

Kennisleemten procesmodellen uit- en afspoeling nutriënten

Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit

Thema 'Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout'.

<i>Auteurs:</i>	Piet Groenendijk ¹ , Peter Schipper ¹ , Joachim Rozemeijer ²
<i>Contact:</i>	Piet Groenendijk, piet.groenendijk@wur.nl
<i>Datum:</i>	22 februari 2021
<i>Status:</i>	definitief
<i>Projectteam:</i>	Peter Schipper ¹ , Piet Groenendijk ¹ , Joachim Rozemeijer ² , Arnaut van Loon ³ , Saskia Lukacs ⁴

¹ Wageningen Environmental Research (WEnR)

² Deltares

³ KWR – Watercycle Research Institute

⁴ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de 'Kennisimpuls Waterkwaliteit' (KIWK) voor het thema .
Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout

INHOUD

1	Inleiding	3
	1.1 Kwantificering uit- en afspoeling nutriënten	3
	1.2 Kennisbasis effectiviteit berekeningen	3
	1.3 Doelstelling notitie	4
2	Kennisleemten procesbeschrijvingen	5
	2.1 Uit- en afspoeling van nutriënten uit landbouwpercelen	5
	2.2 Kennisleemten rond actueel in beeld zijnde maatregelen	6
	2.3 Benodigde kennis rond toekomstige ontwikkelingen	9
	2.4 Kennisontwikkeling modelleren vochthuishouding	12
	2.5 Kennisleemten modelleren oppervlakkige afstroming	12
	2.6 Kennisleemten modelleren interactie gewasgroei	13
3	Aanbevelingen	14

1 Inleiding

1.1 Kwantificering uit- en afspoeling nutriënten

In landelijke en regionale evaluaties van stroomgebiedsbeheersplannen (Kaderrichtlijn Water) en het mestbeleid (Nitraat Actie Programma's) is er behoefte aan een kwantificering van ingreep-effect relaties en aan de kwantificering van bronnen van nutriënten in de bodem en het oppervlaktewater. Hiervoor worden rekenmodellen toegepast. Deze modeltoepassingen bestaan uit modules met procesbeschrijvingen, scripts, ruimtelijke schematiseringen en databases. Gezamenlijk vormen ze een toolbox waaruit voor de verschillende (semi-)overheden modeltoepassingen worden geassembleerd. Voor de landelijke evaluaties is met onderdelen uit de toolbox een eerste versie van het Landelijke Waterkwaliteitsmodel (LWKM) gebouwd, welke voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit (Van Gaalen, 2020) en voor de ex-ante evaluatie van de 3^e Stroomgebiedsbeheersplannen¹ is toegepast. Voor regionale waterbeheerders zijn afhankelijk van de vraagstelling verschillende modelconfiguraties samengesteld. Een voorbeeld hiervan is de rekenwijze voor de Maasregio met een schematisering van gewas, bodem en grondwatertrap waaraan resultaten van het STONE-model zijn toegekend, gevolgd door een stoffenbalansbenadering voor de vanggebieden van de oppervlaktewaterlichamen².

Een belangrijk onderdeel in de toolbox is de module waarmee de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor vanuit landbouw- en natuurgronden naar oppervlaktewateren water wordt gesimuleerd. Deze module (ANIMO) is een dynamische proces-georiënteerd rekenmodel met een complete beschrijving van de organische stof- stikstof- en fosforkringloop in de bodem en biedt de mogelijkheid effecten van waterbeheer, grondbewerking en management ten aanzien van bemesting en gewassen op de uit- en afspoeling te kwantificeren. Deze module functioneert sinds de derde Nota Waterhuishouding³ (1988) als rekenhart in landelijke modeltoepassingen (GONAT – Boogaard en Kroes, 1997; STONE – Kroon et al, 2001; LWKM – Van der Bolt et al, 2021).

1.2 Kennisbasis effectiviteit berekeningen

Effectiviteitsberekeningen met de modelinstrumenten berusten voor een groot deel op de mechanistische procesbeschrijvingen in het model ANIMO⁴ en de bijbehorende modelparameters. Naarmate voorgestelde maatregelen een grotere impact hebben op de bedrijfsvoering van een landbouwbedrijf, neemt het belang van een goed onderbouwde effectschatting toe. Voor deze effectschattingen in samenhang met eventuele afwentelingen en versterkende effecten van gecombineerde maatregelen zijn rekenmodellen goed bruikbaar, mits zij goed onderbouwd en gevalideerd zijn.

In het STOWA-KIWK rapport 2021-54 'Maatregelen op en rond landbouwpercelen ter vermindering van de nutriëntenbelasting van water' is een beschrijving gegeven van de kennis over de effectiviteit van maatregelen. Uit het rapport blijkt dat slechts voor een beperkt aantal maatregelen de effectiviteitsberekening onderbouwd is met resultaten van veldstudies. Bij de bespreking van een conceptversie van het genoemde rapport is de suggestie gedaan om de beperkte onderbouwing van effectschattingen expliciet te maken in termen van zwaktes en lacunes in de rekenmodellen. Voor toekomstige toepassingen en verdere ontwikkeling van modelinstrumenten is er behoefte aan inzicht in de kennisleemten en verbeterpunten in de procesbeschrijvingen, met name in het licht van de actuele en te verwachten beleids- en beheervragen (mestbeleid, kringlooplandbouw, stikstofaanpak en klimaat-mitigerende maatregelen). Deze dossiers liggen op tafel van zowel landelijke en regionale

¹ Knobben, R., N. Evers, A. Krikken, J. Rost, N. Schoffelen, M. de Haan, B. van Spronsen, FL. Verhagen, H. Evenblij, B. van Velthoven 2021. Ex Ante Analyse Waterkwaliteit. [Rapport Royal Haskoning DHV 28-9-2021](#).

² Schipper, P., E. van Boekel, E. Gies, P. Groenendijk, H. Kros, L. Renaud en J.C. Voogd, 2021. Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in stroomgebied Maas; Opgave voor landbouw en de potentie van maatregelen voor het behalen van doelen. Wageningen Environmental Research, WEnR-rapport 3046.

³ https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/130139/derde_nota_waterhuishouding.pdf

⁴ <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Research-Institutes/Environmental-Research/Facilities-Tools/Software-models-and-databases/ANIMO.htm>

overheden als van individuele agrariërs. Om invulling te geven aan de uitdagingen is een nauwe samenwerking vereist met een belangenafweging op basis van adequate informatie.

1.3 Doelstelling notitie

De doelstellingen van de onderhavige notitie zijn:

- Het beschrijven van kennisleemten in de bodem- en uitspoelingsmodule die ten koste gaan van goed onderbouwde effectschattingen van maatregelen in landelijk beleidsstudies en regio-specifieke studies.
- Het aangeven van de databehoeft/kennisbehoefte voor de calibratie/validatie van maatregel-effectrelaties in het bodem- en uitspoelingsmodel die nodig zijn voor een belangenafweging.

Informatie uit de notitie kan mogelijk bijdragen aan de nadere uitwerking van de routekaart van het Landelijk Waterkwaliteitsmodel. Deze routekaart wordt opgesteld door de projectgroep van het LWKM en valt als zodanig buiten de scope van het KIWK-project 'Nutriëntenmaatregelen'. Kennisleemten en databehoeften met betrekking op de doorwerking van de uitspoeling van meststoffen op de kwaliteit van het diepere grondwater (vanaf enkele meters diepte) vallen buiten de reikwijdte van deze notitie.

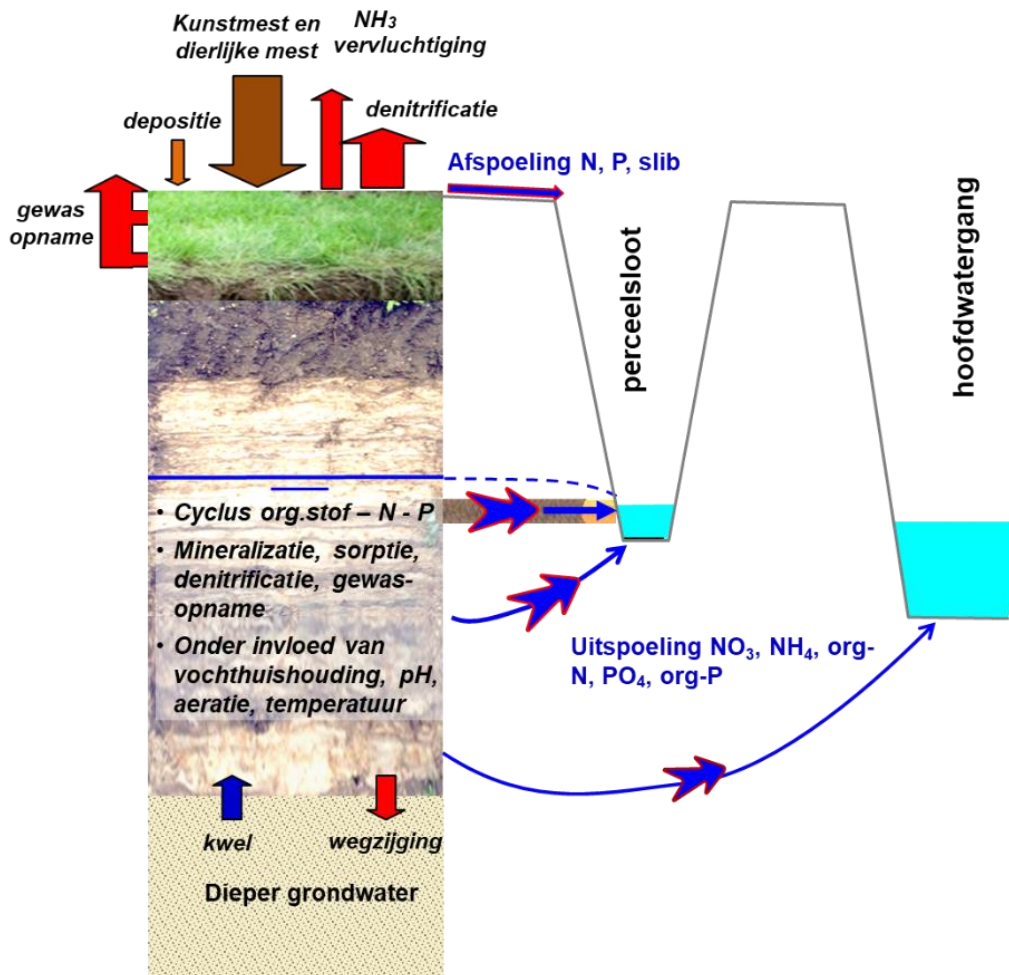
2 Kennisleemten procesbeschrijvingen

2.1 Uit- en afspoeling van nutriënten uit landbouwpercelen

Om de uit- en afspoeling dynamisch adequaat met procesmodellen te simuleren, moet rekening worden gehouden met de volgende aspecten:

- de atmosferische depositie van stikstof en fosfor op de bodem
- de input van de dierlijke en minerale meststoffen
- de opname van nutriënten door gewassen en de nutriënten die weer op en in de bodem terechtkomen met gewasresten
- de meteorologische omstandigheden
- de kenmerken van het bodemprofiel (fysisch-chemisch) die van invloed zijn op de vochthuishouding en de nutriëntenhuishouding in de bodem
- de locatie specifieke kenmerken van het perceel en de waterhuishouding die bepalend zijn voor de ont- en afwatering

Dit is schematisch weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1. Schematische weergave uit- en afspoeling nutriënten vanaf landbouwpercelen. De figuur is geënt op de modelbeschrijving ANIMO.

De uit- afspoeling van nutriënten wordt in Nederlandse beleidsstudies sinds 2000 gesimuleerd met modellen (STONE, LWKM) die gebaseerd zijn op de modules SWAP (vochthuishouding) en ANIMO (organische stof- en nutriëntenkringlopen). Hieraan worden modules gekoppeld die de mestgiften simuleren (INITIATOR), de gewasgroei (MEBOT-QUAMOD of dynamisch met WOFOST). Randvoorwaarden voor de geohydrologie (kwel-wegzijing, freatische grondwaterstanden, drainage) worden ontleend aan landelijke of regionale geohydrologische modellen.

Het simuleren van effecten van maatregelen vraagt meestal om extra voorspelkracht van een rekenmodel omdat het model wordt toegepast voor situaties waarin het niet aan veldwaarnemingen is geijkt of getoetst. Het stelt daarmee extra eisen aan de procesmatige beschrijving van de vocht- en nutriëntenhuishouding in de bodem. De processen die van belang zijn voor de interacties tussen biologische en chemische bodemprocessen – gewasgroei en gewasopname – transportprocessen dienen met voldoende detail te zijn beschreven om terugkoppelingen tussen processen in beeld te brengen. Verder is het vaak niet eenvoudig om de vertaling te maken van een maatregel naar de aanpassingen in de modelparameters die beïnvloedt worden. Bijvoorbeeld, hoe gemiddelde Van Genuchten parameters aangepast moeten worden voor bodemverbeterende maatregelen.

2.2 Kennisleemten rond actueel in beeld zijnde maatregelen

In deze paragraaf wordt op hoofdlijnen een beeld gegeven van kennisleemten die belemmerend werken om effecten van landbouwmaatregelen op de uit- en afspoeling valide te kunnen kwantificeren. Als uitgangspunt nemen we de 25 landbouwmaatregelen waar ten behoeve van de Nationale Analyse Waterkwaliteit een review⁵ is uitgevoerd naar de effectiviteit. Voor deze review zijn wetenschappelijke publicaties beschouwd die vanuit Duitsland, Engeland, Noordwest-Europa en wereldwijd overzicht geven van de (anno 2020-21) beschikbare kennis over de effecten. De studie geeft voor 25 maatregelen een overzicht van de kennis over de effectiviteit. 10 van deze maatregelen zijn afkomstig van het 6e NAP. De overige zijn DAW-maatregelen⁶ waarvan door het supportteam van DAW is aangegeven dat deze voldoende draagvlak hebben. In de bijlage van het onderzoeksrapport is voor ieder van deze maatregelen een factsheet opgenomen die een beschrijving geeft van de referentiesituatie, de maatregel, het toepassingsgebied, gerapporteerde effecten op nitraat en de N- en P-belasting van het oppervlaktewater, mogelijke neveneffecten een mogelijke aanpak om de maatregel in de invoer van het Landelijke Waterkwaliteitsmodel (LWKM) te verwerken.

Tabel 2.1 geeft voor deze maatregelen aan kwalitatieve beoordeling of voldoende kennis aanwezig is om de effecten ervan op de uit- en afspoeling te kunnen kwantificeren. In de laatste kolom wordt een korte toelichting gegeven, met een focus op de maatregelen waar kennis als onvoldoende wordt beschouwd. Samengevat zijn de effecten van mestvolume- en gewasgerelateerde maatregelen redelijk goed in te schatten. Voor specifiekere bemestingsmaatregelen is vaak de definitie niet nauwgezet genoeg en/of is kwantificering lastiger. Dat geldt ook voor de maatregelen op het vlak van grondbewerking, waterhuishouding en inrichtingsmaatregelen op de perceelsrand.

In het 7e NAP zijn ook de maatregelen 'duurzame bouwplannen' en brede bufferstroken in beeld gekomen. Voor de effectschatting van de duurzame bouwplannen geldt dat deze maatregelen in feite een combinatie zijn van maatregel 15- 16 en 17 uit tabel 2.1. De onzekerheden rond effectschattingen van brede bufferstroken hangen vooral af hoe goed het gebied in kaart is gebracht qua diffuse nutriënten bronnen, hot-spots en geohydrologie.

In het DAW-programma wordt sterk ingezet om bodem-verbeterende maatregelen te stimuleren. Effecten hiervan zijn sterk afhankelijk van de uitgangssituatie, met name ten aanzien van de mate waarin de bodems zijn verdicht. Onderzoek^{7,8} heeft aangetoond dat het opheffen van verdichting in belangrijke mate de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor kan verminderen, maar ook dat de beschikbare kennis mager is. Met name is weinig concreet aan te geven in hoeverre de bodems verdicht zijn (ondergrond verdichting) of sprake is van slemp aan het bodemoppervlak. In het onderzoeksprogramma KLIMAP⁹ wordt kennis hierover verder ontwikkeld, mede op basis van veldexperimenten, maar deze zijn voornamelijk gericht op het effect op de waterkwantiteit.

⁵ Groenendijk, P., L. van Gerven, E. van Boekel en P. Schipper 2021. Maatregelen op en rond landbouwpercelen ter vermindering van de nutriëntenbelasting van water. Stowa-rapport KIWK 2021-54.

⁶ <https://agrarischwaterbeheer.nl/>

⁷ Groenendijk, P., P. Schipper, R. Hendriks, J. v. d. Akker en M. Heinen 2017. Effecten van verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit : deelstudies Goede Grond voor een duurzaam watersysteem. Wageningen Environmental Research rapport 2811.

⁸ Bolt, Frank van der; Cornelis, Wim ; Pue, Jan de; Hendriks, Rob ; Akker, Jan van den; Massop, Harry ; Joris, Ingeborg ; Dams, Jef ; Vos, Johan. 2016. Bodemverdichting in Vlaanderen : Gevolgen van bodemverdichting op het watertransport door een bodem. Wageningen Environmental Research rapport 2725 – 143

⁹ <https://www.klimap.nl/>

Tabel 2.1. Overzicht kennis(leemten) rond 25 maatregelen die voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit zijn beschouwd in het onderzoek van Groenendijk et al (2021). Oordeel over onderbouwing is gericht op hoe betrouwbaar het effect kwantitatief te maken is, en dus meegenomen kan worden in de modelberekeningen. Kwalitatieve oordelen staan in de kolom toelichting.

type maatregel	maatregel	definitie	onderbouwd effect	toelichting
mestvolume	1. Voorwaarden en gebruiksnormen voor scheuren grasland op zand- en lössgrond	++	++	zie website Commissie Deskundigen Meststoffenwet: https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Projecten/Commissie-van-Deskundigen-Meststoffenwet-CDM/Documenten.htm
	2a Aanpassing indeling fosfaatklassen en bijbehorende fosfaatgebruiksnormen	++		Hiervoor loopt anno 2021 onderzoek van LNV (Basis Onderzoek WUR)
	2b Verruiming P-norm bij toepassen org. stofrijke meststoffen op bouwland	+	+	zie bijlage Gerard Ros en Foeki x Plan MER Boekel et al
	3. Afstemmen bemesting op de N-mineralisatie	o	o	te vage omschrijving belemmert voorspellen effect. In scenario C PlanMER 7 ^e NAP is het meten van N _{min} in voorjaar op zand- en löss opgenomen (akkerbouw en tuinbouwteelt), waarbij met ingang van het 7e AP de N _{min} voorraad in de bodem in het voorjaar voor 50% wordt afgetrokken van de stikstofgebruiksnorm
mest toediening	4. Rijenbemesting van maïs op zand- en lössgrond	++	++	diverse recente (2019->) onderzoeken en CDM-adviezen
	5. Verschuiven uitrijdperiode drijfmest bouwland	++	?	effect sterk afhankelijk hoe in de landbouwpraktijk wordt gewerkt met te natte omstandigheden, ook met het oog op inschakeling loonwerk bedrijven
	6. Verruimen uitrijdperiode vaste mest op grasland	++	o	sterk afhankelijk hoe in de landbouwpraktijk wordt gewerkt tijdens ongunstige omstandigheden in het vroege voorjaar, ook met het oog op inschakeling loonwerk bedrijven
	7. Latere voorjaarstoediening van dierlijke mest op gras- en maisland	++	o	sterk afhankelijk hoe in de landbouwpraktijk wordt gewerkt tijdens ongunstige omstandigheden in het vroege voorjaar, ook met het oog op inschakeling loonwerk bedrijven
	8. Optimaliseren stikstofwerking van mest	o	o	Hiervoor lopen anno 2021 onderzoeken van LNV (Basis Onderzoek WUR)
	9. Drijfmest verdunnen bij uitrijden	+	+	Het effect is vooral verandering gewasgroei-opname, en wordt sterk bepaald door weerseffecten
mest samenstelling	10. Toepassing van minder uitspoelingsgevoelige minerale N-meststoffen	+	o	Het nut van de maatregel spitst zich toe op specifieke vroege (tuinbouw) gewassen
	11. Inzet van compost en organische mest	+	+	zie recente CDM-adviezen
Gewas	12. Eisen aan de teelt van vanggewassen en groenbemesters	++	++	relatief goed onderzocht, wordt gezien als beloftevolle maatregel
	13a Optimaliseren van landgebruik met gras en maïs	+	+	Onderzocht voor stikstof op proefboerderij De Marke (zandgrond); meer inzicht is wenselijk in langjarige doorwerking en wat de effecten zijn op andere bodemtypen (klei/zavel). Uitspoeling van P zou toegevoegd kunnen worden.
	13b Toepassing vruchtwisseling melkveebedrijf, gericht op behoud en opbouw org. stof	o	+	De maatregelen is vrij vaag omschreven. Voor enkele deelaspecten zijn effecten goed onderbouwd, maar niet voor totale bedrijfssysteem.
	14. Verlenging van de leeftijd van grasland	++	+	sterk afhankelijk hoe in de praktijk hiermee wordt omgegaan (hoeveel jaar verlengen, welk beheer om de kwaliteit van de grasmat te behouden)
	15. Gebruik van diepwortelende gewassen en rustgewassen	(o)++*	+	* de definitie van de maatregelen is in het concept 7e NAP beter ingevuld
	16. Op tijd zaaien en goed verzorgen van een vanggewas	+	++	relatief goed onderzocht, beloftevolle maatregel
	17. Bodembedekking door toepassing groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen	+	+	gedane proeven zijn vaak 1 - 2 jarig, effect op langere termijn onzeker en er is in proeven nog weinig gekeken naar het effect op de vochtbehouding

Tabel 2.1. (vervolg) Overzicht kennis(leemten) rond 25 maatregelen die voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit zijn beschouwd in het onderzoek van Groenendijk et al (2021).

type maatregel	maatregel	definitie	onderbouwd effect	toelichting
Grond-bewerking	18. Drempels bij ruggenteelten op klei- en löss (6e AP) en andere gronden (DAW)	+	0	Hiervoor loopt anno 2021 onderzoek van LNV (Basis Onderzoek WUR)
	19. Voorkomen van bodemverdichting door aanpassen wiellast	+	0	diverse kennisleemten: op een rij gezet in Groenendijk et al (2016) en van de Bolt (2016). De kennisleemte zit vooral in het feit dat het beeld van de verdichting niet scherp is. Daarbij is het effect moeilijk met procesmodellen te kwantificeren omdat de invloed van bodemleven op de doorlatendheid relatief onbekend is.
Waterhuis-houding	20. Toepassen van onderwaterdrainage in veengebieden	+	+(+)	Effect gebaseerd op diverse veldexperimenten. Echter anno 2021 nog wetenschappelijke discussies over onderzoeksresultaten.
Overig	21. Voorkomen erfafspoeling nutriënten	o	0/+	lopend onderzoek omdat huidige kwantificering die is opgenomen in de landelijke EmissieRegistratie erg onzeker was (geringe basis veldmetingen)
Inrichting	22. Onbemeste stroken langs waterlopen	+	+	nader gedefinieerd in het concept 7e NAP, een handreiking voor aanwijzing van bufferstroken in de regio wordt in 2022 ontwikkeld
	23. Natte bufferstroken	o	+	meer inzicht nodig voor lange termijn effect (sink-source)
zuiverende maatregelen	24. Gebruik baggerpomp voor effectief slootbaggeren	o	0	toepassing in veengebied, veldonderzoek ontbreekt, maar het effect lijkt zeer gering op basis van gedetailleerde modelverkenning in het veldonderzoek Proefpolder Veenweide Wilnis-Vinkeveen (Hendriks et al, 2021 in prep)
	25. Verwijdering van fosfaat uit drainagewater	+	lokaal	Toepassing spitst zich waarschijnlijk toe op percelen waar kapitaalintensieve gewassen worden geteeld, zoals bloembollen. De gedane veldproeven zouden langjariger doorgezet moeten worden om zicht te krijgen hoelang de sterke binding van fosfaat voortdoort, ook gelet op de levensduur van het drainagesysteem. NB. Onderzoek is Nederland was toegespitst op verwijdering van opgelost P met ijzerzand; Als P vooral gebonden is aan deeltjes (zoals in veel gebieden buiten de bollenregio), zijn andere filtermaterialen nodig.

2.3 Benodigde kennis rond toekomstige ontwikkelingen

Voor de ontwikkeling van kennis zijn de volgende ontwikkelingen relevant:

- a) Gebiedsgerichte aanpak in relatie tot monitoring
- b) Doelbereik 2027 en doelvertraging
- c) Klimaatverandering: adaptatie en mitigatie
- d) Landbouw en stikstofmaatregelen
- e) Behoeftte aan integraal afgewogen maatregelen
- f) Toename regelbare drainage systemen

In het navolgende worden ingegaan op de kennisleemten rond deze aspecten.

a) Gebiedsgerichte aanpak in relatie tot monitoring

Door belangenbehartigers van agrariërs wordt al langer een pleidooi gevoerd voor maatwerk bij het nemen van maatregelen. Voor het zevende Actieprogramma Nitraat heeft LTO het aanbod gedaan om in 2022 een gebiedsgerichte aanpak uit te werken waarbij rekening gehouden wordt met de opgave van de landbouw voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Vanuit het DAW wordt het agrarisch deel van de opgaven voor waterkwaliteit en waterkwantiteit samengevat in Gebiedsdocumenten Agrarisch Waterbeheer (GAW's). Deze worden opgesteld in 2021 en in 2022 vertaald naar handelingsperspectief voor agrarische ondernemers. Hiermee wordt vanuit DAW toegewerkt naar een bestuurlijke afspraak tussen de betrokken partners door het opstellen en ondertekenen van DAW Uitvoeringsprogramma's (DAW-UP's)¹⁰. Door verschillende partijen wordt het pleidooi voor meer maatwerk als een gerechtvaardigde wens gezien. Het beoordelen van de effectiviteit van een dergelijke aanpak vraagt om nieuwe kennis.

- Waar eerder met monitoringsgegevens verzameld ten behoeve van het opstellen van een landelijk beeld van de waterkwaliteit werd gewerkt, ontstaat nu de behoefte aan meer specifieke metingen en monitoring in de 'opgave-gebieden'. De ervaring heeft geleerd dat de uitbreiding of het opzetten van een nieuw meetnet voor monitoring van waterkwaliteit in de wateren waar landbouw een duidelijke invloed op uitoefent tijdrovend is. Voor de interpretatie van de gegevens en de rapportage ervan dient op voorhand een protocol te worden opgesteld. Daarnaast moet bedacht worden dat effecten van maatregelen die ingrijpen op bemesting, gewas en bodem voor fosfor en in sommige gebieden ook voor stikstof pas na een aantal jaren manifest worden.
- Door een gebiedsgerichte aanpak, waarbij per gebied een verschillende aanpak kan worden gekozen, ontstaat meer dan voorheen de behoefte om de trends in waterkwaliteit te relateren aan de genomen maatregelen. In de metingen van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) en van het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLISO) kunnen eventuele trends worden gedetecteerd, maar is het heel moeilijk en vaak onmogelijk om de trends te relateren aan specifieke maatregelen. Daarvoor is meer specifieke monitoring gericht op de betreffende maatregel nodig.
- Idealiter zouden de milieuprestaties van een agrarisch bedrijf via metingen kunnen worden beoordeeld. De emissies naar bodem, water en lucht zijn echter geen puntbronnen (zoals een effluentlozing) maar diffuse bronnen, waarbij de transportroutes en emissies sterk lokaal worden bepaald door het weer en de geohydrologische en morfologische situatie. Wel kunnen perceel-specifieke risicofactoren (zoals de risico's voor oppervlakkige afstroming) en kansrijke maatregelen worden aangegeven. Om de effectiviteit van maatwerk maatregelen op de emissies naar water goed in te kunnen schatten (kwantificeren) is wel nieuwe kennis nodig in de vorm van meer gedetailleerde informatie over meststoffengebruik, bodems, gewassen, de waterhuishouding en de eventuele rol van achtergrondbelasting op de uitspoeling van nutriënten. Daarnaast is ook meer bedrijfsspecifieke informatie nodig over de wijze waarop maatregelen in de praktijk worden toegepast en hoe dit zich verhoudt tot de situatie (landbouwpraktijk) die als referentie wordt beschouwd. Deze informatie is in te winnen bij de agrariërs in de 'opgave-gebieden' en het is de verwachting dat de administratieve belasting voor hen zal toenemen. Daarnaast is ook nieuwe kennis nodig voor het toepassen van meettechnieken die behoren bij het type gebied.

¹⁰ Kernteam DAW, Plan van Aanpak DAW Monitoring-voortgang & effect v/h DAW-programma. Versie februari 2022.

- In het KIWK-project Nutriëntenmaatregelen is, evenals in het project Sensorgestuurd Boeren (Aa en Maas) en het Watersnip-project dat wordt uitgevoerd door het RIVM, nieuwe kennis over de toepasbaarheid van meettechnieken gegenereerd. Een volgende uitdaging is om per type gebied een maatwerk monitoringssysteem te ontwikkelen waarmee de gebiedsgerichte aanpak gefaciliteerd kan worden.

b) Doelbereik 2027 en doelvertraging

Het is volgens verschillende beleidsnotities niet de verwachting dat de doelen van de Kaderrichtlijn Water in 2027 overal gerealiseerd zullen worden. Als in 2027 in een gebied niet aan de doelen wordt voldaan, dient onderbouwd te zijn dat de maatregelen die uiteindelijk tot doelbereik zullen leiden wel getroffen zijn. Ook dient de tijdstermijn waarop het doel wel gehaald wordt onderbouwd te zijn. Een dergelijke informatiebehoefte heeft betrekking op de toekomst en de voorspellingen vergen de inzet van rekenmodellen. Ten aanzien van de middellange- en lange termijn effecten van maatregelen zijn er in de modellen een aantal kennishiaten in de vorm van niet of moeilijk te valideren rekenmodules:

- Het gedrag van fosfaat in de bodem is in de afgelopen 50 jaar onderzocht vanuit het perspectief van bodemvruchtbaarheid en optimale gewasopbrengsten. Het gedrag van fosfaat in armere situaties is veel minder onderzocht. Sinds 25 jaar wordt een veldproef uitgevoerd met verschillende niveaus van fosfaatbemesting. De locaties op zandgrond zijn circa 10 jaar geleden tussentijds beëindigd. De informatie uit de veldproeven is waardevol, maar beperkt tot enkele locaties, waarbij steeds de vraag gesteld kan worden in welke mate de resultaten ook zouden gelden voor andere gebieden. Er is derhalve behoefte aan meer van zulke veldproeven en ook dat deze langjarig worden doorgezet. Ook dient bij deze proeven meer aandacht te zijn voor het meten van de effecten op concentraties in water dat uit- en afspoelt naar grond- en oppervlaktewater.
- Organische stof bestaat voor een groot deel uit componenten die binnen een jaar of binnen enkele jaren afbreken. Recent is de afbreekbaarheid van een aantal meststoffen opnieuw onderzocht. Een klein deel van toegediende organische stof is veel resistenter tegen afbraak. Het verhogen van het organische stofgehalte waarvan men gelooft dat het leidt tot een grotere benutting van nutriënten, vergt een lange termijn strategie. Lange termijn effecten op de opbouw van organische stof in zowel bovengrond als ondergrond van verschillende bodemtypen zijn veel minder bekend. De organische stofmodulen binnen uitspoelingsmodellen zijn doorgaans niet of nauwelijks gevalideerd voor verschillende omstandigheden.
- Maatregelen met een verminderde bemesting of het stopzetten van bemesting (bufferstroken) leiden doorgaans tot een verandering van vegetatie maar ook tot een veranderen van de samenstelling van de fosfaatvoorraad in de bodem en een verandering van het gedrag van organische stof. De rekenmodellen zijn onder dergelijke veranderende omstandigheden niet getoetst. Een dergelijk toetsing is wel wenselijk voor de onderbouwing van het realiseren van KRW-doelen op de middellange en lange termijn. Bufferstroken van enkele meters breedte kunnen bij een goede inrichting en goed onderhoud ook nutriëntenverliezen via oppervlakkige afstroming verminderen, maar ook dat effect is momenteel lastig te kwantificeren.

c) Klimaatverandering: adaptatie en mitigatie

Klimaatverandering leidt in de landbouw tot verschillende ontwikkelingen:

- Adaptatie: vermindering van de afhankelijkheid van de beschikbaarheid van zoet water onder droge omstandigheden. Aanpassing aan meer zilte omstandigheden in West- en Noord-Nederland
- Mitigatie: vermindering van de uitstoot van broeikasgassen en de vastlegging van koolstof in de bodem

Klimaatverandering met meer frequente weersextremen heeft effect op de uit- en afspoeling van nutriënten, maar ook de maatregelen voor adaptatie en mitigatie hebben effecten. Door klimaatverandering zal het moeilijker zijn om een optimale gewasproductie met minimale nutriëntenverliezen te realiseren. Door de mitigatie- en adaptatiemaatregelen zouden negatieve effecten gecompenseerd kunnen worden, maar het is op voorhand niet duidelijk of dit het geval zal zijn.

Met voorspellingen bij een veranderd klimaat dienen modellen rekening te houden met:

- Gewasgroei: hogere CO₂-concentraties in de atmosfeer, andere temperatuurregimes, vaker een extreem droge of extreem natte periode.
- Bodemprocessen: vaker perioden met een hoge neerslagintensiteit, hogere bodemtemperatuur. Mogelijk effecten op bodemstructuur.
- Waterhuishouding: meer extremen qua droogte of natte perioden, verminderde beschikbaarheid.

Om effecten van klimaatverandering met rekenmodellen te voorspellen is het nodig dat verschillende terugkoppelingen tussen het gewas – bodem – watersysteem beter in de modelconcepten van de uit- en afspoeling worden beschreven en geïmplementeerd. Dit maakt wel dat de complexiteit van het modelinstrumentarium waarschijnlijk zal toenemen en dat dus de kennisbasis voor de complexe terugkoppelingen voldoende moet zijn om de modelinstrumenten daarop aan te passen.

Voor de voorspelling van maatregelen in het kader van veranderend klimaat dient daarbij ook nog rekening gehouden te worden met de dynamiek van het landgebruik, de toevoer van extra of nieuwe organische materialen naar de bodem, en aanpassingen in het waterbeheer.

Voorspellingen van effecten vragen om een uitbreiding van de functionaliteit van rekenmodellen. Modulen met een sterk empirisch karakter die zijn afgeleid als statistische verbanden tussen beschrijvende variabelen en response variabelen zijn onder veranderde klimaatomstandigheden minder geldig. Voor het klimaat-robust maken van de modellen dienen dergelijke empirische verbanden vervangen te worden door mechanistische beschrijvingen. Hierbij dreigt wel het gevaar van 'over-parameterisering'; bij teveel onbekende of onzekere parameters kunnen verschillende combinaties van parameterwaarden tot dezelfde uitkomst leiden.

d) Landbouw en stikstofmaatregelen

Binnen de stikstofaanpak worden ook maatregelen overwogen waarmee een deel van de opgave voor de KRW gerealiseerd kan worden. Voor beekdalsystemen wordt gedacht aan een zonerings met brede buffers langs de beken en voor het veenweide gebied aan een verdere vernatting¹¹. Bij de zonerings met brede buffers in beekdalen is het de verwachting dat landbouwpercelen worden omgezet in natuur of dat een ingrijpende extensivering van het landgebruik plaatsvindt. Met dergelijke omstandigheden is in de rekenmodellen nog nauwelijks ervaring. Voor de voorspelling van effecten is het nodig dat hierbij gebruik wordt gemaakt van de gedetailleerde geohydrologische kennis en dat voorziene en gewenste ingrepen voor de gewenste grond- en oppervlaktewater regiem (GGOR) worden meegenomen in de beleidsevaluaties voor waterkwaliteit. Evenals voor klimaatverandering geldt dat onder nieuwe omstandigheden de empirische deelmodellen minder toepasbaar zijn en dat van de proces georiënteerde mechanistische deelmodellen het toepassingsbereik geëvalueerd moet worden.

e) Behoeftte aan integraal afgewogen maatregelen

Op verschillende niveaus is er een behoefte aan integrale afwegingsmogelijkheden. Op een agrarisch bedrijf komt een groot aantal beleidsopgaven samen waarvoor een agrariër een strategie moet ontwikkelen. Dit vraagt om een integraal afwegingskader.

Voor beleidsontwikkeling bestaat er eveneens een behoefte aan een integrale benadering waarin versterkende effecten en afwentelingseffecten zichtbaar worden. Waterbeleid, de stikstofaanpak, de klimaatmaatregelen en de landbouwtransitie hebben een verwevenheid. Tot nu toe was het voor het Planbureau voor de Leefomgeving lastig om consequenties van verkiezingsprogramma's voor de waterkwaliteit in beeld te brengen. Voor een dergelijke doorrekening is een relatief 'licht', flexibel voor invoer integrale scenario's aanpassingen en snel door te rekenen modelinstrumentarium nodig waarin voldoende rekening gehouden wordt met de processen waardoor waterkwaliteit wordt bepaald.

De behoefte aan integrale afweging vraagt enerzijds om een modelinstrumentarium met voldoende procesdetail waarin meerdere domeinen beschreven worden en anderzijds om een hiervan afgeleid instrumentarium dat ingezet kan worden voor de snelle beantwoording van beleids/politieke vragen.

¹¹ Groenendijk, 2021(c). Memo Kansen van de stikstofaanpak voor het doelbereik van de KRW voor nutriënten. [Wageningen Environmental research 2021.](#)

f) Toename regelbare drainage systemen

Effecten van maatregelen op percelen zijn afhankelijk van de referentie situatie, waarbij drainage een belangrijk aspect vormt. In toenemende mate wordt buisdrainage aangelegd, steeds vaker ook peilgestuurd (ookwel aangeduid als regelbare drainage). De registratie ervan is niet zodanig, dat op regionaal of landsdekkend niveau voor de percelen betrouwbare informatie beschikbaar is over de aanwezigheid van buisdrainage en de wijze waarop de drainageniveau worden gehanteerd.

2.4 Kennisontwikkeling modelleren vochthuishouding

Zoals aangegeven in de inleiding, hangt de modelmatige simulatie van de uit- en afspoeling nauw samen met de simulatie van de vochthuishouding van de landbouwgronden. In het onderzoeksprogramma Waterwijzer Landbouw¹² is en wordt hiervoor kennis opgebouwd. Vanuit dit programma kunnen de volgende kennisleemten en onzekerheden rond de modelsimulaties van de vochthuishouding met SWAP worden onderkend:

- De relatie tussen de transpiratie reductie en de drukhoogte wordt beschreven met de Feddes-curve. Deze curve is voor alle type gronden uniform. Voor kleigronden geeft deze methode veel droogtestress, hetgeen als niet-realistisch wordt gezien. De WUR onderzoekt een alternatieve methode om de transpiratie reductie voor kleigronden plausibel te kunnen simuleren.
- Fysische bodemeigenschappen (vochtkarakteristieken die bepalend zijn voor doorlatendheden, capillaire nalevering en gewasgroei): Zoals aangegeven in paragraaf 2.2 is het anno 2021 onzeker hoe betrouwbaar deze zijn, gelet op de intensieve grondbewerkingen en de risico's daarvan op bodemverdichting.

In het TKI-project Conceptuele modelverbetering NHI (TKI-DT ID DEL143) wordt gewerkt aan een verbeterde module voor wateropname in de wortelzone met aandacht voor wortel-bodem-interactie op basis van de concepten van De Willigen et al. en De Jong van Lier et al. Het ultieme doel van deze exercitie is een verbeterde bodemafhankelijke 'Feddes-functie' (macroscopisch reductiefunctie voor gewasopname). Daarnaast wordt in het TKI-project gewerkt aan het simuleren van een dynamische wortelverdeling. Door de wortelverdeling in de tijd aan te passen aan de hydrologische omstandigheden zal het model minder gevoelig worden voor de initieel opgelegde wortelverdeling.

2.5 Kennisleemten modelleren oppervlakkige afstroming

Het 1D / Quasi 2D modelconcept van SWAP-ANIMO leent zich niet goed om effecten te simuleren van maatregelen die ingrijpen op de oppervlakkige afstroming. Veelal wordt daarbij gewerkt met aannames over de mate waarin de oppervlakkige afstroming wordt geblokkeerd en/of aannames voor reductie van de stofvrachten naar het oppervlaktewater via oppervlakkige afstroming. Voor diverse maatregelen die ingrijpen op de oppervlakkige afstroming zijn deze aannames onzeker.

Validatiegegevens voor de huidige vrachten via oppervlakkige afstroming en het effect van maatregelen daarop zijn niet beschikbaar voor Nederland. Voor een betere modellering van oppervlakkige afstroming op hellende percelen kunnen (buitenlandse) procesbeschrijvingen voor erosie toepasbaar zijn. Binnen het Vlaamse nutriëntenemissiemodel voor de landbouw (NEMO) is bijvoorbeeld de Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) methode¹³ hiertoe geïmplementeerd. Voor oppervlakkige afstroming op vlakke percelen (via plassen die overlopen) is echter een andere benadering nodig (bijv. fill-and-spill, McDonnell et al., 2021¹⁴). Op klein schaalniveau (perceelniveau) kan oppervlakkige afstroming met 3D-modellen procesmatig gemodelleerd worden (Hydrus-3D / Hydrogeosphere). Afhankelijk van resultaten van zulke modelexercities zouden kennisregels voor extrapolatie naar gebieden kunnen worden afgeleid.

¹² Website Waterwijzerlandbouw: <https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/toepasbaarheid.html>

¹³ Mishra, S.K., & V.P. Singh, 2003: Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. Water Science and Technology Library. Springer, Dordrecht.

¹⁴ McDonnell, J. J., Spence, C., Karran, D. J., van Meerveld, H. J., & Harman, C. J. (2021). Fill-and-spill: A process description of runoff generation at the scale of the beholder. Water Resources Research 57.

Bovenop de kennisleemten en onzekerheden over de hoeveelheden water die oppervlakkig over de percelen afstromen, is de kwaliteit ervan (concentraties en verschijningsvormen N en P) onzeker. In onderzoek naar de uit- en afspoeling van nutriënten in veenbodems met een toemaakdek is gebleken dat een sterke en snelle voorkeursstroming optreedt via krimp-scheuren in het dunne toemaakdek en dat na een lange droge periode een belangrijk deel van optredende piekbuien oppervlakkig afstromen naar omliggende sloten (Rotterdam et al, 2021). Om in zulke situaties het watertransport (en daaraan gekoppeld nutriënten) adequaat te kunnen simuleren met SWAP zijn belangrijke aanpassingen nodig.

2.6 Kennisleemten modelleren interactie gewasgroei

Diverse factoren zorgen ervoor dat er belangrijke onzekerheden kunnen zijn als voor maatregelen een inschatting (vooraf opgelegde modelinput) gegeven moet worden voor de gewasgroei, en, daaraan gerelateerd, de stikstof en fosfor gehalten in het gewas dat wordt afgevoerd en de residuen die op het land achterblijven. Met de modules MEBOT en QUADMOD worden deze als input opgelegd aan ANIMO. Er is ook een mogelijkheid om dit meer interactief te simuleren door SWAP-ANIMO te koppelen aan het gewasgroeimodel WOFOST. De volgende onzekerheden rond dit gewasgroeimodel zijn gedestilleerd vanuit het onderzoek dat voor Waterwijzerlandbouw wordt uitgevoerd.

- De productie van droge stof wordt in WOFOST afhankelijk van de ontwikkelingsstadium verdeeld over verschillende onderdelen van het gewas. Effecten van klimaatverandering zouden beter gesimuleerd kunnen worden als deze verdeelsleutel van biomassa lopende het groeiseizoen reageert op de diverse ongunstige hydrologische condities.
- Hitte-stress kan geleid op de toenemende weersextremen in toenemende mate een rol spelen in de gewasgroei en -opbrengst. Hittestress wordt in SWAP-WOFOST echter nog niet meegenomen.
- Om de validatie van nat en droogteschade te verbeteren, zal in het TKI-project een methode worden uitgewerkt om de groenmonitordata (www.groenmonitor.nl) gebaseerd op de NDVI-waarnemingen (Europese Sentinelbeelden) op te schalen naar bodem-Gt-combinaties gekoppeld aan de BodemFysische EenhedenKaart (BOFEK). Deze data kunnen dan op verschillende schaalniveaus voor toetsing van het instrumentarium worden ingezet.

3 Aanbevelingen

In het voorgaande hoofdstuk is een overzicht gegeven van de kennisleemten die opgevuld zouden moeten worden voor een robuuste kwantificering van effecten van maatregelen om de uit- en afspoeling van nutriënten te verminderen. Om tegelijkertijd op alle gesignaleerde kennisleemten onderzoek in te zetten lijkt niet zinvol en een nadere uitwerking van een volgorde en tijdpad om aan de kennisleemten te werken wordt aanbevolen. In het navolgende worden enkele aanbevelingen gedaan waaraan voorrang verleend zou kunnen worden gelet op het belang van de kennisleemten voor robuuste uitspraken over effecten van maatregelen.

Aanbeveling 1: toetsing aan langjarige veldexperimenten

Voor het merendeel van de nutriëntenmaatregelen geldt dat de kwantificering van effecten op de uit- en afspoeling in aanvulling op monitoring ook procesmodellen ingezet moeten worden voor nadere duiding van monitoringsresultaten, voor extrapolatie naar andere locaties en voor extrapolaties naar toekomstige klimaatomstandigheden. Om die modellen robuuster te maken is het waardevol ze te toetsen aan langjarige veldproeven. Voor het simuleren van de opbouw van organische stof en het gedrag van fosfaat bij verschraling zijn gegevens nodig over concentraties in uit- en afspoeling over langere tijdperioden.

Aanbeveling 2: toetsing aan gegevens van pilotgebieden met intensieve monitoring

Daarnaast is het waardevol als procesmodellen getoetst kunnen worden in pilot catchments waar met intensieve monitoring gedetailleerd inzicht is in de in- en uitgaande water- en stromen, bodem- en grondwaterkwaliteit en waar ook relatief veel gegevens worden verzameld over de bemesting, gewasopbrengsten, berekening en lokale ontwatering. Hierbij kan gedacht worden aan de twee pilotgebieden Vuursteentocht en Vinkenloop van de Kennisimpuls en de vier catchments van het voormalige onderzoeksprogramma [Monitoring Stroomgebieden](#). In de regel geldt dat die gebieden steeds waardevoller worden naarmate langer (jaren) wordt doorgemeten, en dat de jaarlijkse kosten voor het doormeten in de tijd juist kunnen afnemen.

Aanbeveling 3: verzamelen aanvullende informatie door waterbeheerders

Naast intensieve monitoring in deze voorbeeld catchments, kunnen de KRW-opgaven voor landbouw en daaruit te destilleren uitvoeringsprogramma's in probleemgebieden beter met de modellen worden onderbouwd als meer systematisch op belangrijke uitwisselpunten en waterinlaatpunten de debieten worden bemeten en de locaties van de chemische monitoring meer op die uitwisselpunten worden toegespitst. Op deze manier kan de water- en stoffenbalans van de modellen worden getoetst.

Het aantal percelen met intensieve peilgestuurde buisdrainage neemt de laatste jaren toe. Aanbevolen wordt om na te gaan hoe in combinatie met handhaving laagdrempelig informatie verzameld kan worden (bijvoorbeeld t.a.v. de gehanteerde drainageniveaus, diepteniveau en onderlinge afstand van de drainbuizen, de kwaliteit in de verzamelputten, relevante perceelskenmerken), zodanig dat deze eenduidig in databases kunnen worden verwerkt om vervolgens op gebiedsniveau valide aannames in de procesmodellen te kunnen opnemen over de ontwatering.

Aanbeveling 4: meer integrale benadering van water en nutriënten in effectenstudies landbouw, bodembeheer en waterbeheer

Om de uit- en afspoeling verder te verminderen is het nodig dat de nutriëntenverliezen worden teruggedrongen. De gebruiksnormen voor mest zijn in de afgelopen jaar 25 jaar verlaagd en van agrariërs wordt verwacht dat ze efficiënter omgaan met meststoffen. Voor een aantal gewassen geldt dat bij de huidige gebruiksnormen geen maximale opbrengsten meer mogelijk zijn. Gegevens over de relatie tussen waterbeheer en gewasproductie zijn veelal verzameld in een tijd dat nutriënten niet beperkend waren. In de eerste versies van Waterwijzer Landbouw werd een mogelijke nutriëntenbeperking buiten beschouwing gelaten. In een meer recente versie wordt hieraan wel aandacht geschonken, echter de praktijkgegevens waaraan gecombineerde resultaten van

waterbeheer, gewasproductie en nutriëntentoestand van de bodem zijn te toetsen zijn spaarzaam. Aanbevolen wordt om in veldonderzoek gegevens te verzamelen over de genoemde interacties.

In het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer wordt veel verwacht van bodem-verbeterende maatregelen. Aanbevolen wordt om meer kennis op te bouwen over de effecten daarvan op de nutriëntenhuishouding van de bodems en de risico's op uit- en afspoeling, met name de bodems waar risico's zijn ten aanzien van bodemverdichting en slomp. Effectief zou daarvan aangesloten kunnen worden in het onderzoeksprogramma [KLIMAP](#), door daar meer accenten te leggen op de nutriëntenhuishouding.