

# Aanvullende maatregelen op het pakket van het zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn met een gebiedsgerichte oriëntatie



**Deltares**



**Aanvullende maatregelen op het pakket van het zevende Actieprogramma  
Nitraatrichtlijn met een gebiedsgerichte oriëntatie**



**Deltares**

## Aanvullende maatregelen op het pakket van het zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn met een gebiedsgerichte oriëntatie

<b>Opdrachtgever</b>	Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
<b>Contactpersoon</b>	Mevr. M. Koning
<b>Referenties</b>	
<b>Trefwoorden</b>	

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	1.0
<b>Datum</b>	19-11-2021
<b>Projectnummer</b>	11207723-000
<b>Document ID</b>	11207723-000-BGS-0001
<b>Pagina's</b>	30
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	Piet Groenendijk (WUR WenR)	Hans Aalderink (Deltares)	Gertjan Reinds (WUR WenR)	
	Erwin van Boekel (WUR WenR)	Mariëlle van Vliet (TNO)	Rob Nieuwenhuis (Deltares)	
	Joachim Rozemeijer (Deltares)		Denise Maljers (TNO)	
	Stefan Jansen(Deltares)			
	Jasper Griffioen (TNO/Universiteit Utrecht)			

# Samenvatting

In het concept zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn zijn maatregelen benoemd. Echter, aanvullende maatregelen kunnen overwogen worden, vooral omdat deze nodig zijn om doelen voor de waterkwaliteit van het oppervlaktewater te halen. In deze notitie worden een aantal aanvullende maatregelen beschreven, en wordt aangegeven hoe deze in verschillende regio's kunnen worden ingezet voor een gebiedsgerichte aanpak.

Op basis van bestaande rapportages is een inschatting gemaakt van het doelgat voor N en P in grond- en oppervlaktewater voor verschillende regio's. Deze inschatting kan gebruikt worden voor een gebiedsgerichte aanpak, waarbij afhankelijk van regionale doelen de meest passende maatregelen kunnen worden gekozen.

In dit document beschrijven we een zestal aanvullende maatregelen:

1. uitmijnen (van P)
2. teeltverbod (uitspoelingsgevoelige open-teelten in gebieden met een hoog risico op nitraatuitspoeling en belasting van oppervlaktewater)
3. multifunctionele bufferstroken (ingericht voor het optimaal afvangen van nutriënten)
4. brede beekdalen (brede buffers in beekdalen)
5. zuiveren drainagewater (met ijzerzand (voor opgelost P) of houtsnippers (voor N))
6. zuiveren oppervlaktewater (zuiveringsmoerassen, defosfatering).

Per maatregel is kort omschreven wat de maatregel inhoudt en wat de effectiviteit en toepasbaarheid is. Ook de tijdschaal van effectiviteit speelt een rol, waarbij bijvoorbeeld uitmijnen pas op termijn effect oplevert voor oppervlaktewater, terwijl het effect van zuiveren instantaan is. In dit document worden daarnaast mogelijke maatregelen per regio weergegeven op basis van het specifieke doelgat voor oppervlaktewater en gebiedskenmerken (zie de samenvattende Tabel 1).

Om daadwerkelijk te komen tot passende maatregelen is het noodzakelijk in te zoomen op hotspots binnen probleemstroomgebieden om uiteindelijk oorzaken en oplossingen te vinden op gebiedsniveau, bedrijfsniveau of zelfs perceelsniveau. Er is een eerste aanzet gegeven om te komen tot een dergelijke lokale invulling.

Tabel 1. Geschikte aanvullende maatregelen per gebied in relatie tot specifieke doelgat voor oppervlaktewater.

Gebied	Doelgat – N	Doelgat – P	Passende aanvullende maatregelen
<b>Hoog NL</b>			
1. Zand noord	Gering	Gering	Multifunctionele bufferstroken; brede beekdalen
2. Zand oost	Redelijk	Redelijk	Multifunctionele bufferstroken; brede beekdalen
3. Gelderse Vallei	Gering	Groot	Uitmijnen, multifunctionele bufferstroken
4. Westelijk en Midden Noord-Brabant zand	Tamelijk groot	Tamelijk groot	Multifunctionele bufferstroken; brede beekdalen
5. Oostelijk Noord-Brabant en Limburg zand	(Tamelijk) groot	Redelijk/tamelijk groot	Uitmijnen, teeltverbod, brede beekdalen
6. Lössgebied	Groot	Groot	Teeltverbod, uitmijnen, multifunctionele bufferstroken, brede beekdalen
<b>Laag NL</b>			
7. Noordelijk veengebied	Redelijk	Gering	Uitmijnen, extensiveren i.v.m. bodemdaling
8. Noordelijk zeekleigebied	Gering	Tamelijk groot	Zuiveren drainagewater, zuiveren oppervlaktewater
9. Westelijk zeeklei	Redelijk	Groot	Zuiveren drainagewater, zuiveren oppervlaktewater, multifunctionele bufferstroken
10. Zeeklei Centraal	Redelijk	Redelijk	Mogelijk hot spots. Zuivering drainagewater en slootwater, retentiebekkens, multifunctionele bufferstroken
11. Rivierengebied	Gering	Gering	Onder controle
12. Westelijk veengebied	Redelijk	Groot	Uitmijnen, extensiveren i.v.m. bodemdaling
13. Zuid-Westelijk zeekleigebied	Redelijk (lijkt eiland-specifiek)	Gering (m.u.v. Goeree-Overflakkee)	Zuiveren drainagewater, zuiveren oppervlaktewater, multifunctionele bufferstroken
14. Westelijk zandgebied (bollenregio)	Redelijk	Groot	Zuiveren drainagewater, zuiveren oppervlaktewater, multifunctionele bufferstroken

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Aanleiding en doel</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Aanpak</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Het doelgat en regionale verschillen</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Aanvullende maatregelen</b>	<b>13</b>
4.1	Groslijst maatregelen	13
4.2	Maatregelen bemesting en nutriëntenbeheer: Uitmijnen	14
4.3	Maatregelen bemesting en nutriëntenbeheer: Teeltverbod	16
4.4	Maatregelen functieverandering landgebruik: Multifunctionele bufferstroken	18
4.5	Maatregelen functieverandering landgebruik: Brede beekdalen	19
4.6	Maatregelen zuivering: Zuiveren drainagewater	21
4.7	Maatregelen zuivering: Zuiveren oppervlaktewater	23
<b>5</b>	<b>Voorbeelden van regio-specifieke toepassing van maatregelen</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Handreiking voor gebiedsgerichte keuze van maatregelen</b>	<b>28</b>
	<b>Referenties</b>	<b>29</b>

# 1 Aanleiding en doel

In de kamerbehandeling van het concept zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn 15 september 2021 heeft de minister van LNV aangegeven dat het programma niet in beton gegoten is en dat eventueel vervangende en/of aanvullende maatregelen overwogen kunnen worden. Een voorwaarde hierbij is dat eventueel vervangende en/of aanvullende maatregelen ook effectief dienen te zijn voor de verbetering van de kwaliteit van oppervlaktewater met betrekking tot nutriënten. Hier is vooral behoefte aan omdat onder meer uit de Milieueffectrapportage van het concept zevende Actieprogramma (Van Boekel et al., 2021) blijkt dat voor grondwater waterkwaliteitsdoelen wel grotendeels gehaald kunnen worden, maar voor oppervlaktewater niet. De auteurs van onderhavige notitie zijn uitgenodigd om mee te denken bij het opstellen van een lijst met dergelijke maatregelen gericht op het verbeteren van de oppervlaktewaterkwaliteit. In een gesprek op 20 september 2021 hebben de auteurs toegezegd een notitie op te stellen waarin maatregelen worden gerelateerd aan gebiedseigenschappen om daarmee een eerste invulling te geven aan een gebiedsgerichte aanpak. De focus ligt op landbouwmaatregelen die voor 2027 geïmplementeerd kunnen worden en die bijdragen aan het halen van de KRW-doelen voor nutriënten in oppervlaktewater.

## 2 Aanpak

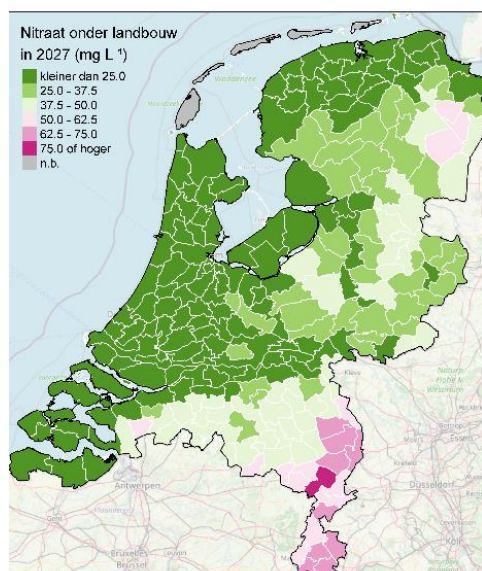
De betrokken experts hebben op basis van bestaande kennis en *expert judgement* maatregelen geselecteerd die in aanmerking komen. Deze maatregelen worden kort beschreven en per maatregel wordt aangegeven wat de verwachte effectiviteit is, in welke setting de maatregel toepasbaar is en er worden referenties gegeven waarin meer informatie te vinden is met betrekking tot deze maatregel. Deze notitie geeft daarmee inspiratie voor gebiedsspecifieke extra maatregelen, die ingezet kunnen worden op locaties waar metingen laten zien dat de verliezen naar het oppervlaktewater te groot zijn.

We beschrijven eerst het doelgat en maken een inschatting hiervan per regio. Dit is leidend bij een gebiedsgerichte aanpak, waarbij afhankelijk van regionale doelen en doelgaten de meest passende maatregelen kunnen worden gekozen. Vervolgens wordt een selectie van aanvullende/vervangende maatregelen beschreven. Hierbij wordt per maatregel kort omschreven wat de maatregel inhoudt en wat de effectiviteit en toepasbaarheid is. Als voorbeeld wordt voor drie regio's met een duidelijk doelgat een voorstel gegeven voor maatregelen die bij de regio en het specifieke doelgat aansluiten. We sluiten de notitie af met een aanzet voor een handreiking voor de gebiedsgerichte inzet van maatregelen.



### 3 Het doelgat en regionale verschillen

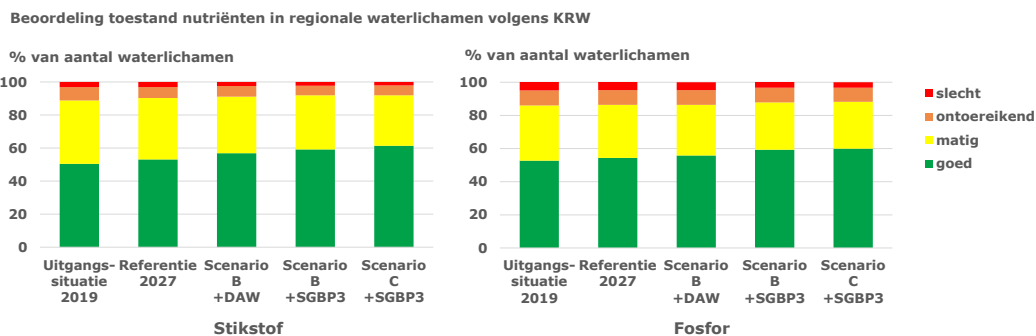
Voor nitraat in uitspoelingswater uit de wortelzone bestaat het beeld dat met de thans voorgenomen maatregelen in 2027 op gebiedsniveau gemiddeld aan de norm van  $50 \text{ mg L}^{-1}$  voldaan zal worden (Van Boekel et al., 2021). Dat wordt ook voor het zuidelijk zandgebied verwacht. Een gebiedsgemiddelde waarde net onder de  $50 \text{ mg L}^{-1}$  (lichtgroene deelgebieden in Figuur 1) betekent wel dat in een deel van het gebied nog niet aan  $50 \text{ mg L}^{-1}$  voldaan zal worden. De gebiedsgemiddelde concentratie geldt immers voor alle typen landgebruik binnen dat gebied.



Figuur 1. Berekende nitraatconcentratie onder landbouwgrond in 2027 bij een maximale inzet van DAW-maatregelen (scenario 'maximaal' in Nationale Analyse) en een hoger aandeel rustgewassen in het bouwplan van akker- en tuinbouwbedrijven (Van Boekel et al, 2021).

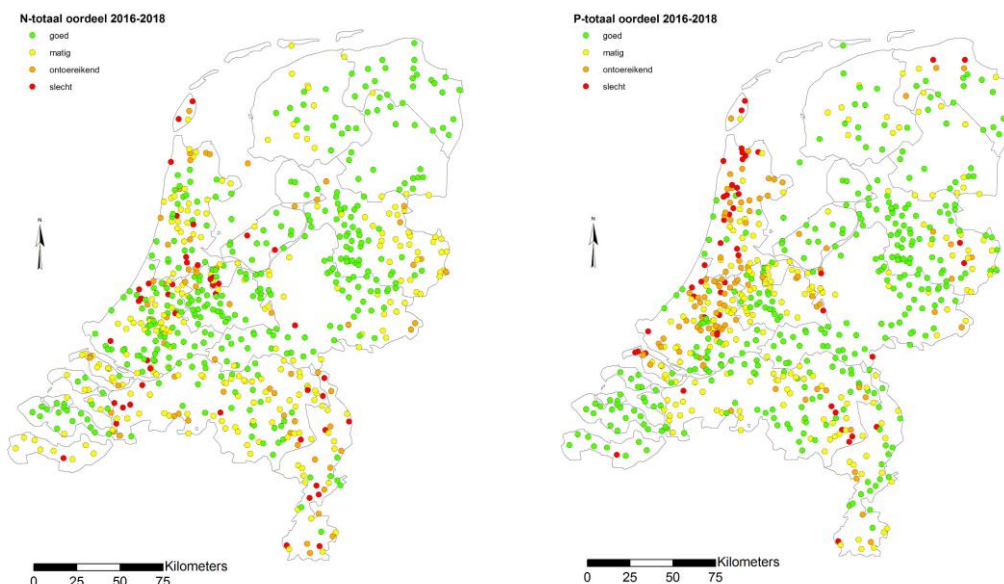
Bij het bereiken van het nitraatdoel van gebiedsgemiddeld maximaal  $50 \text{ mg L}^{-1}$  in het bovenste grondwater wordt echter nog niet altijd aan de doelen van de KRW in oppervlaktewater voldaan (Van den Roovaart et al., 2020; Schipper et al, 2021). Ook voor P geldt dat uit- en afspoeling vanuit de landbouw nog in veel oppervlaktewateren voor te hoge concentraties zorgt.

In de *ex ante* analyse van de 3<sup>e</sup> stroomgebiedbeheerplannen (Van der Linden et al., 2021, Knoben et al., in prep.) is geconcludeerd dat in de uitgangssituatie (2019) ongeveer de helft van de regionale waterlichamen aan de normen voor stikstof of fosfor voldoet (goede toestand). In het meest vergaande scenario (scenario C + SGPB3) voldoet in 2027 iets meer dan 60% van de KRW-waterlichamen aan de stikstof- en fosfornormen voor een goede kwaliteitsstatus (Figuur 2).

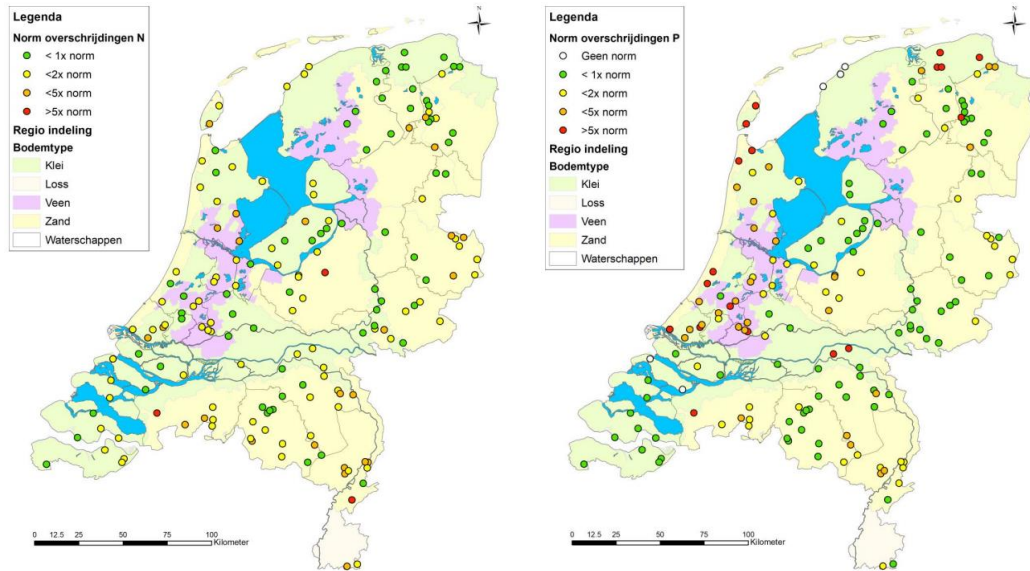


Figuur 2. Aandeel waterlichamen dat voldoet aan nutriëntenormen voor de uitgangssituatie in 2019 en het referentiejaar 2027 en voor de verschillende scenario's (Van der Linden et al., 2021).

Figuur 3 geeft de KRW beoordeling voor N en P voor alle oppervlaktewaterlichamen. Figuur 4 geeft de mate van de normoverschrijding van de gemiddelde N en P-concentraties in de zomer over de jaren 2015 t/m 2018 op de locaties van het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLISO) ten opzichte van de door de Waterschappen aangegeven doelen voor deze locaties.



Figuur 3. KRW-beoordeling 2016-2018 voor N-totaal en P-totaal per waterlichaam (Van Duijnhoven et al., 2019).



Figuur 4. Mate van overschrijding van N- en P-concentraties in het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO) in de periode 2015 – 2018 ten opzichte van de door de Waterschappen aangegeven doelen voor deze locaties (Buijs et al., 2020).

Voor de zandgebieden komt hieruit het volgende beeld naar voren:

- In het noordelijk zandgebied (Drenthe, Zuid-west Friesland, Zuid Groningen) vertonen de waterlichamen geen doelgat voor stikstof en vertonen enkele waterlichamen een doelgat voor fosfor.
- In het oostelijk zandgebied (Twente, Achterhoek) vertonen de meeste waterlichamen een doelgat voor stikstof en een kleiner aantal voor fosfor.
- In de Gelderse Vallei vertonen enkele waterlichamen een doelgat voor stikstof en vertonen de meeste waterlichamen een doelgat voor fosfor. De mate van normoverschrijding voor fosfor is groter dan voor stikstof.
- In het westelijk deel van Noord-Brabant worden zowel de normen voor stikstof als voor fosfor overschreden in het KRW-meetnet en in het MNLSO.
- In het middendeel van Noord-Brabant (beheersgebied van waterschap De Dommel) worden de normen voor stikstofconcentraties vaker en in sterkere mate overschreden dan voor fosfor.
- In het oostelijk deel van Noord-Brabant en het noordelijk deel van Limburg worden zowel de normen voor stikstof als voor fosfor overschreden in het KRW-meetnet en in het MNLSO. De normen voor stikstof worden op meer plaatsen overschreden dan voor fosfor.

Voor het rivierengebied hebben de meeste meetpunten van het KRW-meetnet geen doelgat. In Friesland en Flevoland voldoet een aantal meetpunten niet aan de doelen. De mate van normoverschrijding in Friesland is beperkt. De meeste meetpunten voldoen aan de norm of hebben de status matig (KRW-meetpunten), de normoverschrijding voor een paar MNSLO-meetpunten is kleiner dan 2x. In Flevoland voldoen de meeste KRW-meetpunten en MNSLO-meetpunten aan de norm, voor een aantal meetpunten vindt een overschrijding plaats. In het westelijk veengebied (veengebieden in Zuid- en Noord-Holland en Utrecht) voldoen veel meetpunten niet aan het doel voor fosfor. Ook voor stikstof is er een opgave, maar in mindere mate dan voor fosfor. Dit geldt ook voor het westelijke zeekleigebied (zeekleipolders van Texel tot Voorne-Putten).

Voor een gebiedsgerichte benadering van maatregelen gericht op de aanpak van belasting uit de landbouw kan gedacht worden aan de indeling voor het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM)-gebieden met een verfijning in het centrale zandgebied en het zuidelijke zandgebied:

1. Zand noord
2. Zand oost
3. Gelderse Vallei
4. Westelijk Noord-Brabant zand
5. Oostelijk Noord-Brabant en Limburg zand
6. Lössgebied
7. Noordelijk veengebied
8. Noordelijk zeekleigebied
9. Westelijk zeeklei (Texel tot Voorne-Putten)
10. Centraal zeeklei (Flevopolders)
11. Rivierengebied
12. Westelijk veengebied
13. Zuid-Westelijk zeekleigebied (Goeree-Overflakkee, Zeeland, NW Brabant tot Biesbosch)
14. Westelijk zandgebied (bollenregio)

Maatregelen kunnen verschillende effecten hebben voor verschillende bodemtypen, verschillende gewassen en verschillende ontwateringssituaties. Met een regio-indeling zoals hierboven is de combinatie van bodemtype en ontwateringssituatie redelijk goed te beschrijven. Bij de selectie van maatregelen dient nog wel een onderscheid te worden gemaakt in gewastype (grasland, snijmais, akker- en tuinbouw).

Op basis van de bovenbeschreven informatie en recente gegevens kan een globale beschrijving van het huidige doelgat voor fosfor en stikstof voor het oppervlaktewater en voor nitraat voor het grondwater worden gemaakt (Tabel 2). In Tabel 2 is in meer gebieden een doelgat voor nitraat in het bovenste grondwater dan in Figuur 1; het betreft immers de huidige situatie terwijl Figuur 1 een toekomstscenario met maximale inzet van DAW en rustgewassen is.

Tabel 2. Inschatting van doelgat per regio voor fosfor en stikstof voor het oppervlaktewater, en voor nitraat voor het grondwater.

	Zand noord	Zand oost	Gelderse Vallei	Westelijk Noord-Brabant zand	Oostelijk Noord-Brabant en Limburg zand	Lössgebied	Noordelijk veengebied	Noordelijk zeekleigebied	Westelijk zeeklei	Centraal zeeklei (Flevopolders)	Rivierengebied	Westelijk veengebied	Zuid-Westelijk zeekleigebied	Westelijk zandgebied (bollenregio)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P oppervlaktewater	oranje	oranje	rood	oranje	oranje	rood	oranje	oranje	rood	oranje	oranje	rood	oranje	rood
N oppervlaktewater	oranje	oranje	oranje	oranje	oranje	rood	oranje	oranje	oranje	oranje	oranje	oranje	oranje	oranje
Nitraat grondwater	oranje	oranje	rood	oranje	rood	rood	oranje	oranje	oranje	oranje	oranje	oranje	oranje	oranje

groen – geen opgave

rood – grote opgave

oranje – beperkte opgave

## 4 Aanvullende maatregelen

### 4.1 Groslijst maatregelen

In dit document beschrijven we een aantal aanvullende maatregelen die overwogen kunnen worden voor het zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Gezien de regionale verschillen in doelgaten, maar ook in andere factoren zoals bodem- en waterkarakteristieken, komen voor verschillende regio's verschillende maatregelen meer of minder in aanmerking.

We hebben de maatregelen in de volgende blokken gerangschikt:

Blok A: Bemesting en nutriëntenbeheer

1. Uitmijnen (van P)
2. Teeltverbod (uitspoelingsgevoelige open-teelten in gebieden met een hoog risico op nitraatuitspoeling en belasting van oppervlaktewater)

Blok B: Functieverandering landgebruik

3. Multifunctionele bufferstroken (ingericht voor het optimaal afvangen van nutriënten)
4. Brede beekdalen (brede buffers in beekdalen)

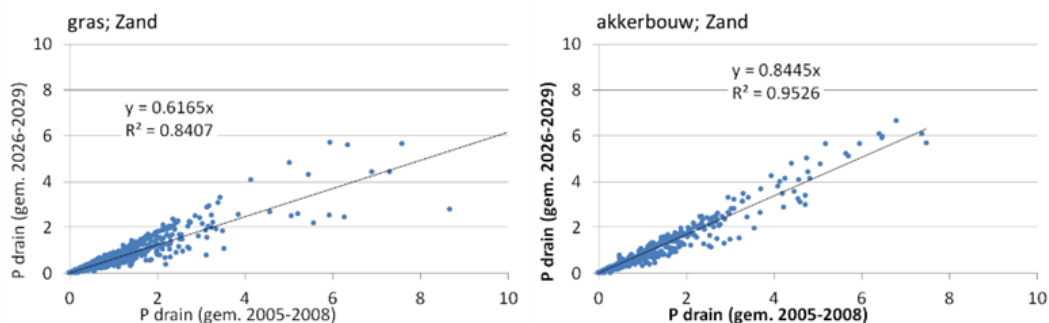
Blok C: N- en P-verwijdering uit water (zuivering)

5. Zuiveren drainagewater (met ijzerzand (voor opgelost P) of houtsnippers (voor N))
6. Zuiveren oppervlaktewater (zuiveringsmoerassen, defosfatering)

We beschrijven de belangrijkste kenmerken van deze maatregelen in de volgende paragrafen. Eigenschappen zoals de effectiviteit en toepasbaarheid zijn ingeschat op basis van *expert judgement* en bestaande kennis. We hebben niet tot doel volledig te zijn wat betreft mogelijke maatregelen en hun beschrijving; het doel is vooral om een indruk te geven van de belangrijkste karakteristieken wat betreft de effectiviteit en regionale toepasbaarheid van deze maatregelen.

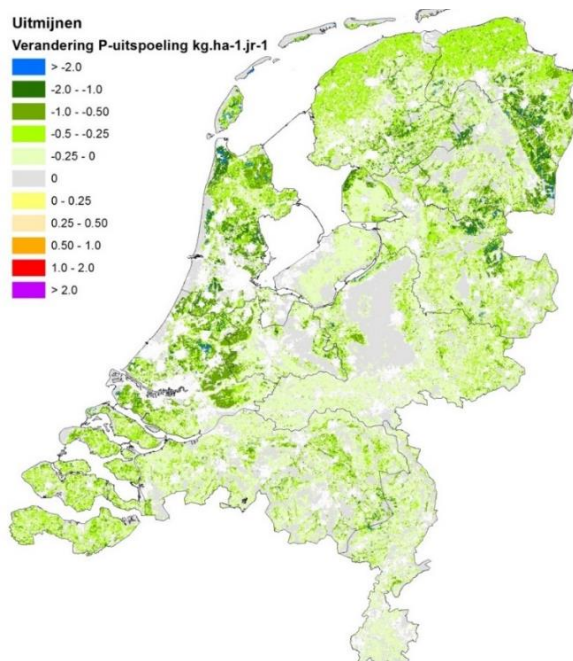
## 4.2 Maatregelen bemesting en nutriëntenbeheer: Uitmijnen

De historische fosfaatvoorraad wordt bij uitmijnen geleidelijk verminderd. Uitmijnen kan interessant zijn voor landbouwgronden die een relatief groot risico vormen voor de P-belasting van oppervlaktewater. Dit zou kunnen met een mengteelt van gras en klaver waarbij alleen een kaliumbemesting en eventueel zwavelbemesting wordt toegepast (Timmermans et al, 2010). Door de klaver wordt lucht-stikstof gebonden wat ter beschikking komt voor de groei van het gras. Het gras onttrekt fosfaat aan de bodem waardoor de voorraad wordt uitgemijnd. Giften met aanvullende mineralen zijn nodig om de productie op peil te houden waarmee de uitmijn-snelheid gewaarborgd blijft. Door Van der Salm et al (2015) is een verkenning uitgevoerd naar het effect van onder andere fosfaatuitmijnen van landbouwgronden aan de hand van een modelberekening voor een periode van 20 jaar waarbij verondersteld is dat direct na de referentieperiode de maatregel werd ingevoerd. De afname van de P uit- en afspoeling na invoering van deze maatregel is berekend door de gemiddelde waarden voor de referentieperiode (2005-2008) te vergelijken met die van 2026-2029. Met deze waarden zijn regressievergelijkingen opgesteld waarbij de uitspoeling na invoering van de maatregel gerelateerd is aan de oorspronkelijke uitspoeling.



Figuur 5. Regressierelaties van de berekende P uit- en afspoeling na 20 jaar uitmijnen t.o.v. oorspronkelijke P-uitspoeling ( $\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ ) (Van der Salm et al, 2015).

Figuur 5 laat zien dat in een periode van 20 jaar uitmijnen van een zandbodem een vermindering van de P-uitspoeling met 15 – 40% optreedt. De vermindering bij grasland (ca 40%) is groter dan bij akkerbouw (ca 15%), omdat bij grasland vaker een nat perceel en bij akkerbouw vaker buisdrainage verondersteld wordt. De resultaten van deze analyse zijn vertaald naar een kaartbeeld (Figuur 6).



Figuur 6. Verandering van de P-uitspoeling ( $\text{kg ha}^{-1} \text{jr}^{-1}$ .) na 20 jaar uitmijnen ten opzichte van de oorspronkelijke uitspoeling zoals afgeleid in de verkenning van Van der Salm et al. (2015).

## 4.3 Maatregelen bemesting en nutriëntenbeheer: Teeltverbod

De Mestwetgeving maakt onderscheid tussen niet-uitspoelingsgevoelige gewassen en uitspoelingsgevoelige gewassen. Uitspoelingsgevoeligheid ontstaat doordat een gewas onvoldoende in staat is nutriënten op het juiste tijdstip en in de juiste hoeveelheid te benutten. Het gaat vaak gepaard met een risico op emissies. In gebieden met een grote uitspoelingsgevoeligheid waar de bescherming van het watersysteem speciale aandacht vraagt, zoals grondwaterbeschermingsgebieden, en gebieden in het Natuurnetwerk en plateaus met een laag reactieve en goed doorlatende ondergrond, zou een verbod op enkele open teelten overwogen kunnen worden.

Gerichte metingen in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) van de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater op landbouwbedrijven in de zandregio laten zien dat de teelt van (permanent) gras voor weinig nitraatuitspoeling zorgt, terwijl veel andere gewassen (bijv. blad- en stengelgroenten) gepaard gaat met een hoge nitraatuitspoeling (Tabel 3).

Tabel 3. Statistieken van de nitraatconcentratie (mg nitraat per L) in het bovenste grondwater in de zandregio per bedrijfscategorie en gewasgroep voor de periode 2009-2017, bepaald met de nitraatsneltest. Weergegeven zijn de mediane waarde en de 25% en 75% percentielen voor gewassen in grondsoortregio's, waarbij er minimaal 10 puntmetingen per meetjaar en 10 bedrijven per bedrijfscategorie en gewasgroep over de landbouwpraktijkjaren 2009-2017 beschikbaar zijn (Bron: LMM)<sup>1</sup>.

Bedrijfscategorie	Gewasgroep	Nitraatconcentratie (mg/l)		
		Mediaan (50%)	Eerste kwartiel (25%)	Derde kwartiel (75%)
Melkvee	Gras	7	5	37
	Mais	62	8	117
Akkerbouw	Aardappel	45	6	97
	Blad- en stengelgroente	113	42	168
	Gerst	48	9	83
	Mais	68	7	132
	Suikerbiet	49	7	95
	Tarwe	51	6	107

Ander onderzoek in het programma Kennis Impuls Waterkwaliteit (nog niet gepubliceerd) geeft een aanwijzing dat ook de teelt van bloembollen in het zuidelijke zandgebied gepaard gaat met een hoge nitraatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. De arealen van individuele uitspoelingsgevoelige gewassen zijn in veel gebieden beperkt (zie Tabel 4), maar het zijn vaak wel de hot spots die relatief veel bijdragen aan de belasting van het oppervlaktewater. In relatief natte gebieden kan het stoppen met deze teelten snel effect hebben op de stikstofconcentraties in het oppervlaktewater. Bij een teeltverbod op uitspoelingsgevoelige plateaus is door de hydrologische reistijd het effect op het oppervlaktewater vertraagd.

<sup>1</sup> [https://www.rivm.nl/nieuws/verkenning-gewasspecifieke-nitraatuitspoeling-in-lmm?utm\\_source=Measuremail&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=LMM+nieuwsbrief+\(NL\)](https://www.rivm.nl/nieuws/verkenning-gewasspecifieke-nitraatuitspoeling-in-lmm?utm_source=Measuremail&utm_medium=email&utm_campaign=LMM+nieuwsbrief+(NL))



Tabel 4. Arealen landbouwgewassen in hectaren en percentages in de zandregio's en de lössregio volgens de BasisRegistratie Percelen 2019.

	Zand noord regio		Zand midden regio		Zand zuid regio		Löss regio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Grasland permanent	109693	39.7%	166120	55.2%	56721	23.2%	8661	30.9%
Grasland tijdelijk	29971	10.8%	47153	15.7%	41139	16.8%	2336	8.3%
Snijmais	28478	10.3%	56163	18.7%	51935	21.2%	3141	11.2%
Consumptieaardappel	6534	2.4%	4350	1.4%	19085	7.8%	2321	8.3%
Zetmeelaardappel	37153	13.4%	4323	1.4%	10	0.0%	1	0.0%
Pootaardappel	4453	1.6%	1966	0.7%	1005	0.4%	65	0.2%
Suikerbieten	19286	7.0%	2523	0.8%	9581	3.9%	2995	10.7%
Voederbieten	403	0.1%	424	0.1%	458	0.2%	30	0.1%
Wintertarwe	6921	2.5%	1257	0.4%	3772	1.5%	4199	15.0%
Zomertarwe	2892	1.0%	851	0.3%	761	0.3%	126	0.4%
Zomergerst	12921	4.7%	2238	0.7%	2078	0.8%	396	1.4%
Overige granen	1956	0.7%	2136	0.7%	2401	1.0%	1174	4.2%
Zaaiui+plantui	2431	0.9%	640	0.2%	3057	1.2%	365	1.3%
Korrelmais	1248	0.5%	2468	0.8%	8083	3.3%	353	1.3%
Vruchtbomen	26	0.0%	100	0.0%	1700	0.7%	937	3.3%
Aardbei	36	0.0%	34	0.0%	1760	0.7%	7	0.0%
Lelie	1796	0.6%	869	0.3%	1550	0.6%	0	0.0%
Overige bloembollen	573	0.2%	200	0.1%	364	0.1%	0	0.0%
Groenten	1113	0.4%	629	0.2%	16437	6.7%	175	0.6%
Boom- en sierteelt	2707	1.0%	4423	1.5%	10309	4.2%	119	0.4%
Overig	5842	2.1%	2246	0.7%	12412	5.1%	634	2.3%
Totaal	276433	100.0%	301114	100.0%	244617	100.0%	28037	100.0%

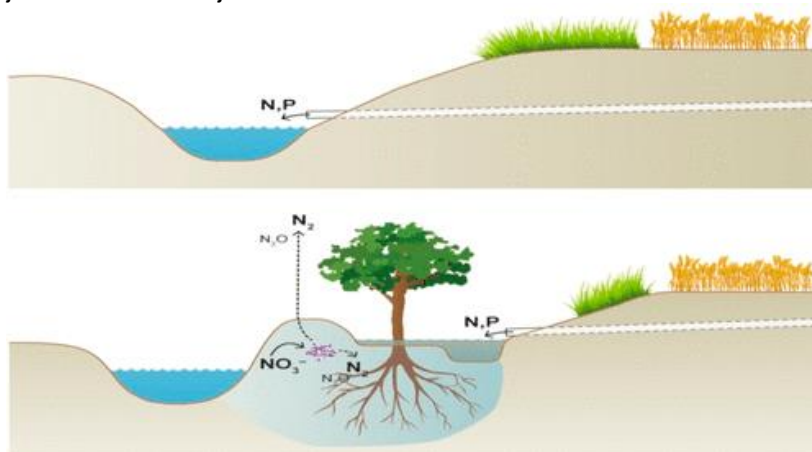
Een eventueel verbod op teelten is alleen zinvol binnen een gebiedsgerichte aanpak, voor gebieden met een grote opgave voor de vermindering van N-uitspoeling naar oppervlaktewater als gevolg van een grote uitspoelingsgevoeligheid van de landbouwgronden en een intensief bouwplan. Detailmetingen kunnen helpen om hot spots van nutriëntenverliezen naar grond- en oppervlaktewater te identificeren en per gebied concreet te maken welke intensieve teelten voor de meeste belasting zorgen. Aanbevolen wordt om de juridische mogelijkheden van een teeltverbod in bepaalde gebieden in het licht van de nieuwe Omgevingswet nader in kaart te brengen.

## 4.4 Maatregelen functieverandering landgebruik: Multifunctionele bufferstroken

Een multifunctionele bufferstrook is een overgangszone tussen percelen en oppervlaktewater die ingericht is om de nutriëntenverliezen zoveel mogelijk te beperken (Stutter et al., 2019). Dit gaat verder dan een droge bufferstrook, waarin alleen niet meer bemest wordt. In een multifunctionele bufferstrook is ruimte om oppervlakkige afstroming af te remmen en sediment (inclusief gebonden nutriënten en organisch materiaal) af te vangen en zo de belasting van oppervlaktewater te verminderen (zie Figuur 7). Gronddeeltjes kunnen afgevangen worden met bezinkgreppels en -poelen in de bufferstrook. Ook natuurlijke begroeiing helpt bij het invangen van gronddeeltjes en het vastleggen van nutriënten. Het onderhoud is hierbij belangrijk; de opgevangen gronddeeltjes en het maaisel worden uit de bufferstrook verwijderd en lokaal hergebruikt.

Oppervlakkige afstroming treedt veelal niet over de hele breedte van een sloot op, maar concentreert zich vaak op relatief lage plekken langs de sloot. Op deze plekken is de bufferstrook breder en kan ook een bezinkpoel aangelegd worden. In gedraineerde percelen komen de drains in de bufferstrook uit op een blinde bezinkgreppel of -poel met een overloop richting het oppervlaktewater.

Naast de voordelen met betrekking tot nutriëntenverliezen leveren multifunctionele bufferstroken een bijdrage aan de doelstellingen met betrekking tot biodiversiteit, koolstofvastlegging en waterconservering (Stutter et al., 2019). Economische baten zijn mogelijk door de oogst van snelgroeiende natte biomassa (bijv. wilgen, riet, lisdodde). Multifunctionele bufferstroken kunnen leiden tot een maandelijks gemiddelde verwijdering van 10-67% voor N en 31-69% voor P, met de meeste verwijdering tijdens warme periode (Zak et al., 2018). Multifunctionele bufferstroken zijn overal toepasbaar langs oppervlaktewater. Het afvangen van gronddeeltjes is vooral relevant voor percelen die niet jaarrond bedekt zijn.



Figuur 7. Voorbeeld van een ca. 5 meter brede multifunctionele bufferstrook; boven de uitgangssituatie en onder de multifunctionele bufferstrook (Zak et al, 2018).

## 4.5 Maatregelen functieverandering landgebruik: Brede beekdalen

In een aantal gebieden ligt een duidelijke opgave om de stikstofbelasting van oppervlaktewater te verminderen. Binnen de zandgebieden concentreert de opgave van landbouw voor de KRW zich op het oostelijk deel van Overijssel en Gelderland (Twente en Achterhoek) en op het oostelijk deel van Noord-Brabant en Limburg.

Bij het uitvoeren van stikstofmaatregelen voor de ontwikkeling en instandhouding van natuurwaarden is het nodig om naar het gehele beeksystemen te kijken. Binnen beeksystemen worden kwelzones met grondwaterafhankelijke natuur beïnvloed door hoger gelegen infiltratiegebieden en worden benedenstrooms gelegen natuurzones beïnvloed door de toestroom van water en stoffen uit bovenstrooms gelegen gebieden. Voor een vermindering van de N-belasting van oppervlaktewater op gebiedsniveau is een substantieel areaal nodig (bijv. ca. 100 - 250 meter ter weerszijde van de beek). Met deze breedtes worden in smalle beekdalen tientallen procenten van het landbouwareaal als bufferzone bestemd.

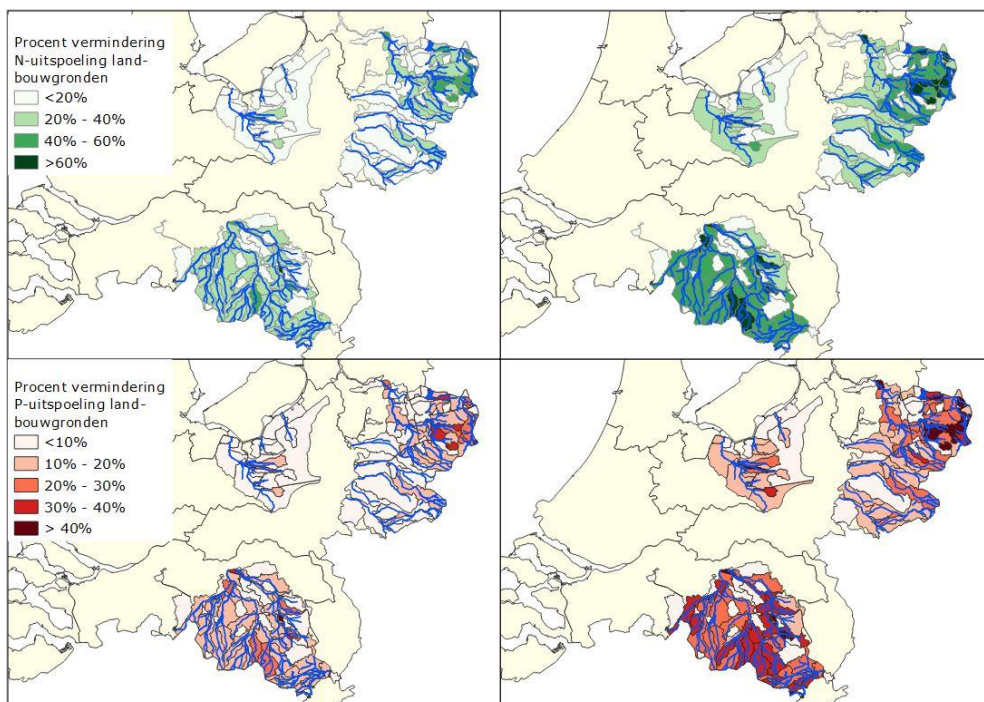
Om bufferzones zo effectief mogelijk in te zetten voor zowel de stikstofaanpak als het doelbereik van de KRW kan een selectie gemaakt worden van beken in gebieden met een relatief grote opgave voor de KRW en in de omgeving van N2000-gebieden. Dit betreft beken in Twente, Achterhoek, Gelderse Vallei en het oosten van Noord-Brabant en Limburg. Daarnaast kunnen bufferzones langs beken zo worden aangelegd dat ze een bijdrage kunnen leveren aan het realiseren van het Natuurnetwerk.

Effecten treden vooral voor fosfor niet onmiddellijk op na het nemen van de maatregel: het bodem-gewassysteem heeft een geheugen van meerdere jaren. Het kan tientallen jaren duren voordat de fosforuitspoeling en -afspoeling met enkele tientallen procenten afneemt na het inwerking treden van een uitmijningsregime. Een combinatie met het afvangen van fosfaatrijk sediment in bufferstroken en bezinkpoelen kan wel direct effect hebben. Het effect op de stikstofbelasting van het oppervlaktewater zal dan wel binnen enkele jaren optreden. Hieronder beschrijven we mogelijke effecten van brede bufferzones in beekdalen voor twee opties:

- optie 1: op bufferzones wordt extensief grasland met een uitmijningsregime toegepast,
- optie 2: bufferzones worden ingericht als natuurzone waarvan minimaal biomassa wordt afgevoerd.

### ***Optie 1. Op bufferzones wordt extensief grasland met een uitmijningsregime toegepast.***

In deze optie wordt verondersteld dat bufferzones worden beheerd door ze in te richten als extensief grasland met een gras-klavermengsel waar alleen kaliumbemesting wordt toegepast en waar na verloop van tijd jaarlijks ca. 6 ton droge stof per hectare wordt geoogst in twee maaibeurten. Het waterbeheer wordt niet aangepast. Direct aangrenzend aan de beek wordt een multifunctionele bufferstrook aangebracht zodat nutriëntenverliezen via oppervlakkige afstroming vanaf het extensief beheerde grasland naar de beek verminderen. Figuur 8 toont de verwachte vermindering van de N- en P-uitspoeling bij bufferzones van 100 meter breed aan weerszijde van een beek. In veel gebieden neemt de uitspoeling met tientallen procenten af. In de Gelderse vallei is de reductie minder doordat daar minder beken zijn.



Figuur 8. Vermindering van de N-uitspoeling (boven) en de P-uitspoeling (onder) door de aanleg van bufferzones met een breedte van 100 meter ter weerszijde van een beek (links) en met een breedte van 250 meter ter weerszijde van een beek (rechts). (Groenendijk., 2021).

**Optie 2. Bufferzones worden ingericht als natuurzone waarvan minimaal biomassa wordt afgevoerd.**

Indien bufferzones worden ingericht als natuurzone kan verwacht worden dat:

- De stikstofuitspoeling uit deze gronden op termijn lager zal zijn dan van het extensief beheerde grasland. Bij de inrichting van een natuurzone wordt verwacht dat drainbuizen dicht gemaakt worden en dat de ontwatering niet meer gericht is op het landbouwkundig gebruik. De gronden worden daardoor iets natter waardoor de denitrificatie relatief toeneemt.
- De fosforuitspoeling minder snel afneemt dan bij een beheer gericht op uitmijnen. Door de nattere omstandigheden wordt het fosfaat mobieler waarbij onder normale omstandigheden een risico op een grotere uitspoeling zou kunnen ontstaan. Echter, bij een inrichting als natuurzone kunnen voldoende aanvullende inrichtingsmaatregelen getroffen worden voor het verhinderen van oppervlakkige afstroming naar beken en kan door gerichte aanleg van greppels het ondiepe transport worden afgevangen en/of verhinderd. In (licht) hellende gebieden kunnen in de natuurzones retentiebekkens worden aangelegd.
- Door verwerving en bestemming als natuurgronden zijn andere functies, zoals ruimte voor waterberging in het kader van klimaatadaptatie, gemakkelijker te realiseren. Ook kan het bijdragen aan de verdere realisatie van het Natuurnetwerk Nederland.

## 4.6 Maatregelen zuivering: Zuiveren drainagewater

Drainagewater kan een belangrijke bron zijn van nitraat en fosfaat naar het oppervlaktewater. Er zijn verschillende technieken ontwikkeld om deze nutriënten uit het drainagewater te verwijderen, voordat ze in het oppervlaktewater terechtkomen. Er is de laatste 10 jaar veel ervaring opgedaan met deze technieken, vooral in de VS, Denemarken, Nieuw-Zeeland, België en Nederland (Tabel 5). De effectiviteit van de methode is bewezen, maar praktijktoepasbaarheid, bij-effecten en robuustheid in de Nederlandse setting zijn nog aandachtspunten. De methode is overal waar gedraineerd wordt mogelijk.

Tabel 5. Samenvatting eigenschappen van het zuiveren van drainagewater.

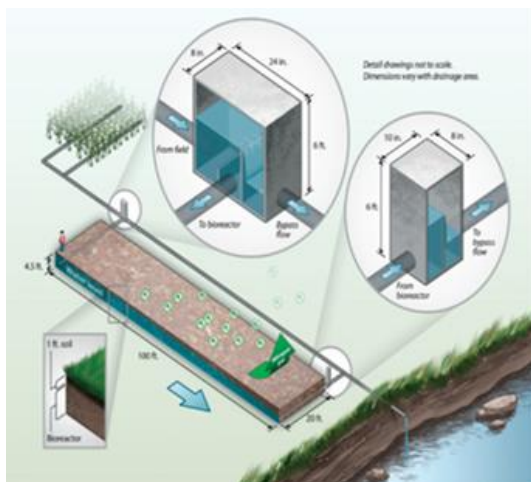
Maatregel	Verwijdering van N/P uit drainagewater
Effectiviteit	Hoog (N: 50-80%; P: 60-95%)
Toepasbaarheid	1. Drainage; 2. N en P voornamelijk als vrij opgelost nitraat en ortho-fosfaat en niet organisch
Voordelen	Hoog verwijderingsrendement, weinig impact op bedrijfsvoering, weinig tot geen ruimtebeslag, weinig onderhoud
Nadelen	Drainage nodig, kosten aanleg, bij N verwijdering: mogelijke emissie lachgas
Referenties	N-verwijdering: Christianson, 2021; Jansen, 2019 P-verwijdering: Groenberg, 2013; Vandermoere, 2018

Voor de verwijdering van opgelost fosfaat kan ijzerzand gebruikt worden. Ijzerzand bestaat uit zand met een laagje ijzeroxide en is een bijproduct van de winning van drinkwater. Het laagje ijzeroxide om het ijzerzand is in staat om fosfaat in sterke mate te binden. Het toepassen van ijzerzand kan een grote bijdrage leveren aan het verbeteren van de waterkwaliteit in gebieden waar een groot deel van het fosfaat in opgeloste vorm blijft (zoals de bollenregio). Het ijzerzand kan op verschillende manieren worden ingezet, bijvoorbeeld als omhulling van drains met ijzerzand (Figuur 9), of als ijzerzandfilter aan het einde van drains/in de sloot/op het veld, of onder een verharding. De drains worden omhuld door een laag van ca 10 cm ijzerzand. Water dat naar de drains stroomt, komt in aanraking met het ijzerzand, waardoor het fosfaat wordt gebonden. Het ijzerzand is naar verwachting na 10-15 jaar verzadigd met fosfaat. Het exacte moment hangt af van de hoeveelheid ijzerzand en de fosfaatconcentratie. Deze techniek is getest op een aantal bollenpercelen in Noord- en Zuid-Holland, en in België. Daaruit bleek dat de methode ook in veld redelijk effectieve verwijdering laat zien (60-95%).

Nitraat kan worden verwijderd door de natuurlijke denitrificatie te stimuleren met houtsnippers. Dit kan door middel van een zogenaamde *Woodchip bioreactor*: een ondergrondse bioreactor met houtsnippers (Figuur 10). Een andere optie is met houtsnippers omhulde drains, die een vergelijkbare werking als de met ijzerzand omhulde drains hebben. Belangrijk verschil is dat de houtsnippers het nitraat niet vastleggen, maar omzetten in stikstofgas. Een nadeel van met houtsnippers omhulde drains is dat de omstandigheden in het houtsnipperfilter minder goed gecontroleerd kunnen worden, waardoor effectiviteit minder goed geoptimaliseerd kan worden. Dit kan beter bij een uitvoering als bioreactor. Daarbij kan de verblijftijd van het water in het filter met controle units bij in- en uitstroomopening worden gereguleerd. De levensduur van het houtsnipperfilter is afhankelijk van het beheer, en kan meer dan 10 jaar bedragen. In de VS zijn veel praktijkproeven gedaan met woodchip bioreactors. In Nederland zijn proeven gedaan met houtsnippers omhulde drains. Daarbij werden verwijderingsrendementen van 50 tot 80% gehaald.



Figuur 9. Met ijzerzand omhulde drain



Figuur 10. Woodchip bioreactor (Iowa State University)

## 4.7 Maatregelen zuivering: Zuiveren oppervlaktewater

In aanvulling op N- en P-verwijdering uit drainagewater kan ook gekozen worden voor verwijdering uit het oppervlaktewater. De verwijderingsprincipes zijn daarbij vergelijkbaar aan die bij verwijdering uit drainagewater. Fosfaat kan alleen direct worden verwijderd door vastlegging in planten of bagger, en het vervolgens afvoeren van het maaisel en de bagger. Stikstof kan daarnaast ook verwijderd worden door denitrificatie. De verwijdering van N en P uit oppervlaktewater kan in verschillende vormen plaatsvinden (Figuur 11, Groenendijk et al., 2021).

Maatregel	Omschrijving	Schematisch figuur
Moerasbufferstrook	Natte oeverstrook met riet (riparian wetland) die uit- en afspoelend water opvangt alvorens het in de waterloop belandt. Voor een optimale werking dient deze minimaal 5 tot 10 meter breed te zijn (bron figuur: Appelboom & Fous, 2006).	
Natuurvriendelijke oever	Oevers waarbij naast de waterkerende functie, nadrukkelijk rekening wordt gehouden met natuur en landschap. Vaak hebben ze een flauw talud dat leidt tot een gradiënt aan wateren oeverplanten. Het waterpeil is bij voorkeur dynamisch (bron: Stowa 2011).	
Helofytenfilter	Vloeienveld: Ondiepe vijver of waterloop die beplant is met riet. Vaak zo aangelegd dat de stromingsrichting, verblijftijd en het waterpeil te controleren zijn, om de zuiverende werking te optimaliseren (Spoelstra et al. 2010, Vymazal 2007).	
	Horizontaal doorstroomd helofytenfilter: rietveld dat wortelt in filtratiemedium zoals zand of grind. Het te zuiveren water doorstroomt het veld in horizontale richting (Spoelstra et al. 2010, Vymazal 2007).	
	Verticaal doorstroomd helofytenfilter: rietveld dat wortelt in filtratiemedium zoals zand en grind. Het te zuiveren water infiltreert in verticale richting. (Spoelstra et al. 2010, Vymazal 2007).	
Defosfateringsvoorziening	Voorziening om water te zuiveren van P door toevoeging van P-bindingsmaterialen als ijzerchloride, polyaluminiumchloride of phoslock. Bijvoorbeeld: 'natuurlijk zandfilter' of installatie met voorraadtank en bezinkbassin.	

Figuur 11. Overzicht, omschrijving en eventuele schematische weergave van in Nederland gangbare zuiveringsmaatregelen (Groenendijk et al., 2021).

Al deze maatregelen kunnen worden ingezet ter zuivering van water in het landelijk gebied, al worden twee van de drie typen helofytenfilters (het horizontaal en verticaal doorstroomde helofytenfilter) voornamelijk ingezet ter zuivering van stedelijk afvalwater en komen horizontaal doorstroomde helofytenfilters nauwelijks voor in Nederland. Van de helofytenfilters worden dus vooral de vloeivelden toegepast in het landelijk gebied. Verder hebben bepaalde maatregelen overlap. Zo kan een natuurvriendelijke oever worden gezien als een vorm van een moerasbufferstrook, al zijn moerasbufferstroken vaak aangelegd met nutriëntenzuivering als hoofddoel en staat bij natuurvriendelijke oevers de natuurfunctie voorop en wordt de zuivering gezien als een positief neveneffect.

Het type water dat wordt gezuiverd verschilt per maatregel. Zo zuiveren moerasbufferstroken en natuurvriendelijke oevers voornamelijk uit- en afspoelend water, eventueel aangevoerd via drainbuizen. Een helofytenfilter (vloeiveld) wordt in het landelijk gebied vooral ingezet ter zuivering van oppervlaktewater, door het water uit de waterloop om te leiden via het vloeiveld. Defosfateringsvoorzieningen worden vaak gebruikt ter zuivering van gebiedsvreemd inlaatwater.

Ook het ruimtebeslag verschilt per maatregel. Moerasbufferstroken en natuurvriendelijke oevers vragen vaak om uitbreiding van de oevers, ten koste van land. Bij voorkeur zijn ze minimaal 5 tot 10 meter breed voor een goede werking. Helofytenfilters worden in principe buiten de waterloop aangelegd. Hun optimale grootte hangt af van de hoeveelheid en nutriëntenrijkdom van het te zuiveren water. Defosfateringsvoorzieningen nemen vaak ook beperkte ruimte in.

Naast positieve effecten zoals nutriëntenzuivering en natuurwaarde, kan een maatregel ook nadelige neveneffecten hebben. Zo kan N-verwijdering via denitrificatie gepaard gaan met de vorming van broeikasgassen zoals lachgas ( $N_2O$ ). Verder kunnen zuiveringsvoorzieningen na verloop van tijd een bron van P worden, in plaats van een sink. Dit is het geval wanneer de bodem verzadigd is met P en daardoor P kan gaan naleveren. Deze P-nalevering speelt vooral in de zomer. Dit alles vraagt om juist beheer en onderhoud.

### **Effectiviteit zuiveringsmaatregelen**

De zuiverende werking van maatregelen kan sterk verschillen tussen de maatregelen maar ook binnen een maatregel. Het zuiverend effect is namelijk sterk locatie-specifiek en seizoensafhankelijk en hangt onder andere af van de volgende factoren:

1. Inrichting: hoe groot/breed is de zuiverende voorziening en doorspoelt al het water de zuiveringsvoorziening of slechts een deel? Zijn de verblijftijden van het water lang genoeg om het water voldoende te kunnen zuiveren?
2. Nutriëntenrijkdom van het te zuiveren water: hoeveel N en P bevat het te zuiveren water en in welke vorm? Het zuiverend vermogen (in kg) van een voorziening neemt in het algemeen toe naarmate het water meer N en P bevat, terwijl het relatieve zuiverende vermogen (in %) vaak afneemt.
3. Ouderdom van de voorziening: het zuiveringsrendement van de voorziening neemt vaak af naarmate deze ouder is. Vooral voor P is dit het geval, omdat de P-verwijdering vooral verloopt via opslag/binding aan de bodem en de voorziening na verloop van tijd P-verzadigd kan raken. Dit is een bekend euvel voor helofytenfilters die na verloop van tijd zelfs een bron van P kunnen worden. Helofytenfilters worden dan ook regelmatig gecombineerd met een defosfaterend zandfilter.
4. Beheer: wordt de voorziening regelmatig gemaaid of gebaggerd? En wordt het maaisel en de bagger afgevoerd? Zo ja, dan zal de voorziening meer N en P verwijderen.
5. Bodem: bevat de (water)bodem voldoende afbreekbaar organisch materiaal als substraat voor denitrificatie? Kan de bodem veel P binden en in hoeverre is de bodem P-verzadigd? Zo pakt het verwijderen van een nutriëntrijke bodem-toplaag meestal positief uit voor de P-verwijdering, maar mogelijk negatief voor de N-verwijdering als de overgebleven bodem minder organisch materiaal bevat en daarmee minder substraat voor denitrificatie.



6. Lokale hydrologie: Wat zijn de dominante uit- en afspoelingsstroombanen? Hoe diep zijn deze en lopen deze paden via de zuiveringsvoorziening? Is er buisdrainage? En hoe doorlatend is de bodem? Is er sprake van kwel of wegzijging en hoe ijzerrijk is deze kwel? Valt de voorziening vaker droog? IJzerrijke kwel en tijdelijke droogval stimuleren de P-verwijdering namelijk.

Verder verandert het zuiverend vermogen gedurende het jaar. Zo is de N-verwijdering in het algemeen hoger in het zomerhalfjaar dan in het winterhalfjaar, omdat de belangrijkste zuiveringsprocessen voor N zoals denitrificatie en N-opname door planten het meest actief zijn in het groeiseizoen. De P-verwijdering heeft een andere jaardynamiek; binding aan de bodem vindt voornamelijk plaats in de winter, terwijl er in de zomer veel P-opname is door planten maar er ook grotere kans is op P-desorptie (nalevering) vanuit de bodem. Bovenstaande zorgt ervoor dat het precieze zuiverende effect van een maatregel lastig te voorspellen is en sterk verschilt in ruimte en tijd. Ook is voorzichtigheid geboden bij het toepassen van in het buitenland gevonden rendementen op de Nederlandse situatie. Kenmerkend voor Nederland is het beperkte reliëf en de vaak beperkte ruimte om zuiveringsvoorzieningen als moerasbufferstroken en helofytenfilters aan te leggen. De beperkte ruimte voor de aanleg van zuiveringsvoorzieningen, zorgt voor beperkte breedtes van (moeras)bufferstroken en natuurvriendelijke oevers en daarmee een beperkter zuiverend vermogen. Ze zijn vaak hooguit 10 meter breed terwijl de buitenlandse literatuur in het algemeen rapporteert over bredere voorzieningen, regelmatig breder dan 50 meter. Daarnaast zorgen eventuele verschillen in klimaat ervoor dat buitenlandse zuiveringsrendementen niet één op één toepasbaar zijn op de Nederlandse situatie.

Samenvattend kan worden gesteld dat verwijdering van N en P uit oppervlaktewater met maatregelen zoals helofytenfilters een optie kan zijn, maar daarbij wel rekening moet worden gehouden met groot benodigd ruimtebeslag en variabele en soms lage verwijderingsrendementen. Deze optie is dan ook voornamelijk interessant wanneer voldoende ruimte beschikbaar is, en wanneer een combinatie kan worden gevonden met andere functies, zoals ecologie of waterberging.

## 5 Voorbeelden van regio-specifieke toepassing van maatregelen

Vanuit de globale indeling van doelgaten (hoofdstuk 3) en de beschreven opties voor aanvullende maatregelen (hoofdstuk 4) kan toegewerkt worden naar geschikte maatregelen per regio. Naast de regionale opgave gelden de volgende algemene uitgangspunten:

- Als er naast problemen met de oppervlaktewaterkwaliteit ook grondwaterkwaliteitsproblemen zijn (hoge nitraatconcentraties), liggen maatregelen op het gebied van bemesting en nutriëntenbeheer voor de hand (uitmijnen, teeltverbod).
- Polders lenen zich door de beperkte stroomsnelheden relatief goed voor de zuivering van slootwater. Retentiebekkens kunnen bijvoorbeeld P-rijk slib opvangen voor de uitlaat bij gemalen.
- Het verdient de aanbeveling om maatregelen te nemen die ook gunstig zijn in het kader van klimaatadaptatie (waterconservering), koolstofvastlegging en biodiversiteit. Zo kan gewerkt worden aan meerdere doelen tegelijkertijd. In veenweidegebieden is het logisch om maatregelen mee te nemen die ook gunstig zijn om bodemdaling te verminderen.

Tabel 6 geeft een overzicht van de maatregelen die per regio als het meest passend worden beoordeeld. We gaan hier kort iets specifieker in op drie regio's met een relatief grote nutriëntenopgave voor het oppervlaktewater: de bollenstreek, de Gelderse Vallei en Oostelijk Noord-Brabant en Limburg. Benadrukt moet worden dat deze voorbeelden moeten worden gezien als richtinggevend: de uiteindelijke keuze van maatregelen moet worden gemaakt op basis van nog veel andere factoren en gedetailleerde meetgegevens. Door op deze manier regionale keuzes te maken, kan een optimale effectiviteit van de inspanning worden bereikt, en wordt voorkomen dat onnodig maatregelen genomen worden waar dat niet mogelijk of effectief is, of waar geen draagvlak voor is.

### **Bollenstreek**

In de Bollenstreek concentreert de opgave zich op opgelost fosfaat, doordat de duinzandgronden weinig fosfaat vasthouden. Drainage vormt een belangrijke route naar het oppervlaktewater. Verwijdering van fosfaat met ijzerzandrains vormt hier dan ook een logische optie. De poldersystemen in de bollenstreek lenen zich ook relatief goed voor het zuiveren van oppervlaktewater, doordat de stroomsnelheden laag zijn en de verblijftijden van het water lang. Multifunctionele bufferstroken kunnen hier ook een deel van de uitspoelende nutriënten afvangen voordat het oppervlaktewater bereikt wordt. Afhankelijk van de inrichting kunnen deze bufferstroken ook bijdragen aan doelstellingen op het gebied van biodiversiteit, koolstofvastlegging en waterconservering.

### **Gelderse Vallei**

In de Gelderse Vallei vormt fosfaat de grootste opgave. De bodemkarakteristieken en de landbouwpraktijk zijn hier echter anders dan in de Bollenstreek. Aangezien de historische fosfaatvoorraad vooral vastgelegd is in de bouwvoor is uitmijnen een logische optie. Het effect van uitmijnen is echter pas na langere tijd zichtbaar. Voor een sneller resultaat kan ook ingezet worden op multifunctionele bufferstroken met nadruk op het afvangen van fosfaatrijk sediment.

### **Oostelijk Noord-Brabant en Limburg**

Voorop de hoger gelegen delen is in dit gebied (Peelhorst, Limburgse Plateaus) sprake van een zeer uitspoelingsgevoelige ondergrond. Juist in deze gebieden komen ook relatief veel uitspoelingsgevoelige teelten voor. Juist voor deze regio is daarom een teeltverbod van uitspoelingsgevoelige teelten relevant. Vooral voor de lagere delen in dit gebied kan ingezet

worden op uitmijnen en het inrichten van brede beekdalen, met een mogelijke toegevoegde waarde voor biodiversiteit, koolstofvastlegging en waterconserving.

Tabel 6. Geschikte aanvullende maatregelen per gebied in relatie tot specifieke doelgat voor oppervlaktewater.

Gebied	Doelgat – N	Doelgat – P	Passende aanvullende maatregelen
<b>Hoog NL</b>			
1. Zand noord	Gering	Gering	Multifunctionele bufferstroken; brede beekdalen
2. Zand oost	Redelijk	Redelijk	Multifunctionele bufferstroken; brede beekdalen
3. Gelderse Vallei	Gering	Groot	Uitmijnen, multifunctionele bufferstroken
4. Westelijk en Midden Noord-Brabant zand	Tamelijk groot	Tamelijk groot	Multifunctionele bufferstroken; brede beekdalen
5. Oostelijk Noord-Brabant en Limburg zand	(Tamelijk) groot	Redelijk/tamelijk groot	Uitmijnen, teeltverbod, brede beekdalen
6. Lössgebied	Groot	Groot	Teeltverbod, uitmijnen, multifunctionele bufferstroken, brede beekdalen
<b>Laag NL</b>			
7. Noordelijk veengebied	Redelijk	Gering	Uitmijnen, extensiveren i.v.m. bodemdaling
8. Noordelijk zeekleigebied	Gering	Tamelijk groot	Zuiveren drainagewater, zuiveren oppervlaktewater
9. Westelijk zeeklei	Redelijk	Groot	Zuiveren drainagewater, zuiveren oppervlaktewater, multifunctionele bufferstroken
10. Zeeklei Centraal	Redelijk	Redelijk	Mogelijk hot spots. Zuivering drainagewater en slootwater, retentiebekkens, multifunctionele bufferstroken
11. Rivierengebied	Gering	Gering	Onder controle
12. Westelijk veengebied	Redelijk	Groot	Uitmijnen, extensiveren i.v.m. bodemdaling
13. Zuid-Westelijk zeekleigebied	Redelijk (lijkt eiland-specifiek)	Gering (m.u.v. Goeree-Overflakkee)	Zuiveren drainagewater, zuiveren oppervlaktewater, multifunctionele bufferstroken
14. Westelijk zandgebied (bollenregio)	Redelijk	Groot	Zuiveren drainagewater, zuiveren oppervlaktewater, multifunctionele bufferstroken

## 6 Handreiking voor gebiedsgerichte keuze van maatregelen

Naast de regionale aanpak, verdient het bij het kiezen van maatregelen op lokale schaal de aanbeveling om op de probleemstroomgebieden in te zoomen. Waar liggen de hotspots van nutriëntenverliezen naar het oppervlaktewater en welke routes en processen zijn belangrijk? Binnen de Kennisimpuls Waterkwaliteit Nutriëntenmaatregelen wordt gewerkt aan een meetstrategie voor een gebiedsgerichte aanpak ten behoeve van de juiste maatregelen op de juiste plaats. Als de hotspots bekend zijn kan men op specifieke bedrijven inzoomen: wat zijn de N- en P-overschotten, wat zijn de risico's voor de omgeving, en welke maatregelen zijn toepasbaar en effectief? Zo kan voorkomen worden dat maatregelen worden genomen op plaatsen waar dat niet nodig is, of andersom, dat hotspots van emissies worden gemist. Bij deze lokale aanpak moet worden voorkomen dat er een te omvangrijk stelsel wordt opgetuigd van metingen en procedures, zeker wanneer de onzekerheid in metingen of effectiviteit van maatregelen dit niet rechtvaardigt.

Een mogelijke aanpak kan er in hoofdlijnen als volgt uitzien:

1. Karteer middels detailmonitoring voor het probleemstroomgebied de hot spots en hot moments van nutriëntenverliezen. Voor persistente bronnen (percelen/bedrijven) van nutriënten naar het oppervlaktewater volgt stap 2.
2. Maak op basis van de bedrijfsgegevens die al aanwezig zijn een inschatting van de orde-grootte van de bijdrage aan grond- en oppervlaktewater, bijvoorbeeld aan de hand van de N- en P-overschotten. Wanneer deze ver onder een bepaalde drempelwaarde liggen, is het niet nodig naar aanvullende maatregelen te kijken. Wanneer deze (ver) boven een bepaalde drempelwaarde ligt, wordt het zinvol om naar aanvullende maatregelen te kijken en volgt stap 3.
3. Wanneer de N- en P-overschotten boven een bepaalde drempelwaarde liggen, zijn aanvullende bemonsteringen op het bedrijf en inschattingen van de effecten op de omgeving zinvol. Wanneer hieruit blijkt dat emissies van het bedrijf hoog zijn in relatie tot het grond- en/of oppervlaktewater, volgt stap 4.
4. Afhankelijk van de opgave en de mogelijkheden voor maatregelen bij het bedrijf, kan een keuze gemaakt worden voor passende maatregelen.  
Een dergelijke aanpak zou verder uitgewerkt kunnen worden, waarbij goed moet worden gekeken naar de uitvoerbaarheid van maatregelen. Hierbij zou een protocol kunnen worden opgesteld voor de bemonstering per probleemstroomgebied (stap 1) en per bedrijf (stap 3) van drainwater / slootwater / bovenste grondwater. Dit moet eenvoudig uit te voeren zijn en gericht zijn op de parameters die relevant zijn voor de keuze van maatregelen. Bij een bemonsteringsprotocol moet verder bepaald worden wie zorg moet dragen voor de uitvoering.

# Referenties

1. Appelboom, T. W. and Fouss, J. L. (2006). Methods for removing nitrate nitrogen from agricultural drainage waters: A review and assessment. - Proceedings of the American Society of Agricultural and Biological Engineers International Meeting, ASABE, St. Joseph, Mich., Portland, Oregon, July 9-12, 2006. Paper No. 062328.
2. Buijs, S., K. Ouwerkerk en J. Rozemeijer, 2020. Meetnet Nutrienten landbouw Specifiek Oppervlaktewater. Toestand en trends tot en met 2018. Deltares, Utrecht. Deltares-rapport 11203728-005-BGS-0002.
3. Christianson, L.E., et al., 2021, Effectiveness of Denitrifying Bioreactors on Water Pollutant Reduction from Agricultural Areas. Transactions of the ASABE. 64(2): 641-658. (doi: 10.13031/trans.14011).
4. Groenenberg, J. E., Chardon, W. J., & Koopmans, G. F., 2013, Reducing Phosphorus Loading of Surface Water Using Iron-Coated Sand. Journal of Environmental Quality, 42(1), 250–259. <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0344>
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. Kennisimpuls WaterKwaliteit (KIWK) rapport.
6. Groenendijk., 2021, Kansen van de stikstofaanpak voor het doelbereik van de KRW voor nutriënten. Memo WUR 06-10-2021.
7. Jansen, S., Stuurman, R., Chardon, W., Ball, S., Rozemeijer, J., & Gerritse, J. (2019). Passive Dosing of Organic Substrates for Nitrate-Removing Bioreactors Applied in Field Margins. Journal of Environment Quality. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.04.0165>
8. Knoben R., N. Evers, et al, 2021, Ex-ante analyse Waterkwaliteit 2021 Definitief. . Rapport Royal Haskoning, BH7109WMRP2109281159..
9. Linden, A. van der, W. Altena, J. van den Roovaart (2021). Achtergrondrapportage Ex Ante KRW 2021; Analyse van de waterkwaliteit voor de concept stroomgebiedbeheerplannen voor de 3e KRW-periode: 2022-2027. Deltares-rapport 11206216-BGS-0003.
10. Noij, I.G.A.M., M.Heinen and P. Groenendijk, 2012. Effectiveness of non-fertilized buffer strips in the Netherlands. Final report of a combined field, model and cost-effectiveness study. Wageningen, Alterra, Alterra report 2290.
11. Schipper, P. et al., 2021, Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in stroomgebied Maas; Opgave voor landbouw en de potentie voor het behalen van doelen. WenR Rapport 3046. <https://edepot.wur.nl/537689>.
12. Spoelstra J. en G. Truijen, 2010. Handboek groene waterzuivering. Rapport Van Hall-Larenstein, Velp.
13. Stowa, 2008. Moerasbufferstroken langs watergangen; haalbaarheid en functionaliteit in Nederland. Stowa-rapport 2008-07, Stowa, Amersfoort.
14. Stowa, 2010. Bufferstroken in Nederland. Praktijk, ervaringen, onderzoek en kansen. Stowa rapport 2010-39a, Amersfoort.
15. Stowa, 2011. Handreiking natuurvriendelijke oevers. Een standplaatsbenadering. Stowa-rapport 2011-19, Stowa, Amersfoort.
16. Stutter, M., Kronvang, B., OhU allachain, D., Rozemeijer, J., 2019. Current Insights into the Effectiveness of Riparian Management, Attainment of Multiple Benefits, and Potential Technical Enhancements. J. Environ. Qual. 48:236–247.
17. Timmermans, B., N. van Eekeren, E. Finke, F. Smeding en M. Bos, 2010. Fosfaat uitmijnen op natuurpercelen met gras/klaver en kalibemesting/ Handreiking voor de praktijk. [www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)
18. Van Boekel, E., P. Groenendijk, J. Kros, L. Renaud, J.C. Voogd, G. Ros, Y. Fujita, G.J. Noij en W. van Dijk, 2021. Effecten van maatregelen in het zevende Actieprogramma

- Nitraatrichtlijn. Milieueffectrapportage op planniveau. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3108.
19. Van den Roovaart, J., J. Rozemeijer, P. Cleij, A. van der Linden, S. Buijs, G. Spaak, H. Passier, 2020. Nitraat in oppervlaktewater vanuit grondwater. Deltares rapport 11205268-009-BGS-0001.
  20. Van der Salm, C. en O.F. Schoumans, 2011. Langetermijneffecten van verminderde fosfaatgiften. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 223.
  21. Van der Salm, C., P. Groenendijk, R.F.A. Hendriks, H.T.L. Massop, L.V. Renaud, 2015. Opties voor benutten van de bodem voor schoon oppervlaktewater. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2588.
  22. Duijnhoven, N., van, van der Linden, A., en Ouwerkerk, K., 2019. KRW Toestand- en trendanalyse voor nutriënten. Deltares Rapportnummer 11203728-006.
  23. Vandermoere, S., Ralaizafisolariovony, N. A., Van Ranst, E., & De Neve, S., 2018, Reducing phosphorus (P) losses from drained agricultural fields with iron coated sand (glaucanite) filters. *Water Research*, 141, 329–339. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.022>.
  24. Vymazal, J., 2007. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of The Total Environment*, Volume 380, Issues 1–3, Pages 48-65.
  25. Zak, D. et al, 2018. Nitrogen and Phosphorus Removal from Agricultural Runoff in Integrated Buffer Zones. *Environ. Sci. Technol.* 2018, 52, 11, 6508–6517.