

Analyse landbouwmaatregelen voor waterkwaliteit in oostelijk Rivierenland

Maatregelen voor vermindering erosie en nutriëntenbelasting
naar oppervlaktewater in Citters, Groesbeek en Ooijpolder

Noud van Dam

Laura Moria

Gerard H. Ros

Referaat

van Dam, AM, L Moria & GH Ros (2025). *Analyse landbouwmaatregelen voor waterkwaliteit in oostelijk Rivierenland: Maatregelen voor vermindering erosie en nutriëntenbelasting naar oppervlaktewater in Citters, Groesbeek en Ooijpolder*. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 2022.N.24, pp 33.

Rapport in het kort

In 2023 is een pilot gestart met de agrariërs in het Rijk van Nijmegen om te experimenteren met anti-erosiemaatregelen en duurzaam bodembeheer. In deze rapportage staat een analyse van de genomen maatregelen en het effect van deze maatregelen. Deze analyse is uitgevoerd op de maatregelen die agrariërs aan de hand van de BBWP-methodiek hebben genomen om de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater te verminderen en daarmee bij te dragen aan de waterkwaliteitsdoelen van het waterschap.

© 2025 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

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

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

Disclaimer

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

Omslagfoto: Saxifraga-Rudmer Zwerver

Verspreiding

Waterschap Rivierenland

digitaal

Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusies	2
1 Inleiding	3
2 Methode	6
2.1 Monitoringsplan Groesbeek	6
2.2 Beheermonitoring via het BBWP	7
2.2.1 Achtergrond van het BBWP	7
2.2.2 Koppelen relevante parameters aan percelen	7
2.2.3 BBWP scores en voorkeursmaatregelen	8
2.2.4 Maatregeladvies en -effect	11
2.2.5 Vergelijking BBWP-score: met en zonder maatregelen	12
2.3 Analyse bodemprofiel o.b.v profielkuil	12
3 Resultaten	13
3.1 BBWP risico-indicatoren	13
3.1.1 Risico's afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater	13
3.1.2 Risico's uitspoeling van stikstof naar het grondwater	14
3.1.3 Risico's afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater	14
3.2 Maatregelen	15
3.2.1 Effect van gekozen maatregelen	16
3.2.2 Optimale maatregelen volgens BBWP	18
3.3 Profielkuilanalyse	19
4 Discussie	20
4.1 Effect van maatregelen	20
4.2 Doorkijk naar 8 ^e Nitraat Actieprogramma en KRW	21
5 Literatuur	24
6 Bijlagen	25
6.1 Histogrammen van toegepaste BBWP-maatregelen	25
6.2 Overzichtstabel van genomen maatregelen door BBWP-gebruikers	26
6.3 Overzichtstabel van optimale maatregelen aangedragen door BBWP	28
6.4 Perceelindicatoren voor afspoeling van fosfaat	28
6.5 Perceelindicatoren voor afspoeling van stikstof	31
6.6 Perceelindicatoren voor uitspoeling van stikstof	33

Samenvatting en conclusies

Waterschap Rivierenland werkt samen met agrariërs in het landelijk gebied om de waterkwaliteitsdoelen zoals geformuleerd in de Kader Richtlijn Water (KRW) en de Nitraatrichtlijn te halen. In 2023 is een pilot gestart met agrariërs in het Rijk van Nijmegen om te onderzoeken welke maatregelen zij kunnen nemen om erosie te verminderen en bij te dragen aan het halen van de waterkwaliteitsdoelen. Als onderdeel van deze pilot is, aan de hand van de BBWP-methodiek, met 20 agrariërs in de gebieden Groesbeek en Ooijpolder gekeken naar de maatregelen die zij bereid zijn te nemen om bij te dragen aan het halen van de waterkwaliteitsdoelen. Daarnaast is ingeschat wat het effect is van deze maatregelen.

Op dit moment is de stikstofbelasting op het oppervlaktewater te hoog in Citters en Groesbeek. Ook is er een opgave om de P-belasting in Groesbeek te verlagen. Door het glooiende karakter van het landschap is bodemerosie in Groesbeek één van de redenen voor een te hoge fosforbelasting.

De maatregelen die op hellende percelen in Groesbeek zijn genomen dragen maar beperkt bij aan het bereiken van de waterkwaliteitsopgave. De geïmplementeerde maatregelen verminderen erosie met 4 tot 5% op de percelen. In Groesbeek zijn vooral maatregelen genomen gericht op bodemverbetering. Er is maar weinig overlap tussen de door het BBWP aanbevolen maatregelen en de gekozen maatregelen; Bij grootschalige inzet van een ander type maatregelen, routemaatregelen, kan het verlies van bodem en afspoeling sterker worden (tot 66%) verlaagd (Groenendijk et al., 2021). Vooral drempels kunnen de afvoer van water en bodemsediment sterk verlagen.

1 Inleiding

Aanleiding

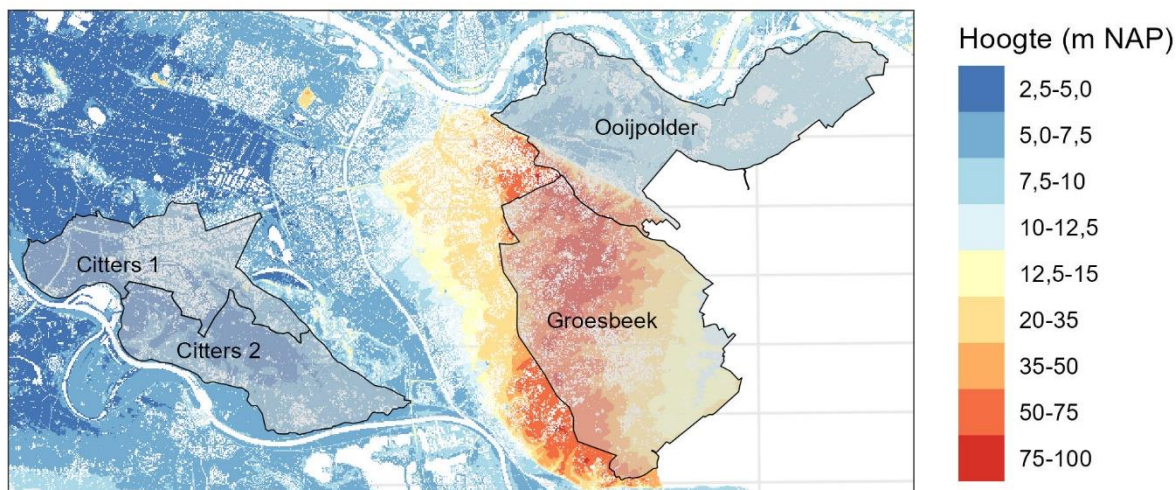
In de periode tot 2027 ligt er een aanzienlijke opgave binnen het beheergebied van Waterschap Rivierenland om te voldoen aan de doelen van oppervlaktewaterkwaliteit zoals geformuleerd in de Kader Richtlijn Water. Een onderdeel van het op orde brengen van de waterkwaliteit ligt in het verlagen van stikstof en fosfor vrachten naar oppervlaktewateren. De landbouwsector is een belangrijke bron van nutriënten die in het watersysteem terecht komt. Het waterschap is bezig om met de agrarische sector stappen te zetten om de waterkwaliteit te verbeteren. Steeds meer agrariërs werken dan ook aan schoon en voldoende zoet water en aan goed bodembeheer.

Om een bijdrage te leveren aan een goede waterkwaliteit en de invloed van bodemerosie als belangrijke bron van nutriënten te verminderen, is in 2023 een project gestart om samen met de agrariërs van o.a. ZLTO-afdeling Rijk van Nijmegen en het klantenbestand van Loonbedrijf Groesbeek te experimenteren met anti-erosiemaatregelen en duurzaam bodembeheer. Dit project wordt ondersteund door het waterschap, ZLTO, loonbedrijf Groesbeek, betrokken agrariërs, bodemcoaches en het Nutriënten Management Instituut. Goede monitoring van de door agrariërs getroffen bodem- en anti-erosie maatregelen is daarbij cruciaal. In een eerste fase van dit project is door het NMI een monitoringsplan opgesteld. ZLTO en bodemcoaches gebruiken deze om agrariërs te monitoren en hun bijdrage aan deze opgaven concreet te maken. Hiermee wordt het voor agrariërs inzichtelijk welke bodem en anti-erosiemaatregelen het meest effectief zijn om erosie te verminderen, de bodemkwaliteit te verbeteren en uit en afspoeling naar het oppervlaktewater tegen te gaan.

Er is besloten om in de gebieden Citters en Groesbeek met 20 agrarisch ondernemers aan de hand van het BedrijfsBodemWaterPlan (BBWP) te onderzoeken welke maatregelen zij bereid zijn om te nemen om de oppervlaktewaterkwaliteit te verbeteren. Het BBWP helpt agrariërs te adviseren over de meest effectieve maatregelen die bijdragen aan voldoende en schoon water en helpt deze maatregelen te plannen, te monitoren en te evalueren.

Gebiedsomschrijving

De ZLTO-afdeling Rijk van Nijmegen is het meest noordoostelijk gelegen deelgebied van ZLTO, gelegen tussen Maas en Waal, met daarin de plaatsen Beuningen, Nijmegen, Wijchen en Groesbeek. In dit rapport bespreken we alleen de deelgebieden Citters, Groesbeek en Ooijpolder (Figuur 1-1). Citters bestaat formeel gezien uit twee delen, maar wordt als een geheel behandeld. Het noordelijke deel van Citters omvat vooral bebouwing van stad Wijchen.



Figuur 1-1. Ligging van de (in deze studie besproken) deelgebieden die in het ZLTO-deelgebied Rijk van Nijmegen vallen. In het midden loopt van noord naar zuid het Maas-Waalkanaal en ten oosten daarvan is duidelijk de stuwwal te zien. Het hoogteverloop gaat van blauw (5 m NAP) tot rood (>25 m NAP). Bron: Algemeen Hoogtebestand Nederland, versie 4.

Kenmerkend voor Groesbeek en Citters is dat er geen water onder vrij verval kan worden ingelaten vanuit de Maas of Waal. Groesbeek ligt relatief hoog en in een (sterk) glooiend landschap, op de helling van een stuwwal. Door de steile hellingen heeft men te maken met een hoog risico op erosie en afspoeling van sediment en nutriënten van agrarische grond. Doordat het water niet op de helling wordt vastgehouden en de kans op extreme neerslag is toegenomen, is de oostzijde van de stuwwal kwetsbaar voor wateroverlast en erosie. Dit gebied kent daarnaast in droge periodes een watertekort waardoor delen van het systeem droogvallen. Naast de gevolgen van piekbuien, is er dus ook een knelpunt met de waterbeschikbaarheid.

In deelgebied Citters is ook geen waterinlaat vanuit de rivier mogelijk. Het (lager gelegen) gebied van Citters wordt gevoed door kwel vanuit de stuwwal en de Maas. Door klimaatverandering neemt de kans op watertekorten (zandgronden rondom de Overasseltse Vennen) en wateroverlast (Overasseltse Broek) voor dit gebied toe. In het Groesbeek zijn vooral veehouderijen (ca 1128 ha) en akkerbouwbedrijven actief (ca 428 ha). Ook in Citters zijn met name veehouderijen (ca 1376 ha) en eveneens in minder mate akkerbouwbedrijven (ca 458 ha).

Opgave KRW

In de deelgebieden Citters en Groesbeek zijn de opgaven voor de reductie van N- belasting van het watersysteem aanzienlijk en in Groesbeek is er ook een opgave om de P-belasting verder te reduceren. In Citters is het niet nodig om fosforconcentraties te verlagen om het KRW-doel van fosfor te halen en formeel is er geen restopgave voor fosfor. Het reduceren van fosfor heeft waarschijnlijk wel een positieve invloed op het doelbereik van biologie (macrofyten en macrofauna). Volgens de KRW-factsheets is het de verwachting dat beide gebieden niet de doelen voor N-concentraties in het oppervlaktewater zullen behalen. Het KRW-doel voor fosfor wordt in Citters gehaald en in Groesbeek vrijwel zeker niet (Informatiehuis Water, 2024 & 2024a). In de BBWP-systematiek wordt de reductieopgave voor N en P in het oppervlaktewater uitgedrukt als fractie van de maximale regionale reductieopgave en de gewenste nutriëntenbelasting om ecologische doelen te halen. De belasting van N en P op het oppervlaktewater is voor beide gebieden doorgerekend met de KRW-ECHO methode (Schipper et al., 2024). De uitkomsten hiervan zijn gebruikt om de relatieve opgave voor N- en P-belasting naar het oppervlaktewater te kwantificeren.

De relatieve opgaven voor N- en P- belasting naar het oppervlaktewater zijn 0,24 kg N ha⁻¹ en 0,65 kg N ha⁻¹ voor Groesbeek en 0,56 kg N ha⁻¹ en 0,02 kg P ha⁻¹ voor Citters. De relatieve opgave voor P-belasting naar oppervlaktewater in Citters is zo laag dat er in de praktijk vooral sprake is van een opgave voor N-belasting. Uit BBWP-berekeningen is ook gebleken dat op basis van perceelskenmerken en landgebruik, het risico op P-afspoeling in Citters voor vrijwel alle percelen laag tot zeer laag is (Moria & Ros, 2023). Voor Groesbeek geldt dat er een relatief grote opgave is voor vermindering van P-transport naar het oppervlaktewater. Het stroomgebied Groesbeek is behoorlijk glooiend waardoor erosie en daarmee het transport van bodemdeeltjes naar watergangen een belangrijke bepaler is van de lokale oppervlaktewaterkwaliteit. De opgave voor N-belasting is in Groesbeek relatief laag.

Analyse

Aan de hand van de BBWP-methodiek is bij 20 agrariërs geïnventariseerd welke maatregelen zij hebben genomen om erosie en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater te verminderen. Een bodemadviseur heeft alle ondernemers bezocht. In totaal zijn er voor 32 percelen maatregelen geselecteerd. De verspreiding van de percelen is niet uniform over de deelgebieden Citters en Groesbeek. Van de geselecteerde percelen liggen er 26 in Groesbeek en 6 in de Ooijpolder. De percelen in de Ooijpolder worden in sommige gevallen gepacht door Groesbeekse agrariërs. In een enkel geval gaat het om een agrariër wiens bedrijf is gevestigd in de Ooijpolder. Vijftien percelen werden in 2025 akkerbouwmatig gebruikt. De overige percelen waren grasland (n = 10) en mais (n = 7). Door de ruimtelijke verdeling van de gekozen telers en percelen ligt het zwaartepunt van de analyse op Groesbeek. Voor de volledigheid zijn de percelen in de Ooijpolder ook meegenomen in de bespreking van de resultaten.

De 32 percelen van de 20 BBWP-deelnemers in de regio Groesbeek-Ooijpolder vertegenwoordigen 6% van het landbouwareaal van Groesbeek en 1,5% van de Ooijpolder. Door de spreiding van percelen evenals de mix van bouwland en grasland, beschouwen we de selectie van percelen in Groesbeek als representatief voor dat gebied.

2 Methode

2.1 Monitoringsplan Groesbeek

Ter ondersteuning aan het DAW-project in Groesbeek – Citters is in 2024 een eenvoudig monitoringsplan opgesteld om daarmee de impact van maatregelen gericht op bodemverbetering en vermindering erosie te monitoren (Ros, 2024). Omdat directe effecten op het oppervlaktewater lastig meetbaar zijn gegeven de aanwezige seizoensdynamiek, de afstand tussen percelen en het oppervlaktewater, en de invloed van andere bronnen, wordt voorgesteld om op twee niveaus te monitoren om zo effecten van de maatregelen in beeld te brengen.

- Meten van beheersmaatregelen (via het BedrijfsBodemWaterPlan)
- Directe effecten op bodemkwaliteit en nutriëntenconcentraties in het uitspoelend grondwater.

Monitoren van beheersmaatregelen

Deelnemende boeren is gevraagd om in samenspraak met een bodemcoach / adviseur een plan te maken voor het komende jaar met welke maatregelen er genomen worden om erosie tegen te gaan en het verlies van nutriënten te beperken. Hierbij ligt er een focus op verbetering van bodembeheer en de inzet van agroforestry conform de hoogtelijnen (om oppervlakkige afspoeling van bodemdeeltjes tegen te gaan). Concreet betekent dit dat:

- Een gebiedsexperts in gesprek gaat met agrariërs op basis van een short-lijst van meest effectieve maatregelen om bodemerosie te verminderen. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de maatregellijst zoals deze in het BBWP is opgenomen.
- Van de geselecteerde maatregelen zijn eenvoudige factsheets beschikbaar om inzicht te geven waarom deze maatregelen effectief zijn en onder welke omstandigheden.
- Via de BBWP-systematiek wordt vervolgens berekend hoeveel deze maatregelen bijdragen aan een schoner oppervlaktewater (uitgedrukt in de bekende BBWP-scores).

Monitoren van stikstofbodemoverschot

Voor het concreet inzicht geven in het risico op stikstofuitspoeling op basis van de uitgevoerde bemesting is het belangrijk om zicht te krijgen op het zogenoemde stikstofbodemoverschot. Dit is het verschil tussen de aan- en afgevoerde stikstof op perceelsniveau, gecorrigeerd voor voorkomende gasvormige emissies (ammoniak en lachgas) die optreden tijdens de toediening van mest. Aangevuld met eventuele N-residu metingen in het najaar kan zo inzicht worden gegeven in de efficiëntie van de gegeven bemesting, het voorkomen van nitraatuitspoeling en de concrete mogelijkheden om hierop gericht te sturen. Deze optie is na overleg van betrokken partijen niet meegenomen in de gebiedsmonitoring.

Bodemkwaliteitsmonitoring

De bodemkwaliteit als ook het gekoppelde bodembeheer stuurt indirect hoeveel water er kan worden vastgehouden, het risico op erosie, en de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten. Via een eenvoudige BodemConditieScore kan de impact van maatregel in beeld worden gebracht. Dit betekent concreet dat een profielkuil wordt gegraven voor- en na het nemen van een erosiemaatregel. Een verbetering van de bodemstructuur, het verhelpen van ondergrondverdichting, en het zorgen voor een goede beworteling zorgt ervoor dat het risico op afspoeling van water en nutriënten wordt beperkt.

Data delen

Het NMI heeft voor haar applicaties gebruiksvoorwaarden opgesteld waarmee bewaakt wordt dat data van de boer vertrouwelijk blijven. Gedurende dit project worden meetgegevens alleen met betrokken projectpartners en deelnemende boeren gedeeld, en alleen voor het doel om inzicht te geven in de effecten van bodembeheer op de waterkwaliteit. Na afronding van het project blijven de data binnen het BBWP beschikbaar voor de boer alleen, waarbij de boer zelf kan beslissen met wie hij/zij zijn data wil delen.

2.2 Beheermonitoring via het BBWP

2.2.1 Achtergrond van het BBWP

Het risico op stikstof- en fosforverliezen naar het oppervlaktewater en de potentie van maatregelen om deze verliezen te verminderen, wordt voor een groot deel bepaald door de eigenschappen van landbouwpercelen. In 2019 zijn door de kennisinstellingen rekenregels ontwikkeld waarmee op basis van deze kenmerken een betrouwbaar beeld kan worden gegeven van de risico's die optreden voor wat betreft de nutriëntenbelasting naar het oppervlaktewater (Ros et al., 2019; Groenendijk et al., 2021).

Het BBWP maakt hiervoor gebruik van verschillende soorten meetgegevens. Data van locaties van agrarische percelen en bodemgegevens zoals bouwplan, bodemtype, maaiveldhoogte, grondwatertrap, de aanwezigheid van drainage en omliggende sloten zijn afkomstig uit open databronnen. Daarnaast maakt het BBWP gebruik van geschatte bodemparameters die zijn afgeleid van meetgegevens van landbouwbodems. Deze meetgegevens komen uit het *Nationaal Agrarisch Bodem Archief* en worden continu aangevuld met bodemanalyses die boeren invoeren in het BBWP. In relatie tot het voorkomen van uit- en afspoeling van nutriënten gaat het hierbij om de fosfaat- en stikstofvoorraad, de afbreekbaarheid van organische stikstof en de fosfaatconcentratie in de bodemoplossing, als ook het fosfaatbindend vermogen (dat bepaald wordt door de hoeveelheid ijzer en aluminium in de bodem). Van elk perceel is ook de connectiviteit in relatie tot het watersysteem bepaald, waarbij deze afhangt van de natte omtrek, het afspoelingsrisico en het uitspoelingsrisico.

2.2.2 Koppelen relevante parameters aan percelen

Alle gegevens in het BBWP zijn gekoppeld aan BRP-gewaspercelen. RVO verzamelt en stelt informatie beschikbaar over gewaspercelen. In de BRP wordt de locatie van alle landbouwpercelen weergegeven met daaraan gekoppeld het geteelde gewas. De gebruiker van het perceel dient jaarlijks zijn actuele gewaspercelen in te tekenen en aan te geven welk gewas wordt geteeld op het betreffende perceel. Voor deze analyse zijn gewaspercelen uit 2025 gebruikt.

In de studie van Moria en Ros (2023) zijn de risico's op stikstof en fosforuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater voor elk perceel in Waterschap Rivierenland gevisualiseerd. In deze studie tonen we op detailniveau de risico's in deelgebieden Citters, Groesbeek en de Ooijpolder. Hierbij is gebruik gemaakt van gegevens die door deelnemende boeren is gedeeld. De kartering van risico's dient ter illustratie van algemene gebiedskenmerken, en maakt daarbij gebruik van deze perceelspecifieke

informatie. Voor het in beeld brengen van deze risico's wordt gebruik gemaakt van 20 perceelskenmerken en bodemgegevens (zie Tabel 1).

Tabel 1. Gegevens die gebruikt worden voor de BBWP-analyse.

Parameter	Eenheid	Beschrijving
Sector (bedrijfseigenschap)	-	Sector waarin bedrijf actief is
Bodemtype		Meest voorkomende bodemtype (zand, veen, klei of löss)
BRP gewascode	-	De Basisregistratie Percelen gewascode
Agrarisch bodemtype	-	Het agrarisch bodemtype
HELP bodemtype	-	Bodemcode volgens de HELP systematiek
Totaal stikstofgehalte*	mg N kg ⁻¹	De stikstofvoorraad in de bouwvoor
Pw-getal	mg P ₂ O ₅ L ⁻¹	De P-voorraad, gemeten in een water extract
PAL-getal	mg P ₂ O ₅ 100g ⁻¹	De P-voorraad, gemeten in een ammoniumlactaat extract
P-CaCl ₂	mg P kg ⁻¹	De P-concentratie in de bodemoplossing. Dit is de direct voor planten beschikbare hoeveelheid fosfaat.
P-verzadigingsgraad	%	De mate waarin de bodem is opgeladen met fosfaat
Verdichtingsrisico	-	Het risico op ondergrond-verdichting (Van den Akker, 2006)
Natte omtrek	-	De fractie van de omtrek van het perceel dat is omgeven door water (bv. sloten)
Risico op oppervlakkige afspoeling	-	Het risico op oppervlakkige afspoeling, gebaseerd op de morfologie van het perceel
Helling	%	De perceelshelling
Grondwatertrap		Dominante grondwatertrap binnen perceel
Fe-ox en Al-ox	mmol+ kg ⁻¹	De P-retentie van de bodem zoals deze afhangt van het ijzer en aluminiumgehalte, gemeten via een oxalaatextractie
Kleigehalte	%	De mineralogie van het perceel
Zand en siltgehalte	%	De mineralogie van het perceel
Het OS-gehalte*	%	Organisch stofgehalte
Drainage	-	Aanwezigheid van buisdrains
N- en P-opgave voor KRW	kg ha ⁻¹	De benodigde reductie van de landbouwkundige belasting om KRW-doelen te realiseren
Grondwaterbeschermingsgebied	-	Ligging van perceel in een grondwaterbeschermingsgebied

2.2.3 BBWP scores en voorkeursmaatregelen

De rekenregels in het BBWP integreren data van agrarische percelen samen met kennis over agrarische maatregelen om maatwerk te bieden voor elk agrarisch perceel. In deze studie zijn op basis van de verzamelde gegevens voor elk perceel in de deelgebieden Citters, Groesbeek en Ooijpolder in het beheergebied van Waterschap Rivierenland drie risico-indicatoren berekend die aangeven of er potentie is om via agrarische maatregelen bij te dragen een aan het verminderen van verliezen van stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater. Of er vervolgens ook maatregelen nodig zijn, hangt samen met de aanwezige gebiedsopgave voor zowel grond- als oppervlaktewaterkwaliteit. De best passende maatregelen worden voor elk perceel bepaald op basis van de risico's, opgaven en de effectiviteit en inpasbaarheid van de maatregelen.

In de paragrafen hieronder staat toegelicht hoe risico-indicatoren en opgaven zijn bepaald en hoe maatregelen zijn geselecteerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van de BedrijfsBodemWaterPlanCalculator versie 3.1.0.

Perceelindicatoren

De drie risico-indicatoren zijn bepaald op basis van een gewogen gemiddelde van verschillende perceel-indicatoren en de perceel-indicatoren zijn weer bepaald op basis van de bodem- en perceelkenmerken uit tabel 1. Deze kenmerken hebben een positieve of negatieve invloed op de uit- en afspoeling van nitraat, stikstof en fosfor. In tabel 2 staat aangegeven welke gegevens zijn gebruikt voor het bepalen van de perceel- en risico-indicatoren.

Tabel 2. Perceelseigenschappen die gebruikt worden in de berekening van de risico-indicatoren (P = afspoeling fosfor, N = afspoeling stikstof, NGW = nitraatuitspoeling, NUE = nutriëntenbenutting, WB = waterbergend vermogen).

Parameter	Perceel indicator	Risico indicatoren	Relevantie/ effectiviteit maatregel
Sector (bedrijfseigenschap)			relevantie
Bodemtype	Uitspoelingsrisico	NGW, NUE, WB	relevantie
BRP gewascode	Uitspoelingsrisico, Droogte- en natschade	NGW, NUE, WB	
Agrarisch bodemtype	Droogte- en natschade	NUE, WB	relevantie, effectiviteit
HELP bodemtype	Droogte- en natschade	NUE, WB	
Totaal stikstofgehalte*	N-leverend vermogen	N, NGW, NUE	
Pw-getal	Fosfaatbeschikbaarheidsindex	NUE	
PAL-getal	Fosfaatbeschikbaarheidsindex	NUE	effectiviteit
P-CaCl ₂	Direct beschikbaar P, P-beschikbaarheidsindex	P, NUE	effectiviteit
P-verzadigingsgraad	P-verzadigingsgraad	P	effectiviteit
Ondergrondverdichting	Ondergrondverdichting	P, N, NGW	
Natte omtrek	Natte omtrek	P, N	
Risico op oppervlakkige afspoeling	Oppervlakkige afvoer	P, N	
Helling	Helling	P, N	relevantie
Grondwatertrap	Grondwatertrap, Uitspoelingsrisico nitraat	P, N, NGW	relevantie, effectiviteit
Fe-ox en Al-ox	P-bindingsvermogen	P, N	
Kleigehalte	Potentiële waterberging	WB	
Zand en siltgehalte	Potentiële waterberging	WB	
Het OS-gehalte*	Potentiële waterberging	WB	
Drainage			effectiviteit
N- en P-opgave voor KRW	Opgave N en P oppervlaktewater		effectiviteit
Grondwaterbeschermingsgebied	Opgave nitraatuitspoeling		effectiviteit

Op basis van deze kenmerken is per beheer- of stroomgebied in kaart gebracht welke percelen het sterkst bijdragen aan de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Hiervoor worden de bodem-

parameters voor alle percelen binnen het stroomgebied met elkaar vergeleken, en krijgen de percelen een ranking die varieert van de waarde 0 tot 1. Op percelen met een hoge ranking (de waarde 1) liggen de grootste risico's voor een verhoogde N- en P-belasting van het oppervlaktewater en de meeste kansen om met maatregelen bij te dragen aan een betere waterkwaliteit. Deze beoordeelde bodemeigenschappen noemen we perceelindicatoren. Perceelindicatoren kunnen op verschillende wijze worden gerangschikt: per stroomgebied of voor het gehele beheergebied. Wanneer percelen worden gerangschikt per polder of stroomgebied wordt in beeld gebracht welke percelen in de polder/ het stroomgebied het meest bijdragen aan de verschillende risico-indicatoren. Bij deze rangschikking kunnen de indicatoren van verschillende stroomgebieden niet met elkaar worden vergeleken. Wanneer percelen worden gerangschikt ten opzichte van het gehele beheergebied kunnen stroomgebieden wel worden vergeleken en wordt zichtbaar op welke percelen in het gehele gebied de meeste kansen liggen. Voor deze analyse is er een berekening gemaakt van het relatieve aandeel van percelen in het gehele beheergebied van Waterschap Rivierenland.

Geaggregeerde risico-indicatoren

Met risico-indicatoren worden belangrijke kansen in beeld gebracht waarmee de landbouw bij kan dragen aan schoon oppervlakte en grondwater. Voor deze studie wordt hierbij gebruik gemaakt van de volgende risico-indicatoren:

1. Het risico op afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater is een gewogen gemiddelde van de perceelindicatoren oppervlakkige afvoer, de natte omtrek van het perceel, de grondwatertrap, de P-retentie, de direct beschikbare hoeveelheid fosfaat, de P-verzadigingsgraad en het risico op ondergrondverdichting.
2. Het risico op afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater is een gewogen gemiddelde van de indicatoren oppervlakkige afvoer, de natte omtrek van het perceel, de grondwatertrap, het N-leverend vermogen en het risico op ondergrondverdichting.
3. Het risico op uitspoeling van nitraat naar het grondwater is een gewogen gemiddelde van de indicatoren uitspoelingsrisico (afhankelijk van grondsoort, landgebruik en grondwatertrap) en het N-leverend vermogen.

Opgaven per risico-indicator

De risico-indicatoren worden vervolgens beoordeeld in het licht van de aanwezige gebiedsopgave. Dit betekent concreet dat in gebieden met een grote gebiedsopgave meer maatregelen gewenst zijn, en idem dito ook voor percelen met een groot risico. Alle opgaven worden uitgedrukt op een schaal die varieert van 0 (geen opgave) tot 1 (een grote opgave). De kansrijkheid voor maatregelen (lees: het handelingsperspectief) wordt vervolgens bepaald door het risico te vermenigvuldigen met de daar aanwezige opgave. In gebieden met een grote opgave moeten er dus meer maatregelen genomen worden om de gebiedsopgave te realiseren dan in gebieden met een kleine opgave. De kans om via een of meerdere maatregelen op een individueel perceel bij te dragen aan een duurzaam bodem- en watersysteem wordt berekend via een logistische correctiefunctie, waarbij het risico (een waarde tussen 0 en 1) wordt vermenigvuldigd met de aanwezige opgave (ook een waarde tussen 0 en 1) waarbij de variatie tussen de percelen niet wordt verkleind. Dit gebeurt voor alle drie de risico-indicatoren.

Kansen verminderen afspoeling van stikstof en fosfor

Voor de selectie van effectieve maatregelen om de afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater te verminderen is ruimtelijke informatie meegenomen waarin is gespecificeerd is of er noodzaak is om de nutriëntenbelasting vanuit de landbouw te verlagen. Om de gebiedsspecifieke landbouwopgaven mee te nemen is een indeling in deelstroomgebieden gebruikt zoals deze is aangeleverd door Waterschap Rivierenland. De landbouwopgave voor de reductie van stikstof- en

fosforuitspoeling is per stroomgebied gespecificeerd in aangeleverde KRW-ECHO analyses en het gebiedsdocument agrarisch waterbeheer (GAW). Er is geen opgave aangeleverd voor percelen die wel binnen de grenzen van het beheergebied vallen, maar onderdeel zijn van het stroomgebied van rivieren die beheerd worden door Rijkswaterstaat. Daarom zijn deze percelen niet meegenomen in deze analyse.

Kansen verminderen uitspoeling nitraat

Voor Waterschap Rivierenland nemen we aan dat het risico op uitspoeling vooral relevant is voor percelen die binnen een grondwaterbeschermingsgebied liggen (opgave = 1,0). Ligt een perceel erbuiten dan wordt de kans gehalveerd (opgave = 0,5). Buiten het grondwaterbeschermingsgebied zijn er namelijk beperkt extra (bovenwettelijke) maatregelen nodig om het bufferend vermogen van de bodem te vergroten en daarmee de nitraatuitspoeling te beperken. Door de opgave te halveren, blijven op elk perceel maatregelen gewenst en mogelijk om zo een positieve bijdrage te leveren aan de grondwaterkwaliteit. Binnen het gebied worden maatregelen die bijdragen aan de bescherming van grondwaterkwaliteit hierdoor meer geadviseerd. Tussen de bebouwde gebieden Groesbeek, Malden en Nijmegen ligt een grondwaterbeschermingsgebied, maar geen van de agrarische percelen ligt in dit gebied, waardoor de opgave voor alle percelen in deze studie 0,5 is.

2.2.4 Maatregeladvies en -effect

Door maatregelen te nemen kan de bodemkwaliteit en de nutriëntenbenutting worden verbeterd en kunnen transportroutes van nutriënten worden beïnvloed. Hiermee daalt het risico op stikstof- en fosforverliezen naar grond- en oppervlaktewater. Om de impact van een maatregel in beeld te brengen, zijn voor elk perceel de volgende drie stappen doorlopen:

1. Filter de lijst met maatregelen op alleen die maatregelen die toepasbaar zijn gegeven landbouwsector, bodemtype en grondwatertrap. Van elke maatregel is uit eerder onderzoek bekend onder welke omstandigheden deze toepasbaar is (Groenedijk et al., 2021). Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het bedrijfstype (melkveehouderij, akkerbouw, bollen en boomteelt), grondsoort (zand, klei, veen en löss), grondwatertrap (droog en nat) en de aanwezigheid van drainage.
2. Bereken voor alle maatregelen de potentiële impact op de vijf eerder genoemde risico-indicatoren door de effectiviteit van de maatregel te vermenigvuldigen met de kansen van het desbetreffende perceel. Vanuit de Kennisimpuls Waterkwaliteit is van elke maatregel op basis van expertkennis geschat in welke mate deze bij kan dragen aan de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Voor het BBWP is deze lijst uitgebreid met de effectiviteit waarmee een maatregel bij kan dragen aan een verhoging van het watervasthoudend en bufferend vermogen als ook de nutriëntenbenutting. Elke maatregel krijgt dus een score die varieert van -2 (een sterk negatief effect) tot +2 (een sterk positief effect).
3. Sorteert de optimale maatregelen per risico-indicator, daarbij rekening houdend met de mogelijke kosten van de maatregelen.

In de BBWP-applicatie zien de adviseur en de ondernemer de lijst met mogelijk te nemen maatregelen, inclusief de maatregelen die de meeste potentie hebben om bij te dragen aan verhoging van de score van de verschillende indicatoren.

Selecteren van maatregelen

De BBWP-adviseur betrokken bij dit project heeft 20 ondernemers in Groesbeek en de Ooijpolder bezocht. In overleg zijn een of meerdere percelen op het bedrijf geselecteerd waarvoor de opties voor maatregelen zijn verkend. Gezamenlijk zijn maatregelen gekozen die de betreffende ondernemer bereid is om te implementeren ter vermindering van erosie en de vrachten van N- en P naar het oppervlaktewater.

2.2.5 Vergelijking BBWP-score: met en zonder maatregelen

Om een inschatting te maken van het effect van de door ondernemers genomen maatregelen, is in deze studie BBWP scores uitgerekend voor alle 32 percelen zonder maatregelen, en in een tweede run met de getroffen maatregelen.

2.3 Analyse bodemprofiel o.b.v profielkuil

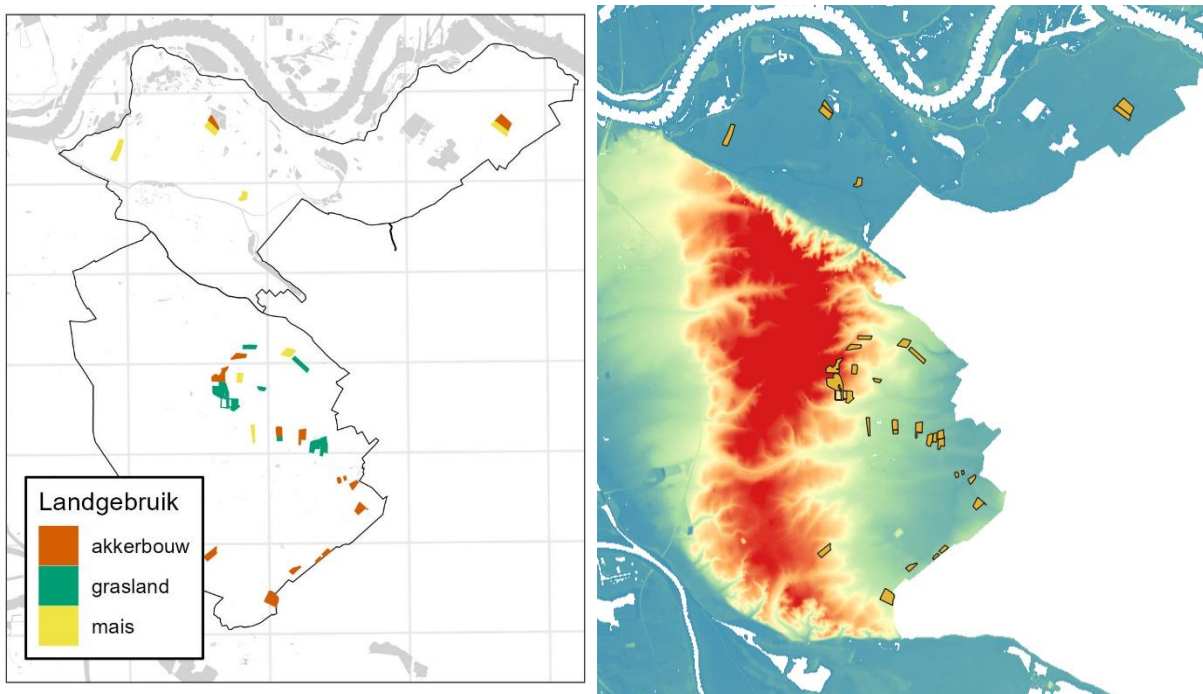
Aan de hand van de methode van de BodemConditieScore¹ is er voor twee representatieve locaties in Groesbeek een analyse uitgevoerd van de bodem. Deze methode houdt in dat er een profielkuil wordt gegraven op een representatieve plek in een perceel en dat er aan de hand van een beoordelingsformulier op een kwalitatieve manier een score wordt toebedeeld aan de bodem. Op basis van een som van de scores voor de bodemstructuur, de aanwezigheid van verdichte lagen, beworteling, gewasbedekking en andere parameters, verkrijgt met een beeld van de algemene bodemgesteldheid. De gegraven en beoordeelde profielkuilen zeggen op kwalitatieve wijze iets over de eigenschappen van de bodems in het gebied en de risico's die er zijn o.b.v. de in het veld geobserveerde bodemeigenschappen. De profielkuilen zijn als het ware een validatie van de vastgestelde risico's (erosie, waterbergingsproblemen).

¹ <https://mijnbodemconditie.nl/>

3 Resultaten

3.1 BBWP risico-indicatoren

Ter illustratie van de context waarin de percelen van BBWP-deelnemers zich bevinden, zijn de drie BBWP risico-indicatoren P-afspoeling, N-afspoeling en N-uitspoeling gevisualiseerd. In Figuur 3-1 is te zien waar de percelen van BBWP deelnemers liggen.

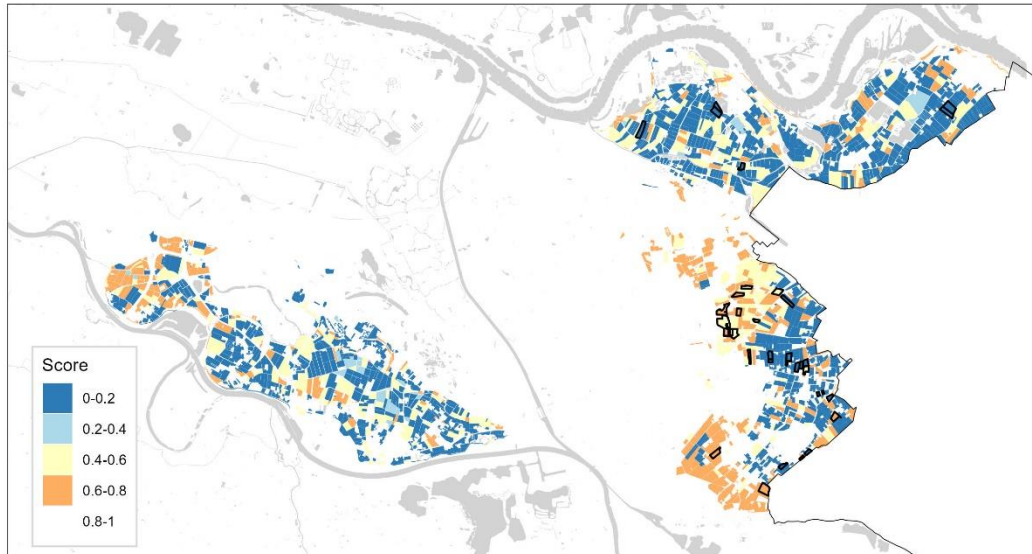


Figuur 3-1. Ligging van percelen van BBWP deelnemers in de Ooijpolder en Groesbeek, met links het landgebruik en rechts de terreinhoogte. Het hoogteverloop gaat van blauw (5 m NAP) tot rood (>75 m NAP). Bron: Algemeen Hoogtebestand Nederland, versie 4.

3.1.1 Risico's afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater

De risico's van P-afspoeling naar het oppervlaktewater zijn met name aanzienlijk in de sterk glooiende delen van Groesbeek. Daarnaast is het risico op P-afspoeling naar oppervlaktewater relatief groot vanwege de gematigd hoge P-concentratie in de bodemoplossing, het beperkte retentievermogen van de bodem en de relatief hoge verzadigingsgraad van sommige percelen (zie sectie 6.4 in de bijlage). Het risico op P-afspoeling is over het algemeen laag in Citters en de Ooijpolder.

P-afspoelingsrisico

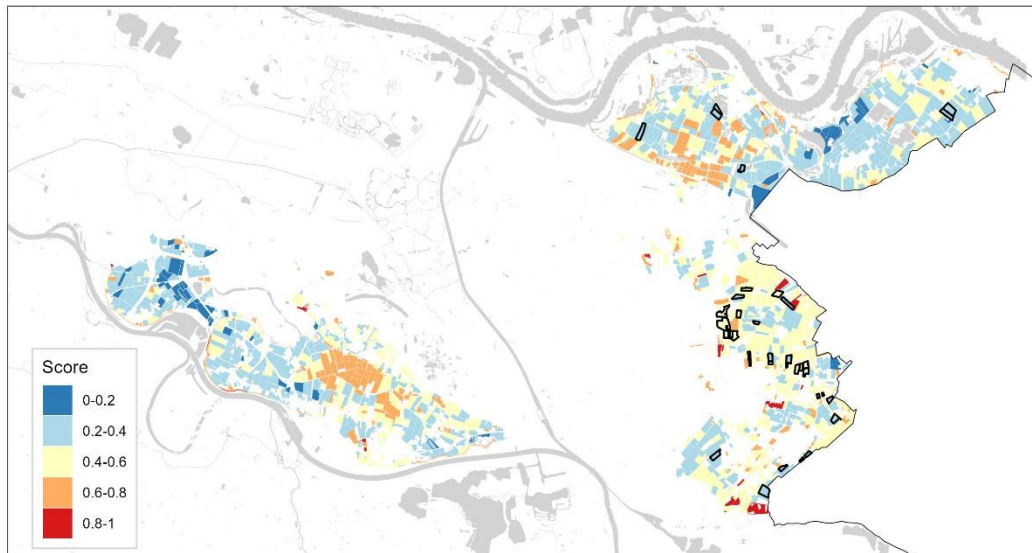


Figuur 3-2. Risico op oppervlakkige afvoer van fosfaat naar het oppervlaktewater. De zwartomlijnde percelen zijn van de BBWP deelnemers.

3.1.2 Risico's uitspoeling van stikstof naar het grondwater

De risico's voor uitspoeling van stikstof naar het grondwater zijn gematigd in het overgrote deel van Groesbeek. Voor Citters en de Ooijpolder geldt dat de risico's variërend zijn, van relatief laag tot relatief hoog. Op die plaatsen waar het uitspoelingsrisico redelijk hoog is, is het risico op ondergrondverdichting laag, wat betekent dat water makkelijker naar het grondwater kan stromen. Daarnaast geldt voor Citters dat het gebied op de kaart met een oranje kleur ook als kenmerk heeft dat er een hoog N-leverend vermogen van de bodem is (zie sectie 6.6 in de bijlage).

N-uitspoelingsrisico



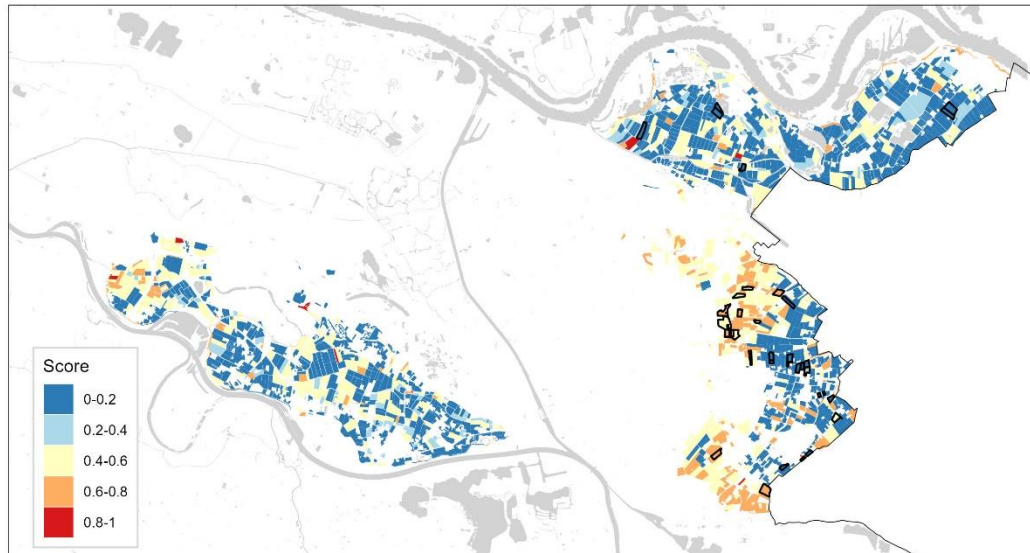
Figuur 3-3. Risico op uitspoeling van stikstof naar het grondwater. De zwartomlijnde percelen zijn van de BBWP deelnemers.

3.1.3 Risico's afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater

Mede vanwege de steile hellingen in een deel van Groesbeek, zijn daar aanzienlijk risico's voor de afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewatersysteem. Daarbij is er op de bodems die op de

hellingen van deelgebied Groesbeek liggen een gematigde kans op ondergrondverdichting. Wanneer deze bodems in het verleden een verdichte ondergrond hebben gekregen, draagt dit bij aan de extra afvoer van water over land. De lager gelegen percelen met weinig glooiing in Groesbeek zijn over het algemeen lemige zandbodems met een hoger siltgehalte dan de bodems op de hellingen. Deze lemige zandbodems hebben door de bodemtextuur in combinatie met de hogere grondwaterstand een hoger risico op oppervlakkige afvoer, maar het risico op N-afspoeling is toch laag i.v.m. de vrijwel vlakke percelen. Het risico op N-afspoeling is in Citters en de Ooijpolder vrijwel overal laag.

N-afspoelingsrisico

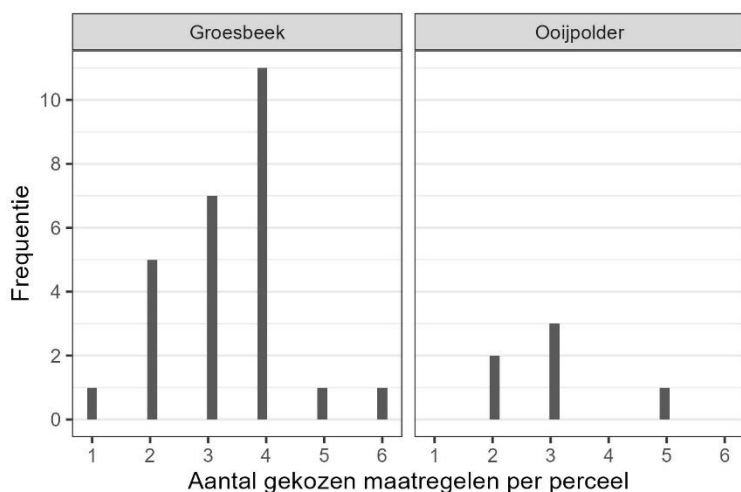


Figuur 3-4. Risico op oppervlakkige afvoer van stikstof (N-afspoeling) naar het oppervlaktewater. De zwartomlijnde percelen zijn van de BBWP deelnemers.

3.2 Maatregelen

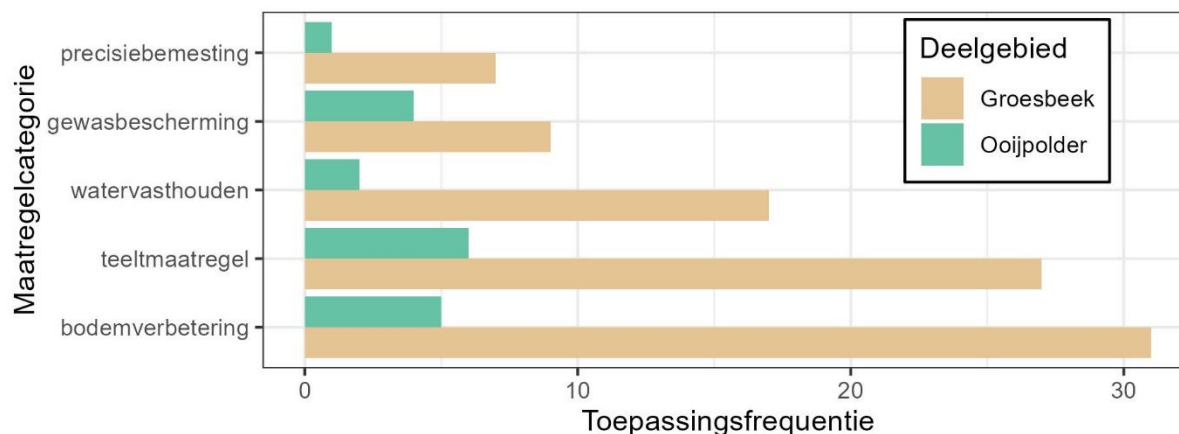
In totaal troffen de BBWP gebruikers 109 maatregelen op 32 percelen². Gemiddeld zijn er dus 3-4 maatregelen per perceel toegepast. De histogram (Figuur 3-5) laat zien dat in Groesbeek agrariërs op 11 percelen 4 maatregelen toepasten en op 7 percelen 3 maatregelen. In de Ooijpolder werden 3 maatregelen het vaakst toegepast. In bijlage 6.1 is het volledig grafisch overzicht te zien van toegepaste maatregelen, met bijbehorende uitleg in bijlage 6.2.

² In deelgebied Groesbeek zijn er in totaal 674 percelen en in de Ooijpolder 887. Het areaal percelen waarop BBWP-maatregelen worden toegepast bedraagt 5,9% (91 ha) in Groesbeek en 1,5% (31 ha) in de Ooijpolder.



Figuur 3-5. Histogram van het aantal gekozen maatregelen per perceel.

De individuele maatregelen die het vaakst toegepast werden vallen in de categorie bodemverbetering (Figuur 3-6). Hierin waren de maatregelen 'optimaliseren van Ca/Mg verhouding voor gewasproductie' (n=15) en 'toepassing van sleepslangbemesting' (n=9) de meest gekozen maatregelen. Daarna werden enkele maatregelen ter bevordering van het vasthouden van water het meest toegepast, zoals 'zuinig beregenen met computergestuurde beregeningshaspel' (n=10) en 'verhogen van waterhoudend vermogen van de bodem door OS-toevoer' (n=9). Ook troffen agrariërs veel teeltmaatregelen, waar de lijst aan gekozen maatregelen divers was. De complete lijst met maatregelen staat in Tabel 6-1 in de bijlage.



Figuur 3-6. Het totaal aan maatregelen dat op gewaspercelen is toegepast, onderverdeeld naar maatregelcategorie.

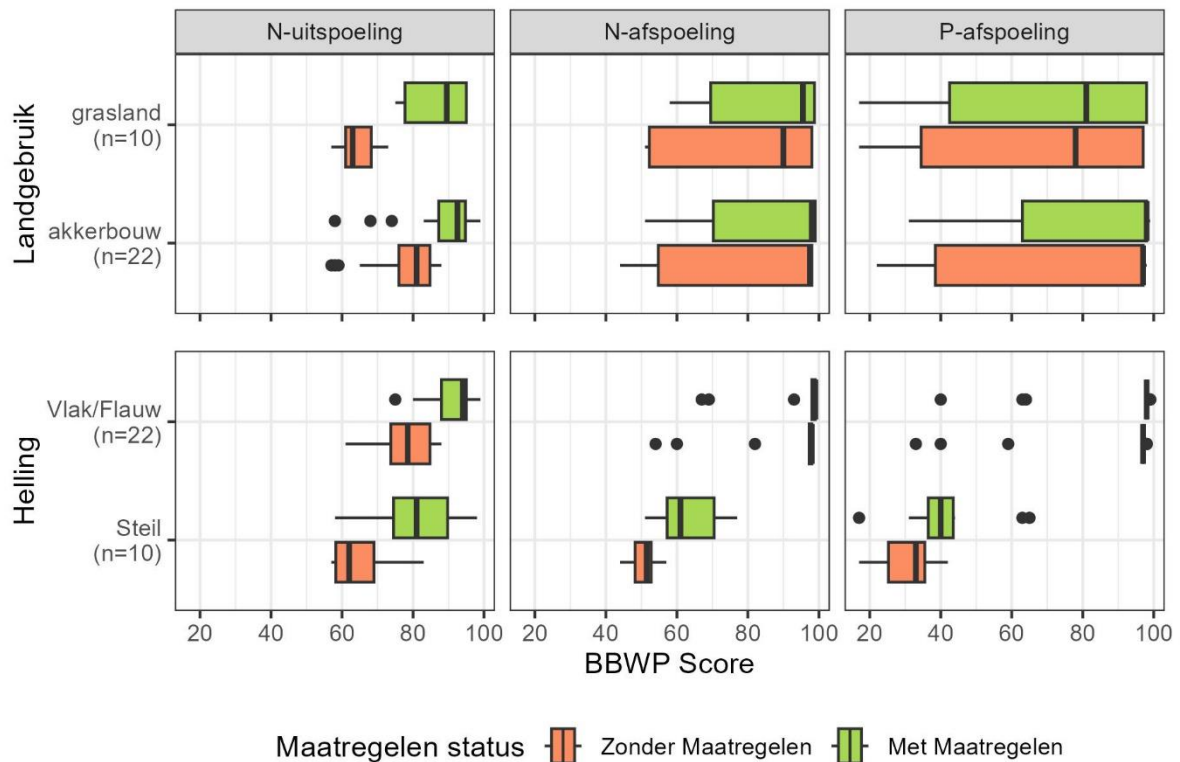
3.2.1 Effect van gekozen maatregelen

In Figuur 3-7 is te zien hoe de verdeling van BBWP-scores per indicator verdeeld zijn. Voor de indicator N-uitspoeling is te zien dat er voor alle percelen een aanmerkelijke verbetering is geweest na toepassing van de maatregelen. Zowel kijkend naar landgebruik als naar de helling van de percelen zijn er duidelijke verbeteringen zichtbaar na toepassing van de maatregelen. De vlakke percelen scoren hoger dan steile percelen, wat verklaard kan worden doordat vlakke percelen in Groesbeek lager liggen en een hogere grondwaterstand hebben.

De scores voor N-afspoeling lijken een vergelijkbare verdeling te hebben wanneer er alleen naar landgebruik wordt gekeken. Scores voor grasland en akkerbouw zijn vergelijkbaar verdeeld, zowel voor als na de toepassing van maatregelen. Echter, als de 32 percelen worden onderverdeeld naar hellingcategorie, dan valt duidelijk te zien dat vlakke/flauwe percelen een zeer hoge score hebben voor

N-afspoeling, maar dat steile percelen een matige score hebben. De implementatie van maatregelen op steile hellingen doet de gemiddelde score (mediaan) verschuiven van 52 naar 61, waarmee het risico op erosie wordt verlaagd.

Een vergelijkbaar effect van helling is terug te zien bij de indicator P-afspoeling. Op vlakke percelen is P-afspoeling vrijwel geen probleem, terwijl de steile percelen een lage score hebben die gemiddeld genomen maar marginaal verbetert na toepassing van maatregelen (33 naar 40). De gemiddelde score voor P-afspoeling is voor akkerbouw percelen (97-98, resp. voor en na implementatie van maatregelen) nog een stuk beter dan voor grasland percelen (78-81, idem). Dit is mede te verklaren doordat er relatief veel graslandpercelen op steile hellingen liggen.



Figuur 3-7. BBWP-scores voor de indicatoren N-uitspoeling, N-afspoeling en P-afspoeling. In de bovenste rij deelgrafieken is er onderscheid gemaakt naar landgebruik en in de onderste rij naar helling, waarbij steil een hellingshoek van $>2,5^\circ$ ($>4,4\%$) is. Landgebruikscategorie 'bouwland' omvat ook mais. 'Zonder maatregelen' illustreert de uitgangssituatie van de percelen.

Genomen maatregelen op steile percelen

Circa 10 van de 32 percelen liggen op hellingen met een hoek van $>2,5^\circ$ ($>4,4\%$). Hiervan zijn 4 percelen grasland en 6 bouwland. Op de hellingen wordt een breed pakket aan maatregelen toegepast dat meerdere categorieën bestrijkt. De getroffen maatregelen die een belangrijke bijdrage aan de vermindering van oppervlakkige N- en P-afvoer leveren staan hieronder, met tussen haakjes de maatregelcode (zie de figuren en tabellen in Sectie 6.1 en 6.2 voor gedetailleerde vergelijking) en het aantal percelen waarop dit is toegepast:

- Najaarsbeweiding beperken (G82, 1),
- Aandeel bouwland jaarrond groen (G60, 1),
- Ondiepe grondbewerking (G50, 1),
- Niet-kerende grondbewerking (B163, 3),
- Vaste rijpaden (G20, 1),

- Geen dierlijke mest in najaar (G25, 1).

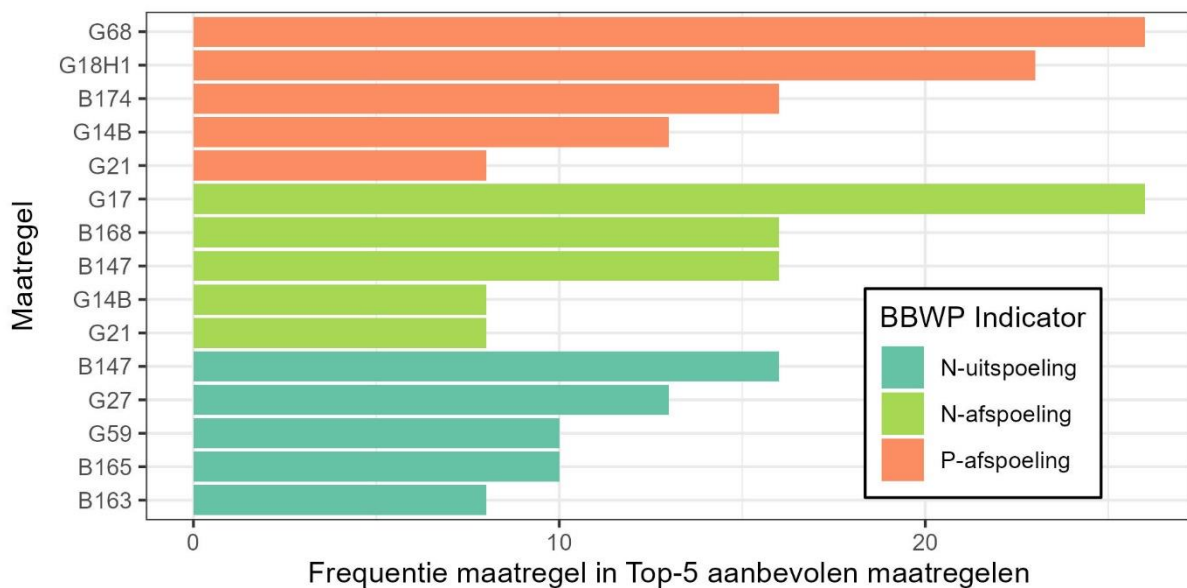
Van de in totaal 37 genomen maatregelen is dus maar een zeer beperkt aantal van significante invloed op het verlagen van oppervlakkig nutriëntentransport, wat ook terugkomt in de BBWP-scores in Figuur 3-7.

3.2.2 Optimale maatregelen volgens BBWP

Het BBWP biedt de mogelijkheid om per perceel de maatregelen te identificeren die het meest bijdragen aan het bereiken van de verschillende opgaven. Voor de 32 percelen in deze studie is gekeken hoe vaak een aanbevolen maatregelen in de top 5 maatregelen met het meeste effect terugkomt (Figuur 3-8. Dezelfde data is als tabel opgenomen in sectie 6.3).

Er blijkt weinig overeenkomst te zijn tussen de maatregelen die BBWP-gebruikers hebben gekozen in Groesbeek en de maatregelen die de grootste bijdragen leveren aan het bereiken van de verschillende opgaven. De maatregelen die zowel toegepast zijn door BBWP-gebruikers als aangedragen zijn als optimale maatregel door het BBWP, zijn B163 (aandeel ondiepe of niet-kerende grondbewerking; 4x toegepast) en G27 (Bemesting o.b.v. bodemanalyse en juiste gift op juiste moment; 2x toegepast). Deze twee maatregelen dragen bij aan het verminderen van N-uitspoeling, en niet zozeer N- en P-afspoeling. Verder bestaat er geen overlap tussen de gekozen en aanbevolen maatregelen.

Het niet adopteren van de meest optimale maatregelen heeft verschillende redenen. Voor de reductie van P-afspoeling, bijvoorbeeld, is de meeste potente maatregel het verlagen van de fosfaattoestand met een negatief bodemoverschot (maatregel G68). In feite betekent dit dat er minder fosfaat wordt aangevoerd dan de gewasbehoefte in de vorm kunstmest of dierlijke mest. Omwille van de kosten voor dierlijke mest-afvoer en gewasopbrengst, is het in de praktijk een maatregel die niet wordt gekozen door boeren. Sommige maatregelen, zoals het aanleggen van terrassen (G21) of helofytenfilters (26) zijn effectief maar relatief kostbaar. Een maatregel als droge bufferstroken (G14B) heeft zowel voor N- en P-afspoeling effect, in het bijzonder voor het verminderen van erosie. Het 'opgeven' van land t.b.v. bufferstroken is niet altijd wenselijk én is sinds de implementatie van het 7^e Actieprogramma voor heel Nederland verplicht. Deze verplichting kan ertoe hebben geleid dat deze maatregel niet is geselecteerd als extra anti-erosiemaatregel in de uitgevoerde pilot.



Figuur 3-8. Optimale maatregelen volgens het BBWP voor de percelen (n=32) van BBWP-deelnemers. De uitslag op de x-as toont hoe vaak een maatregel voorkomt in de top 5 aanbevolen maatregelen, ongeacht de positie binnen de top 5. Zie de bijbehorende tabel in de bijlage voor meer informatie en de interpretatie van maatregel-codes.

3.3 Profielkuilanalyse

Op twee locaties in deelgebied Groesbeek zijn representatieve profielkuilen gegraven om op kwalitatieve manier de bodem te beoordelen voordat er maatregelen zijn geïmplementeerd om de bodemkwaliteit te verbeteren. Beide bodems zijn geclassificeerd als zandige leem en hebben een pH van 6,0 en een OS-gehalte van 4,5%. Op een schaal van 0-50 scoorden deze bodems matig (25 en 29 punten). De score wordt in belangrijke mate bepaald door beworteling, bodemstructuur en de verdichting van de ondergrond, die allen een matige score hebben. De bodems zijn door de lemige textuur gevoelig voor verslemping, wat ook terugkomt in de observatie dat op beide locaties in verschillende mate spoorvorming is.



Figuur 3-9. Foto's van de twee profielkuilen die zijn gegraven in Groesbeek.

Er zijn dus kansen met betrekking tot het verbeteren van de algehele bodemstructuur. Verbeteringen in de structuur in de boven- en ondergrond kunnen bijdragen aan het waterbergend vermogen van de bodem, en als gevolg hiervan ook de vermindering van oppervlakkige afvoer van N en P tijdens (piek)neerslag. De uitgevoerde maatregelen zullen naar verwachting dan ook een verbetering in bodemkwaliteit realiseren.

4 Discussie

4.1 Effect van maatregelen

De waterkwaliteit in het beheergebied van Waterschap Rivierenland moet verbeterd worden om waterkwaliteitsdoelen voor de KRW en de Nitraatrichtlijn te halen. In het (sterk) glooiende gebied Groesbeek zijn het verminderen van erosie en de daaraan gerelateerde oppervlakkige afvoer van N en P nodig om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren.

Binnen deze monitoringspilot was het doel om te onderzoeken welke maatregelen getroffen kunnen worden om de waterkwaliteit in Citters en Groesbeek te verbeteren, met name op gebied van N-concentraties in oppervlaktewateren. Om verschillende redenen zijn er geen bedrijfsbezoeken uitgevoerd binnen het gebied Citters. De risico's voor N- en P-afspoeling zijn hier vergelijkbaar met die in het vlakke deel van Groesbeek. Het risico op N-uitspoeling is aanzienlijk in een deel van Citters en wordt in grote mate beïnvloed door het hoge N-leverend vermogen van de bodems. Een gerichte inzet van maatregelen om het N-bodem-overschot te verlagen via beter bodembeheer (d.w.z. een hogere gewasopname) en een verbeterde bemestingspraktijk (d.w.z. de juiste hoeveelheid in de juiste vorm op het juiste moment) zorgen voor een lagere N-belasting naar zowel grond- als oppervlaktewater van Citters.

In Groesbeek zijn wel bedrijfsbezoeken uitgevoerd en zijn BBWP's ingevuld. Op basis van de analyse van BBWP-scores van voor en na de implementatie van maatregelen, blijkt dat het effect van uitgevoerde maatregelen op N- en P-vrachten naar het oppervlaktewater beperkt is op de hellingen in Groesbeek. Wel is het effect groter op de hellende dan niet hellende percelen, waarbij deze maatregelen een positief effect op het verminderen van de nutriëntenvracht naar het oppervlaktewater. De BBWP-methodiek brengt de afstand tot een gewenst doel in kaart, en de geïmplementeerde maatregelen verlaagden het risico op erosie (en af- en uitspoeling van fosfor) met 5% tot 15% op hellende percelen waar maatregelen genomen zijn. Op de percelen met een kleinere helling is het effect van maatregelen verwaarloosbaar. Hoewel een directe koppeling tussen risico-scores en de kwantitatieve bijdrage aan uit- en afspoeling van nutriënten nog niet beschikbaar is, liet een eerdere studie zien dat een halvering van het risico met maatregelen overeenkwam met een reductie van de P-afspoeling met 25% en een reductie van de N-afspoeling met 20% (Ros et al., 2020). Voor de hier geïmplementeerde maatregelen betekent dit dus een verminderde erosie van 4 tot 5% op de percelen in de pilot. In Groesbeek zijn vooral maatregelen genomen gericht op bodemverbetering. Bij grootschalige inzet van een ander type maatregelen, routemaatregelen, kan het verlies van bodem en afspoeling sterker worden (tot 66%) verlaagd (Groenendijk et al., 2021). Barthélémy et al. (2010) rapporteerden de resultaten van onderzoek naar het effect van drempels op een perceel in Wallonië, waarbij de drempels de waterafvoer met 74-97% verminderde en de afvoer van bodemsediment zelfs met 92-99%. Circa tien jaar geleden hebben Jansen et al. (2013) op basis van indicatieve berekeningen met het STONE-model laten zien dat het aandeel van oppervlakkige afstroming in de totale P-vracht naar het oppervlaktewater 2-20% kan bedragen voor de drogere percelen. Ervanuit gaande dat dit transport een gevolg is van een te beperkte capaciteit van

de bodem om zomerbuien te laten infiltreren, kan de aanleg van drempels leiden tot een reductie van nutriëntenvrachten in dezelfde orde van grootte. De geschatte effecten via het BBWP liggen daarmee in de bandbreedte van gepubliceerde literatuur. De onzekerheid op deze schattingen is echter groot, zeker in gebieden met een groot risico van oppervlakkige afspoeling.

Er is weinig overlap tussen de door het BBWP aanbevolen maatregelen en de gekozen maatregelen. Twee van de optimale maatregelen voor indicator N-uitspoeling werden wel toegepast, in totaal 6 keer. Hoewel de risico's op N- en P-afspoeling in Groesbeek groot zijn, is de hydrologische connectiviteit beperkt. De meeste percelen zijn niet direct verbonden met watergangen met oppervlaktewater. Bij piekbuien of langdurige neerslag kan er echter wel oppervlakkige afvoer zijn naar oppervlaktewater in de laaggelegen delen van Groesbeek. Dit betekent dat er vooral potentie is voor maatregelen die neerslag tijdelijk op kunnen vangen, zodat dit water de grond in kan trekken. Voorbeelden van dergelijke maatregelen zijn het aanbrengen van greppels langs de contourlijnen, infiltratiebassins, houtsingels/wallen en droge (kruidenrijke) bufferstroken.

De analyse van de twee profielkuilen die gegraven zijn in Groesbeek sluiten aan bij de uitgevoerde analyse van maatregelen via het BBWP. De zandige leembodems die op veel Groesbeekse percelen te vinden zijn, worden gekenmerkt door een relatief hoog risico op verslumping, wat oppervlakkige afvoer van N en P versterkt. Om de oppervlaktewaterkwaliteitsdoelen van de Kader Richtlijn Water te behalen, zullen aanvullende maatregelen genomen moeten worden in een groot deel van het gehele deelgebied Groesbeek. De potentie van landbouwmaatregelen is groot, maar een aantal kansrijke maatregelen, zoals het aanbrengen van infiltratiegreppels langs contourlijnen zijn kostbaar en leggen (beperkt) beslag op agrarisch land.

4.2 Doorkijk naar 8^e Nitraat Actieprogramma en KRW

Het concept 8e actieprogramma Nitraatrichtlijn is erop gericht om de uitspoeling van nitraat uit de landbouw te verminderen en de waterkwaliteit van grondwater en oppervlaktewater te verbeteren. Het programma, dat op 1 januari 2026 ingaat en tot en met 2029 loopt, is een voortzetting van het vorige actieprogramma, maar bevat ook nieuwe maatregelen en een 'ingroeipad' voor doelsturing op bedrijfsniveau. Dit programma heeft een aantal goede aspecten, maar in de praktijk leven er ook aan aantal zorgen. Deze worden hieronder kort benoemd.

De invoering van 'doelsturing' biedt boeren allereerst de mogelijkheid om onder bepaalde voorwaarden meer stikstofruimte te krijgen en af te wijken van generieke maatregelen. Agrariërs krijgen, op basis van metingen na de oogst, de mogelijkheid voor meer stikstofgebruiksruimte en voor uitzonderingen op de '1 oktober'-maatregel voor het inzaaien van vanggewassen en op de verplichting van 1:4 (deels 1:3) teelt van rustgewassen. Het is belangrijk om daarbij zorg te dragen dat op bedrijfsniveau het stikstofbodemoverschot de streefwaardes voor een schoon grondwater niet overschrijdt, en dat er daadwerkelijk monitoring plaatsvindt op het effect van geïmplementeerde (vrijwillige) maatregelen. Dit betekent ook dat voor elk bedrijf concreet moet zijn wat de beoogde streefwaardes zijn, en welke maatregelen inzetbaar zijn om deze doelen te realiseren. In een recente publicatie hebben Ros & de Vries (2025) een overzicht gegeven van alle mogelijk maatregelen om gericht te zorgen voor een lagere nitraatuitspoeling van het grondwater. Doelsturing via normen (voor input van nutriënten of het bodemoverschot) zijn echter niet gewenst en nodig voor de doelen van de Kaderrichtlijn water (Ros et al., 2023; 2025). Binnen de context van de KRW is een vorm van prestatiesturing nodig waarbij de benodigde inzet van agrariërs wordt geconcretiseerd, geïmplementeerd en gemonitord. De gevolgde aanpak in de pilot Duurzaam Bodembeheer Groesbeek en Critters volgt in principe deze werkwijze, waarbij de beleidsmatige inbedding en valorisatie echter weinig aandacht krijgt.

In vergelijking met eerdere actieprogramma's is er meer aandacht voor fosfaat als belangrijke nutriënt voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. Dit wordt concreet gemaakt voor zogenoemde fosfor-

aandachtsgebieden, die nog aangewezen moeten worden. In deze gebieden wordt een bezinkgreppel en begroeiing verplicht. Ook worden voorziene maatregelen beter afgestemd op het gebiedstype en de aanwezige waterkwaliteit. Deze gebiedspecifieke aanpak als ook de verwachte verschuiving van bronmaatregelen, zoals minder bemesten naar voor de waterkwaliteit effectievere routemaatregelen, zoals een bezinkgreppel, en receptormaatregelen, zoals het (veel) minder frequent maaien van vegetatie in de sloot en afvoeren van maaisel zijn in veel gebieden effectiever voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Ook de voorziene maatregel om grasland te behouden draagt positief bij omdat het risico op afspoeling van deeltjes kleiner is op graslandpercelen, mits er geen (onbeteelde) greppels worden gegraven om water snel af te voeren. Omdat de hoeveelheid fosfaatbemesting weinig tot geen invloed heeft op de uitspoeling van nutriënten (de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem, de verdeling van mest over percelen, het fosfaatbindend vermogen en de connectiviteit met het watersysteem hebben een veel grotere invloed) is de voorziene evaluatie van de fosfaatgebruiksnorm en de daaraan gekoppelde aanpassing in 2028 een positieve ontwikkeling. Deze maatregel zal pas op langere termijn (> 10 jaar) zorgen voor een daadwerkelijke verlaging van de P-belasting naar het oppervlaktewater.

De belangrijkste aandachtspunten liggen bij het feit dat het programma voornamelijk een voortzetting is van het 7e actieprogramma, met uitzondering van een verzwaring voor zuidelijk zand en löss. Het pakket aan generieke maatregelen en de aangekondigde herziening van de stikstofgebruiksnormen geven aanleiding tot zorg, zeker voor bedrijven die met bestaand beleid al goed presteren in relatie tot hun bijdrage aan grondwaterkwaliteit. Daarbij komt dat generieke maatregelen en aanscherpingen in de bemesting in de afgelopen vijftien jaar niet hebben geleid tot een verbetering van de grondwaterkwaliteit. De omslag naar doelsturing biedt daarvoor juist een alternatief dat beter is voor zowel de grondwaterkwaliteit als voor de boer, maar wordt nog niet geïmplementeerd in het 8^e NAP.

Cruciale onderdelen van het actieprogramma zijn daarnaast nog onvoldoende uitgewerkt, zoals de aanpassing van stikstofgebruiksnormen en behoud van grasland. Ook de samenhang met andere landelijke en internationale verplichtingen, zoals het stikstofbeleid (lees: ammoniak) en het beleid rond gewasbeschermingsmiddelen en natuurbescherming, is onvoldoende uitgewerkt. Daardoor is niet duidelijk wat de effecten zijn op het behalen van de doelen en op mogelijke neveneffecten. Bovendien blijkt uit een eigen analyse van het ministerie dat de doelen voor grond- en oppervlaktewater met de maatregelen wederom niet worden gehaald. In bepaalde regio's blijven nitraatconcentraties structureel boven de nitraatnorm en voor oppervlaktewater is de bijdrage beperkt en onzeker. Versoepelingen, zoals het versmallen van bufferstroken, brengen zelfs het risico van achteruitgang met zich mee, wat haaks staat op het achteruitgangverbod in de KRW.

Er wordt een proces gestart om zogenaamde 'aandachtsgebieden' aan te wijzen, die meer gerichte maatregelen nodig hebben. Het aanwijzen van zogenaamde hotspots waar emissies groot zijn of het effect van deze emissies groot is volgt de landelijke implementatie van de KRW, waarbij systeemkennis leidend is voor de benodigde maatregelen om de kwaliteit van het water te verbeteren. De landelijke analyse waarop de aanwijzing van aandachtsgebieden is gebaseerd kijkt in de praktijk echter fors af van wat de waterschappen regionaal waarnemen. Ook sluiten de gehanteerde uitgangspunten voor de landelijke analyse niet aan bij de uitgangspunten van de KRW. Zo is in de aanwijzing van NV-gebieden uitgegaan van een percentage bijdrage landbouw dat per definitie niets zegt over de absolute belasting en alleen over de verhouding tot andere bronnen. Niet-agrarische bronnen zijn lang niet altijd goed in beeld en erosie (een belangrijke bron in Groesbeek) is niet meegenomen als bron in de landelijke analyse. Dit kan leiden tot gebieden die ten onrechte wel of niet worden aangewezen. Dat is moeilijk uitlegbaar aan agrariërs en andere belanghebbenden en is juridisch kwetsbaar. Bij de aanwijzing van NV-gebieden is eerder gebleken dat dit tot grote onrust en verzet kan leiden, waardoor effectieve maatregel niet meer worden geïmplementeerd. De waterschappen pleiten in hun reactie daarom ook voor een zorgvuldiger route: eerst de landelijke analyse verbeteren, zodat de resultaten beter aansluiten bij de regionale werkelijkheid. Dat vraagt extra tijd, inzet en samenwerking met waterschappen en provincies.

NV-gebieden als basis nemen voor het 8^e NAP leidt niet alleen de aandacht af van het daadwerkelijke doel, het zorgt ook voor het risico dat dit doel niet wordt gehaald omdat alleen wordt gefocust op maatregelen die van invloed zijn op nutriëntenemissies naar de sloot en andere ecologische sleutelfactoren niet worden meegenomen in het actieprogramma. Een zeer effectieve maatregel, zoals ecologisch slootbeheer, waarbij vegetatie boven de wortels wordt afgemaaid, maaisel wordt afgevoerd en de maaifrequentie omlaag gaat, blijft zo buiten beeld.

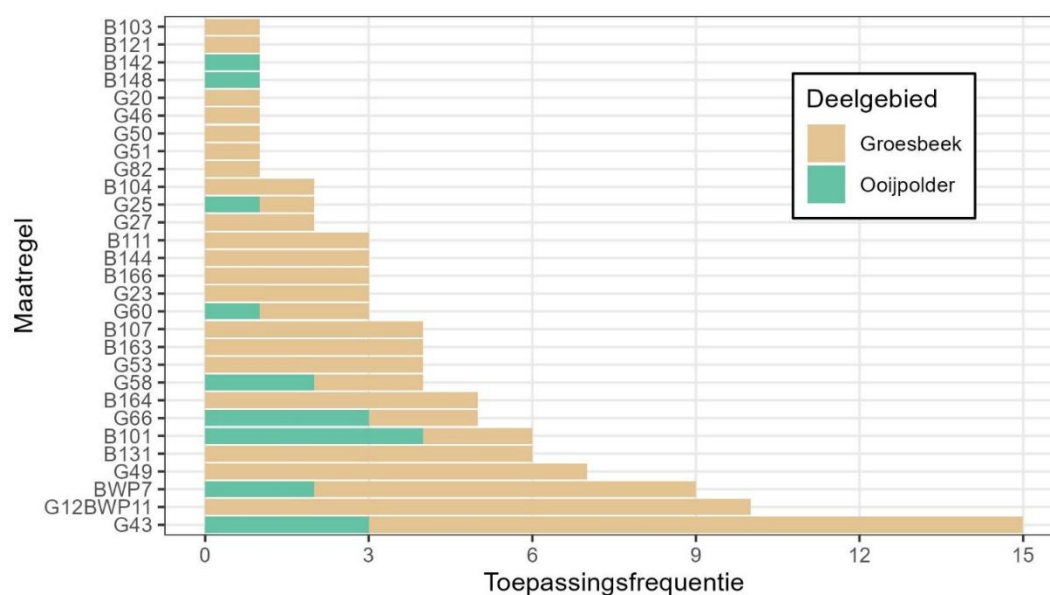
Hoewel erosie in het grootste deel van Nederland niet zo'n probleem is, is de situatie in Groesbeek zo dat watererosie kan zorgen voor verlies van waardevolle bodems en nutriënten. In geringere mate speelt dit ook op enkele andere plaatsen, zoals op de flanken van stuwwallen. Er zijn veel maatregelen beschikbaar waarmee agrariërs het risico op erosie door water en wind kunnen verminderen dan wel voorkomen. Voor watererosie gaat het dan om maatregelen die de hoeveelheid afvoer verlagen, de stroomsnelheid van het afstromende water verlagen, of de bodembedekking vergroten. Denk daarbij aan het type landgebruik, het gebruik van (groene) bodembedekkers, niet-kerende grondbewerking, het gebruik van drempeltjes, voldoende aanvoer van organische stof, contourbewerking, het gebruik van randen en groenstroken, en tijdelijke opvang. Welke maatregel het best toepasbaar is hangt af van de specifieke lokale situatie, en wordt bepaald door zowel biofysische als socio-economische aspecten. Het BBWP geeft hierbij inspiratie en advies, maar in de praktijk zijn het vaak de socio-economische factoren die de doorslag geven wat betreft het wel of niet toepassen van maatregelen. Het wel of niet toepassen van anti-erosiemaatregelen hangt daarbij samen met de kans dat er erosie optreedt, de schade die te verwachten is bij erosie, en de kosten van maatregelen tegen erosie.

5 Literatuur

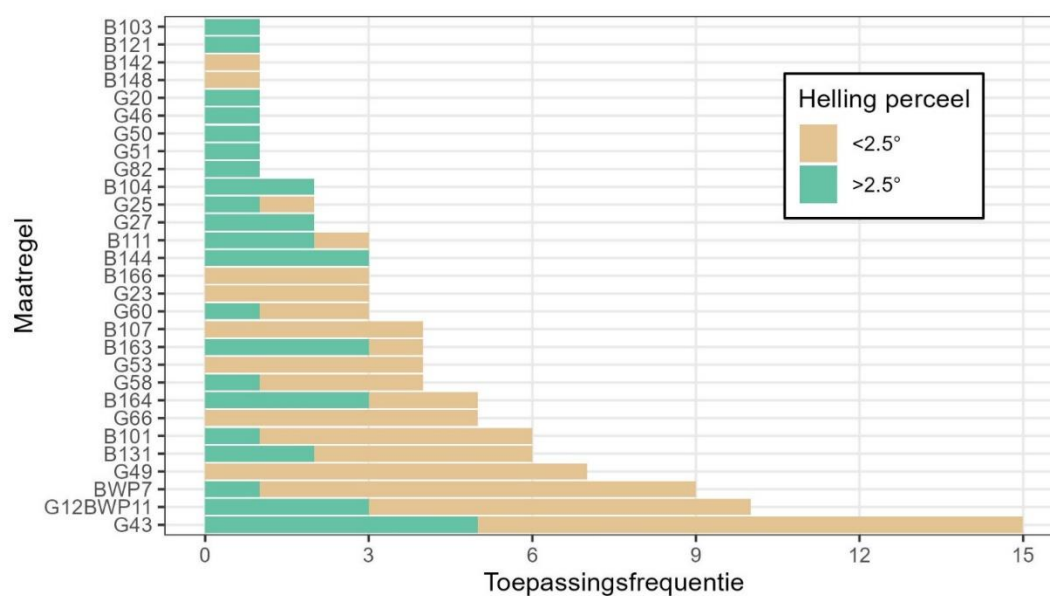
- Barthélémy JP, Fonder N, Olivier C & P van Eecke** (2010). *Contrôle du ruissellement et de ses impacts en culture de pomme de terre en Wallonie*. Présentation des résultats 2009-2010.
- Groenendijk et al.** (2016). *Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren; het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden*. WEnR-rapport 2749, 150 pp.
- Groenendijk P, Van Gerven L, Schipper P, Jansen S, Buijs S, van Loon A, Lukacs S, Verhoeven F, Housmans B, van Rotterdam D, Ros GH, Verloop K & G-J Noij** (2021). *Maatregel op de Kaart (Fase 2): Identificeren van kansrijke perceelsmaatregelen voor schonere grond- en oppervlaktewater*. (Stowa rapport; No. 2021-26). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. <https://edepot.wur.nl/547890>
- Informatiehuis Water** (2024). *KRW-factsheet Beekrestanten Citters*. Versie 23-02-2024. Informatiehuis Water, pp 12.
- Informatiehuis Water** (2024a). *KRW-factsheet Beken Groesbeek*. Versie 03-03-2024. Informatiehuis Water, pp 12.
- Jansen P, Massop H, Groenendijk P, Renaud L & R Hendriks** (2013). *Oppervlakkige afstroming en diepte van modelprofielen; Invloed op N- en P-vrachten in STONE2.3*. Wageningen, Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 2464.
- Moria L en GH Ros** (2023). *Gebiedsanalyse hotspots en effectieve landbouwmaatregelen Waterschap Rivierenland*. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1920.N.22, pp 46.
- Ros GH, Fujita Y, Koomen A & A Buijert** (2020) *Een casestudie naar agrarisch maatwerk voor schoon oppervlaktewater*. H2O publicatie, 6 pp.
- Ros GH, Verweij S, Quist N & N van Eekeren** (2020). *BedrijfsBodemWaterPlan. Maatwerk voor duurzaam bodem en waterbeheer*. Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1805.N.20, 34 pp.
- Ros GH, De Vries W, Jongeneel R & M van Ittersum** (2023) *Gebieds- en bedrijfsgerichte handelingsperspectieven voor een duurzame landbouw in Nederland*. WUR-publicatie, 80 pp.
- Ros GH** (2024). *Monitoringsplan Groesbeek*. NMI-notitie, 3 pp.
- Ros GH, De Vries W, Jongeneel R & M van Ittersum** (2025) *Bedrijfsspecifieke doelsturing op verliezen van stikstof en broeikasgassen: doelen, middelen en borging*. WUR-publicatie, 70 pp.
- Ros GH & W de Vries** (2025) *Overzicht en prioritering van landbouwmaatregelen voor lucht-, water- en bodemkwaliteit en agrobiodiversiteit*. Wageningen, Wageningen Universiteit, Rapport 2025.159; 79 pp.
- Schipper P, Hehenkamp M, Mi-Gegotek Y, Groenendijk P, & L Renaud L** (2024) *KRW-restopgave nutriënten in Gelderland en oostzijde Utrechtse Heuvelrug*. WEnR-rapport 3360, 84 pp.

6 Bijlagen

6.1 Histogrammen van toegepaste BBWP-maatregelen



Figuur 6-1. Histogram van de BBWP-maatregelen die door BBWP-gebruikers zijn toegepast, onderverdeeld naar deelgebied.



Figuur 6-2. Histogram van de BBWP-maatregelen die door BBWP-gebruikers zijn toegepast, met onderscheid tussen vlakke en flauwe hellingen en steile hellingen.

6.2 Overzichtstabel van genomen maatregelen door BBWP-gebruikers

Tabel 6-1. Overzicht van de door BBWP-gebruikers getroffen maatregelen, met voor ieder maatregel het relatieve effect dat het heeft op de opgaven voor P-afspoeling, N-afspoeling en N-uitspoeling. Een hoger cijfer betekent een grotere bijdrage.

Maatregel ID	Toepassings-frequentie	Maatregel-categorie	Omschrijving	Effect maatregel		
				P-ow	N-ow	N-gw
G20	1	bodemverbetering	Vaste rijpaden	1	1	1
G50	1		Ondiepe grondbewerking - aandeel ondiepe grondbewerking	0.5	0.75	1
G51	1		Voorkom insporing door gebruik lichtere machines met lagere bandenspanning	0.25	0.5	0.5
B166	3		Gebruik van ruige mest, compost etc. aangevoerd van elders	0	0.25	0.5
B163	4		Ondiepe grondbewerking - aandeel niet-kerende grondbewerking	0.5	0.75	1
G58	4		Gebruik van ruige mest, compost etc. van eigen bedrijf	0	0.25	0.5
G49	7		Past sleepslangbemesting toe (bij voorkeur met lage bandendruk).	0.5	0.75	0
G43	15		Optimaliseer Ph- en Ca/Mg verhouding voor gewasproductie	0.5	0.5	1
B103	1	gewasbescherming	Pas biologische en/of natuurlijke bestrijding toe met speciale aandacht voor strokenteelt, (bloemrijke) akkerranden en groenbemesters voor het voorkomen van aaltjes en bodemgebonden ziekten en plagen.	0	0	0
B104	2		Mechanische onkruidbestrijding (wiedeggen)	0	0	0
B107	4		Precisie toepassing van gewasbeschermingsmiddelen	0	0	0
B101	6		Pas gewasbeschermingsmiddelen toe met een laag risicoprofiel, indien mogelijk van natuurlijke oorsprong.	0	0	0
B121	1	precisiebemesting	Beperking uitrijperiode kunstmest in het najaar: niet uitrijden na 15 aug. (veen, zand) resp. 1 september (klei).	0	0.5	1
G25	2		Dierlijke mest niet of nauwelijks in het najaar	1	1.5	1

G27	2		Zorgt voor een bemesting die aansluit op de kwaliteit van de bodem. Gebruikt hiervoor een bodemanalyse en verdeelt de mest over de percelen conform het bemestingsadvies.	1	1	1.5
G23	3		Uitrijdperiode dierlijke mest verkorten en later in voorjaar	0.5	0.5	1
B142	1	teeltmaatregel	Natte teelten	-1.5	0	0
B148	1		Vanggewas-plus - natuurvriendelijke samenstelling van het mengsel	0.5	1	1.5
G46	1		Plant mais in ruitverband	0	0	0
G82	1		Najaarsbeweiding beperken, begin gelijk in het voorseizoen al te weiden	0.25	1	1
B111	3		Teel meer vlinderbloemige gewassen.	0	0	0
B144	3		Teelt van meerjarige gewassen	0	0	0
G60	3		Aandeel bouwland jaarrond groen	0.5	0.5	1
G53	4		Gebruik diepwortelende grassoorten	0	0.75	1
B164	5		Teelt van diepwortelende gewassen	0	0.75	1
G66	5		Teel geen mais (maar bijvoorbeeld gras) op natte gronden (GWT <4).	1.5	2	1
B131	6		Instandhouding van blijvend/langjarig grasland - 11-15 jaar	0	1	2
BWP7	9	water vasthouden	Verhogen van het watervasthoudend vermogen van de bodem (door aanvoer OS)	0.5	0.5	1
G12B WP11	10		Zuinig beregenen door computergestuurde beregeningshaspel	0.25	0.5	1

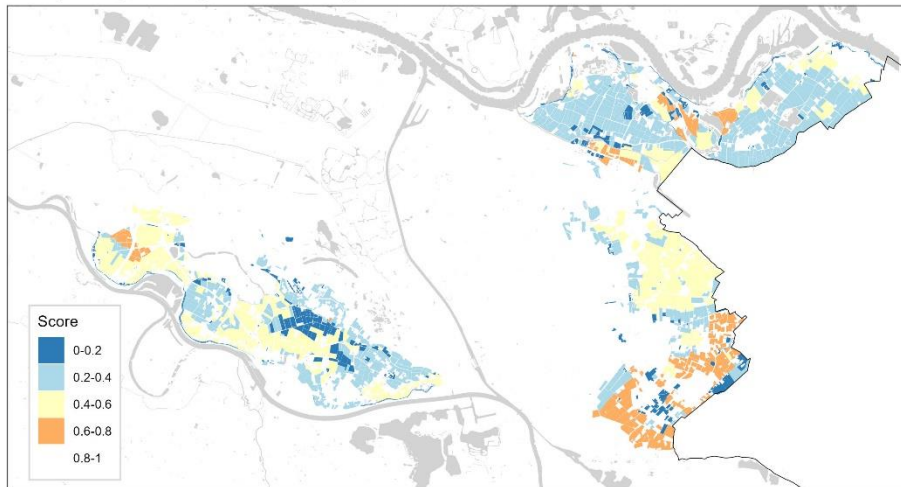
6.3 Overzichtstabel van optimale maatregelen aangedragen door BBWP

Tabel 6-2. Optimale maatregelen zoals aangedragen door de BBWP Calculator voor de percelen van BBWP-deelnemers (n=32). Per indicator zijn de vijf maatregelen weergegeven die het vaakst in de top 5 aangedragen maatregelen per perceel voorkomen (ongeacht van positie binnen die top 5 maatregelen). Het effect heeft enkel betrekking tot de bijbehorende indicator. Hoe hoger het getal, des te groter de bijdrage aan de betreffende indicator. Maatregelen met een asterisk komen meer dan een keer voor in de lijst.

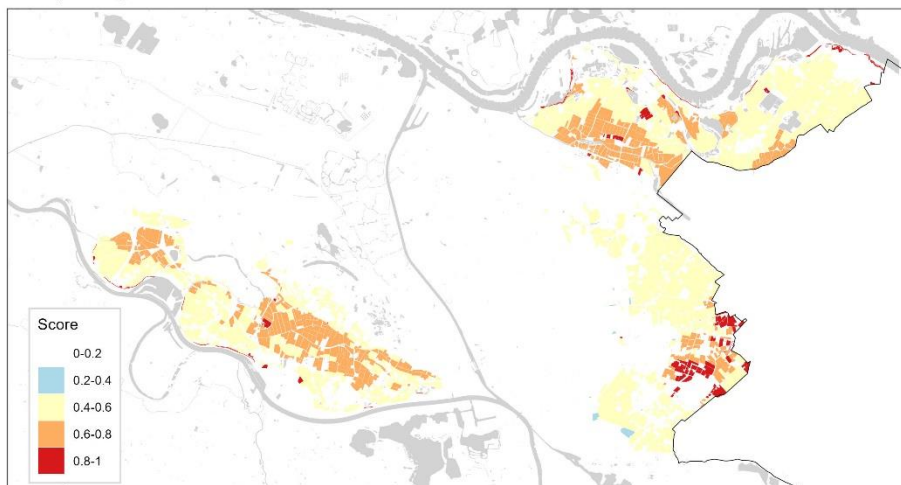
Indicator	Maatregel ID	Aantal x in Top-5 maatregelen	Maatregelcategorie	Omschrijving	Effect
N-uitspoeling	B147 *	16	teeltmaatregel	Vanggewas-plus - langere duur van de instandhouding	1.5
	G27	13	precisiebemesting	Zorgt voor een bemesting die aansluit op de kwaliteit van de bodem. Gebruikt hiervoor een bodemanalyse en verdeelt de mest over de percelen conform het bemestingsadvies.	1.5
	B165	10	teeltmaatregel	Vroege oogst rooigewassen - rooien voor 1 november	1.5
	G59	10	teeltmaatregel	Teelt van maiskolvenschroot (MKS)	1.5
	B163	8	bodemverbetering	Ondiepe grondbewerking - aandeel niet-kerende grondbewerking	1
N-afspoeling	G17	26	slootkantbeheer	Helofytenfilters nabij watergang	1.5
	B147 *	16	teeltmaatregel	Vanggewas-plus - langere duur van de instandhouding	1
	B168	16	teeltmaatregel	Toepassen mengteelt - drie of meer gewassen	1
	G14B *	8	slootkantbeheer	Droge bufferstroken (> 3m)	1
	G21 *	8	slootkantbeheer	Terrassen aanleggen	2
P-afspoeling	G68	26	precisiebemesting	Verlaag fosfaattoestand met negatief bodemoverschot	0
	G18H1	23	slootkantbeheer	Aanleg zaksloot / infiltratievijvers / Wadi	1.5
	B174	16	niet productief	Aandeel niet-productieve oppervlakte - kruidenrijke bufferstrook langs bouwland	1
	G14B *	13	slootkantbeheer	Droge bufferstroken (> 3m)	2
	G21 *	8	slootkantbeheer	Terrassen aanleggen	1.5

6.4 Perceelindicatoren voor afspoeling van fosfaat

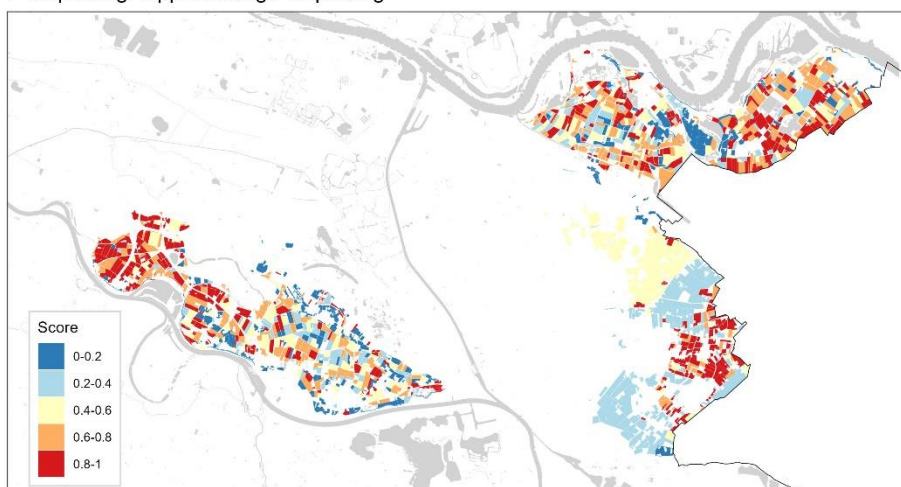
P-afspoeling: ondergrondverdichtingsrisico



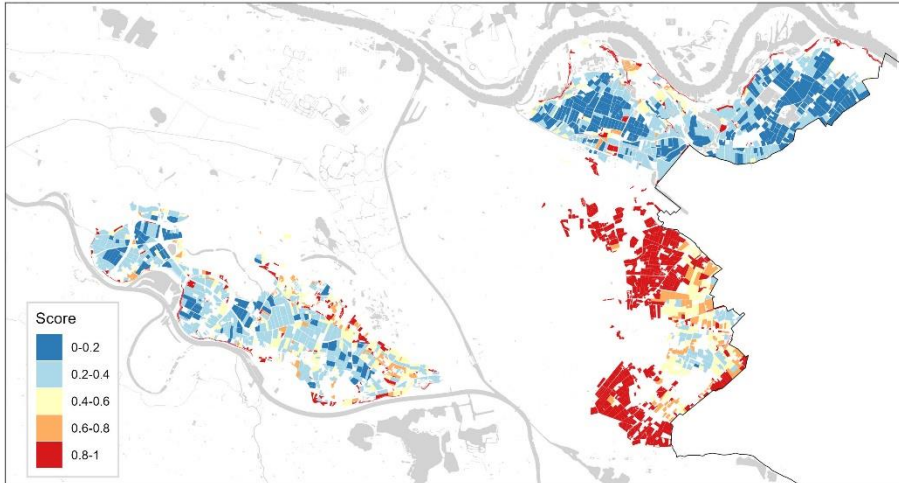
P-afspoeling: Grondwaterstand



P-afspoeling: Oppervlakkige afspoeling



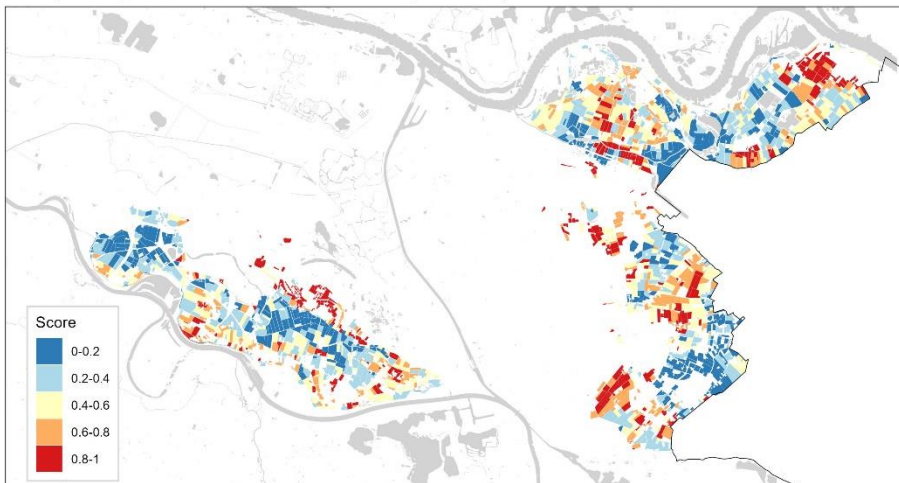
P-afspoeling: Helling



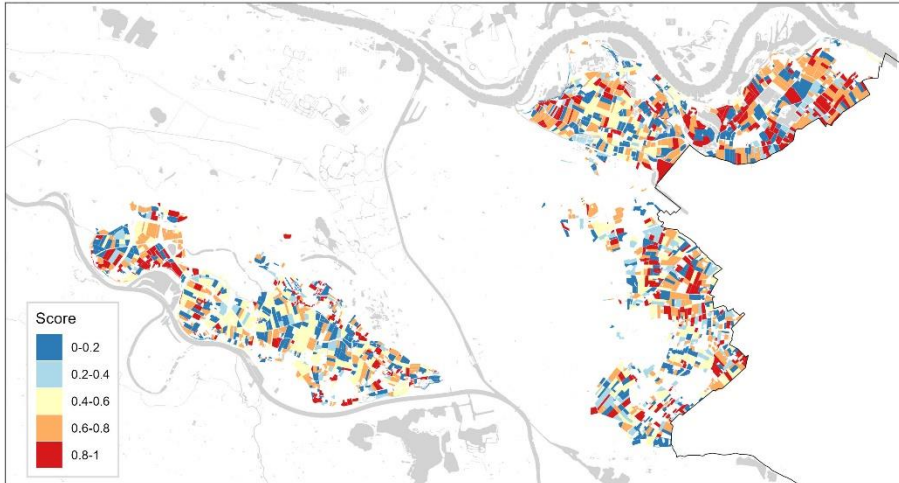
P-afspoeling: Natte omtrek



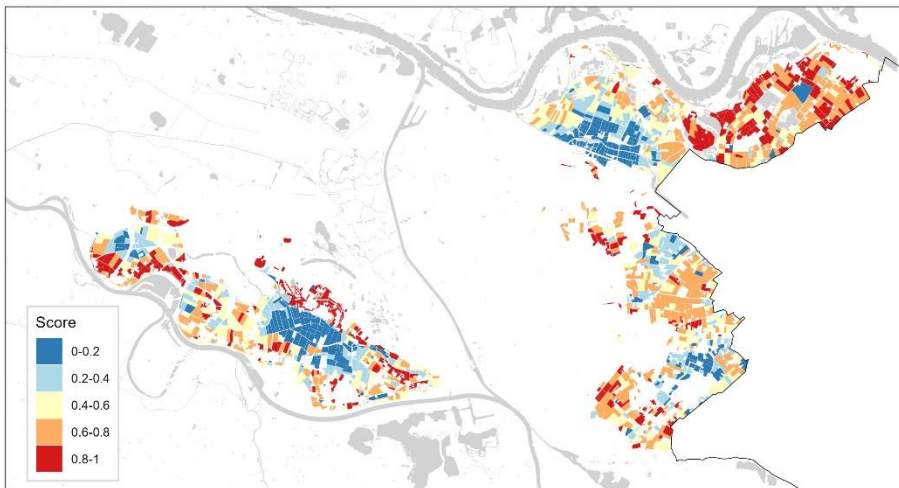
P-afspoeling: P-concentratie in de bodem (P-CaCl2)



P-afspoeling: P-verzadigingsgraad

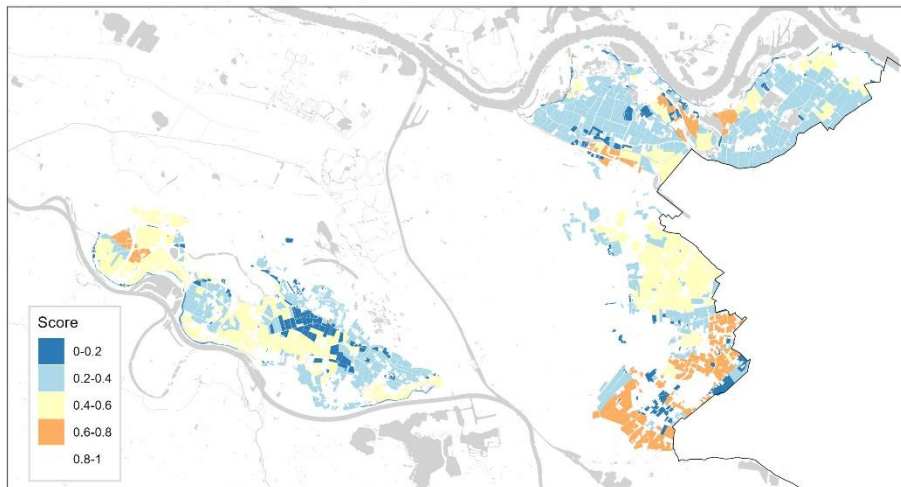


P-afspoeling: P-retentie o.b.v. Fe- en Al-concentraties in de bodem

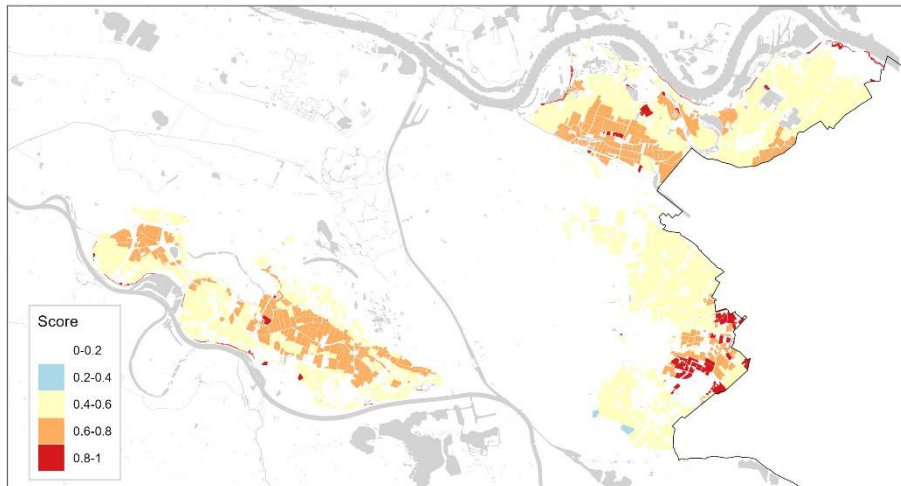


6.5 Perceelindicatoren voor afspoeling van stikstof

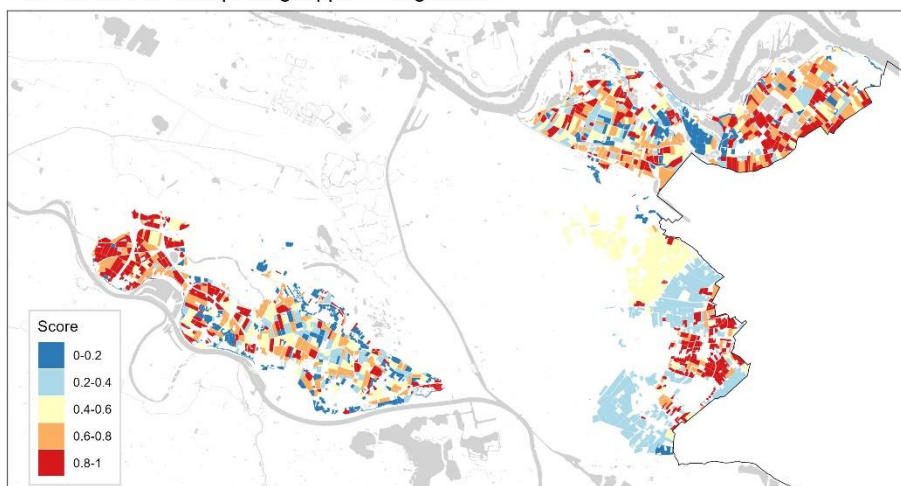
Perceelindicator N-afspoeling: ondergrondverdichtingsrisico



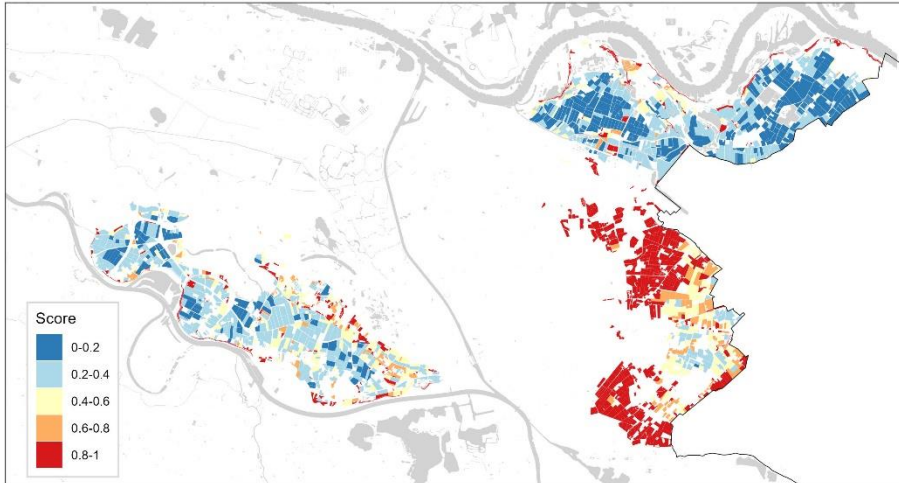
Perceelindicator N-afspoeling: grondwaterstand



Perceelindicator N-afspoeling: oppervlakkige afvoer



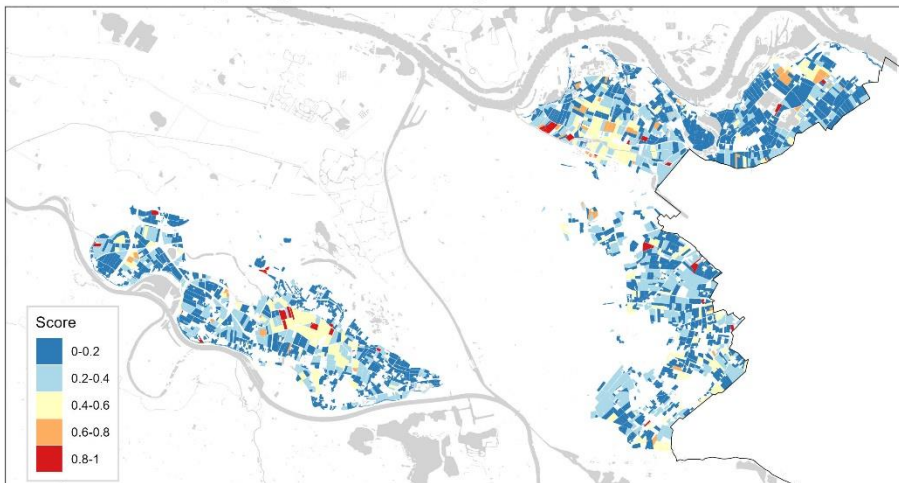
Perceelindicator N-afspoeling: helling



Perceelindicator N-afspoeling: natte omtrek

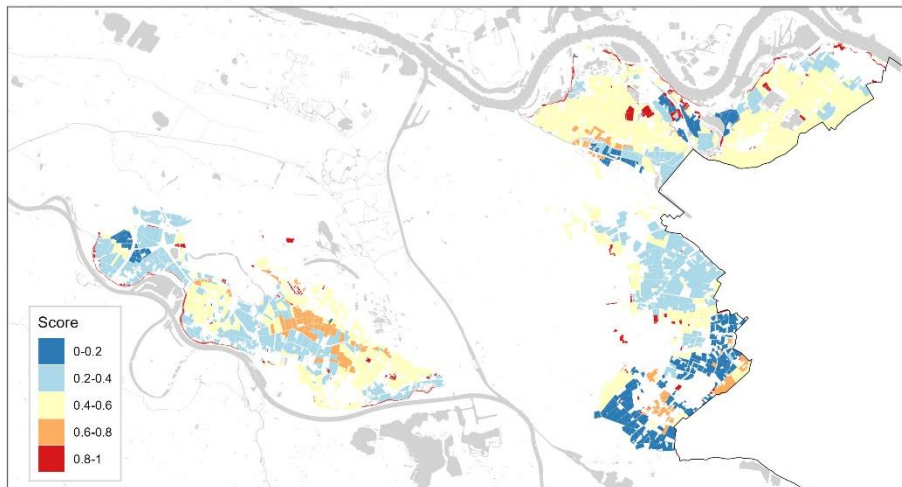


Perceelindicator N-afspoeling: N-leverend vermogen

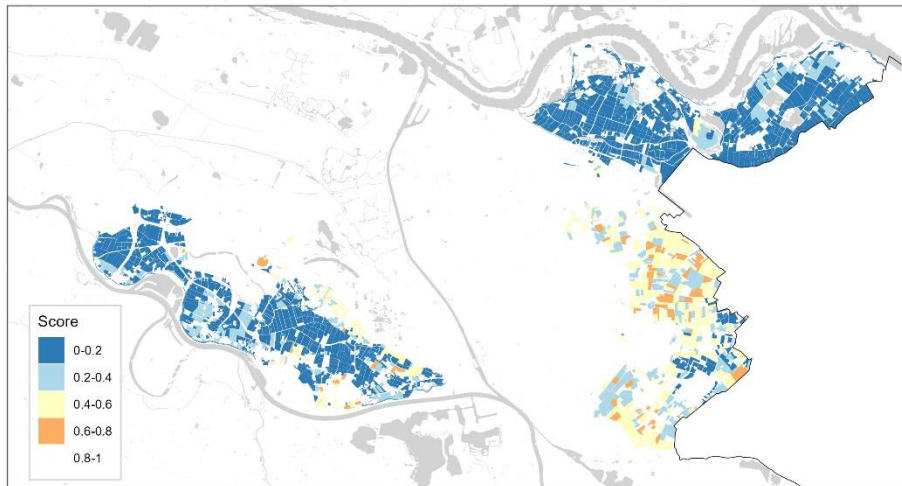


6.6 Perceelindicatoren voor uitspoeling van stikstof

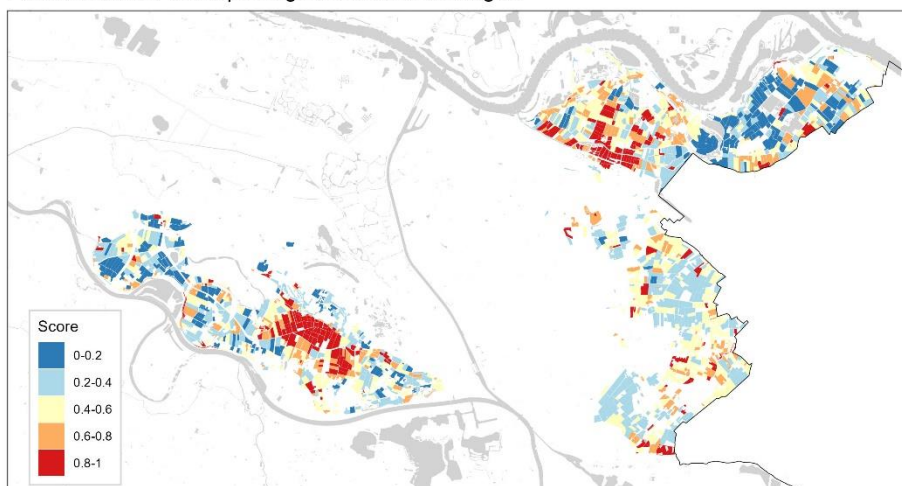
Perceelindicator N-uitspoeling: ondergrondverdichtingsrisico



Perceelindicator N-uitspoeling: uitspoelingsrisico o.b.v. bodemtype, gewas & grondwaterstand



Perceelindicator N-uitspoeling: N-leverend vermogen





Nutriënten Management Instituut BV
Nieuwe Kanaal 7c
6709 PA Wageningen

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