgevoeligheid laat een vergelijkbare variatie zien als de uitspoelfractie.

Na toetsing blijkt dat de modelnauwkeurigheid vergelijkbaar blijft: gemiddeld ligt de voorspelfout op $3,5 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ voor de gewassen consumptieaardappel, suikerbiet en wintertarwe. De gemiddelde mediane voorspelfout over alle gewassen is gelijk aan $1,8 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$.

Literatuur

- Crijns S, Kusters E & H Kager** (2014). *Project "Slim Bemesten". Maatwerk voor de akkerbouw en melkveehouderij in de lössregio*. Projectplan versie 7.2. Uitgave van DLV Plant, AgriConnection en LLTB.
- Ros GH, de Pater J, Kusters E, Crijns S & F Vaessen** (2017). *Update en Evaluatie Nitraatuitspoelingsmodel*. Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V., rapport 1659.N.16.
- Ros GH, de Pater J, Kusters E, Crijns S & F Vaessen** (2018). *Update nitraatuitspoelingsmodel Zuid-Limburg*. Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V., rapport 1731.N.18.
- Ros GH & J de Pater** (2021). *Onzekerheidsanalyse nitraatuitspoelingsmodel Duurzaam Schoon Grondwater*. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1761.N.20.3.

Bijlage A. Betrouwbaarheidsintervallen

De onderstaande tabellen geven de resultaten weer van de uitspoelingsfracties met de bijbehorende 90%-betrouwbaarheidsintervallen.

Tabel A-1. Gekalibreerde uitspoelingsfracties met het 90%-betrouwbaarheidsinterval van alle teelten.

Gewas	Aantal	Gemiddelde	90% - interval
Consumptieaardappel	105	0,47	0,40 - 0,56
Grasland	279	0,13	0,12 - 0,15
Snijmais-continu	60	0,67	0,55 - 0,83
Snijmais-enkel	93	0,52	0,44 - 0,61
Suikerbiet	170	0,26	0,23 - 0,30
Wintergerst	56	0,60	0,49 - 0,73
Zomergerst	32	0,27	0,20 - 0,37
Wintertarwe	283	0,32	0,28 - 0,36
Zaaiui/winterui	23	1,19	0,93 - 1,52

Tabel A-2. Gekalibreerde uitspoelingsfracties met het 90%-betrouwbaarheidsinterval van de teelten met een diep volggewas.

Gewas	Aantal	Gemiddelde	90% - interval
Consumptieaardappel	63	0,46	0,35 - 0,52
Grasland	3	0,37	0,16 - 0,52
Snijmais-continu	9	0,27	0,12 - 0,37
Snijmais-enkel	93	0,60	0,45 - 0,66
Suikerbiet	73	0,18	0,15 - 0,20
Wintergerst	32	0,46	0,32 - 0,54
Zomergerst	18	0,28	0,16 - 0,36
Wintertarwe	139	0,28	0,21 - 0,29
Zaaiui/winterui	10	1,10	0,66 - 1,75

Tabel A-3. Gekalibreerde uitspoelingsfracties met het 90%-betrouwbaarheidsinterval van de teelten met een ondiep volggewas.

Gewas	Aantal	Gemiddelde	90% - interval
Consumptieaardappel	22	1,02	0,65 - 1,14
Grasland	27	0,21	0,11 - 1,22
Snijmais-continu	47	0,89	0,66 - 1,00
Snijmais-enkel	3	0,71	0,11 - 3,42
Suikerbiet	57	0,45	0,35 - 0,53
Wintergerst	18	1,21	0,78 - 1,28
Zomergerst	6	0,58	0,14 - 1,02
Wintertarwe	122	0,47	0,36 - 0,52
Zaaiui/winterui	8	1,53	1,25 - 2,05



Nutriënten Management Instituut BV
Nieuwe Kanaal 7c
6709 PA Wageningen

tel: (06) 29 03 71 03
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl