



# Gebiedsanalyse hotspots en effectieve landbouwmaatregelen

Waterschap Rivierenland

Laura Moria

Gerard H. Ros

Referaat

**Moria L & GH Ros (2023).** *Gebiedsanalyse hotspots en effectieve landbouwmaatregelen Waterschap Rivierenland.* Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1920.N.22, pp 46.

### Rapport in het kort

Dit rapport beschrijft de ruimtelijke variatie in bodem- en perceelseigenschappen die invloed hebben op de belasting van het grond- en oppervlaktewater met stikstof en fosfor. Voor het hele beheergebied is vervolgens in kaart gebracht met welke maatregelen deze belasting het meest effectief kan worden verlaagd. Hiervoor is gebruik gemaakt van de BBWP-methodiek om ruimtelijke opgaves te vertalen in concreet handelingsperspectief voor boeren om via maatwerkoplossingen bij te dragen aan schoon grond- en oppervlaktewater.

---

© 2023 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.

---

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Methode</b>	<b>5</b>
2.1	Koppelen relevante parameters aan percelen	5
2.2	BBWP scores en voorkeursmaatregelen	6
2.2.1	Perceelindicatoren	7
2.2.2	Geaggregeerde risico-indicatoren	8
2.2.3	Opgaven per risico-indicator	8
2.2.4	Maatregelen top 5	9
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>10</b>
3.1	Opgaven verminderen N- en P-afspoeling	10
3.2	BBWP risico-indicatoren	12
3.2.1	risico's afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater	12
3.2.2	risico's afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater	15
3.2.3	risico's nitraatuitspoeling naar het grondwater	16
3.3	Maatregelen	17
<b>4</b>	<b>Discussie</b>	<b>22</b>
4.1	Opgaven	22
4.2	Risico's en maatregelen	22
<b>5</b>	<b>Literatuur</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Bijlagen</b>	<b>25</b>
6.1	Perceelindicatoren voor afspoeling van P	25
6.2	Perceelindicatoren voor afspoeling van N	28
6.3	Perceelindicatoren uitspoeling van nitraat	31
6.4	Maatregelen top-5	32
6.5	Maatregelen per opgave	35
6.6	Variatie in bodemeigenschappen	39

# 1 Inleiding

In de periode tot 2027 ligt er een aanzienlijke opgave binnen het beheergebied van Rivierenland om gezamenlijk 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. Agrariërs ontdekken dat ze hierop invloed hebben en willen meer kennis over welke maatregelen effectief zijn voor hun bedrijf. In zogenoemde BedrijfsBodemWaterPlannen (BBWP) kan voor elk bedrijf inzichtelijk worden gemaakt hoe het kan bijdragen aan de aanwezige opgaves.

In het beheergebied van Waterschap Rivierenland is er sprake van grote variatie in de bodemkwaliteit en daarmee samenhangende nutriëntenverliezen die optreden per perceel. Deze variatie hangt samen met grondsoort, landgebruik, morfologische en geohydrologische eigenschappen en het bemestingsverleden. Deze variatie bepaalt daarmee ook de impact van het landgebruik op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Het bepaalt ook de inzetbaarheid en effectiviteit van maatregelen. Maatwerk is daarbij cruciaal om als landbouwer een positieve bijdrage te leveren aan een duurzame bodem en schoon watersysteem. Het BBWP faciliteert hierin door boeren te adviseren over de meest effectieve maatregelen die bijdragen aan voldoende en schoon water en helpt deze maatregelen te plannen. Om dit maatwerk mogelijk te maken zijn drie dingen belangrijk:

- (i) inzicht in de ruimtelijke verliezen van nutriënten,
- (ii) inzicht in de ruimtelijke waterkwaliteitsopgaven en
- (iii) inzicht welke maatregelen effectief bijdragen aan het verlagen van de nutriëntenbelasting.

Het BBWP gebruikt deze inzichten om per perceel de meest effectieve maatregelen te selecteren. Daarnaast wordt de ambitie en het actuele beheer van de ondernemer op perceel en bedrijfsniveau vastgelegd. In deze studie wordt gebruik gemaakt van de gegevens uit de BBWP-databases en de voor het BBWP ontwikkelde rekensystematiek, om ruimtelijk expliciet in kaart te brengen hoe boeren kunnen bijdragen aan verbetering van bodem- en waterkwaliteit.

## Doelstelling

De voorliggende studie is uitgevoerd om voor het beheergebied van waterschap Rivierenland om:

1. Inzicht te geven in de percelen en deelgebieden waar maatregelen het meest kunnen bijdragen aan het verbeteren van de waterkwaliteit, inclusief een overzicht van hotspots met de grootste risico's op nutriëntenverliezen naar grond- en oppervlaktewater.
2. Inzicht te geven in de potentie en toepasbaarheid van maatregelen met een overzicht van maatwerkoplossingen die (per polder / per perceel/ per hele beheergebied) effectief inzetbaar zijn om bij te dragen aan verbetering van waterkwaliteit (grond- en oppervlaktewater).

Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 inzicht gegeven in de gebruikte methodiek, waarna in hoofdstuk drie de resultaten worden besproken voor alle polders binnen het beheergebied van waterschap Rivierenland. In hoofdstuk vier worden een aantal punten kritisch belicht. Gedetailleerde achtergrondinformatie over risico's, opgaven en handelingsperspectief is opgenomen in de bijlagen.

## 2 Methode

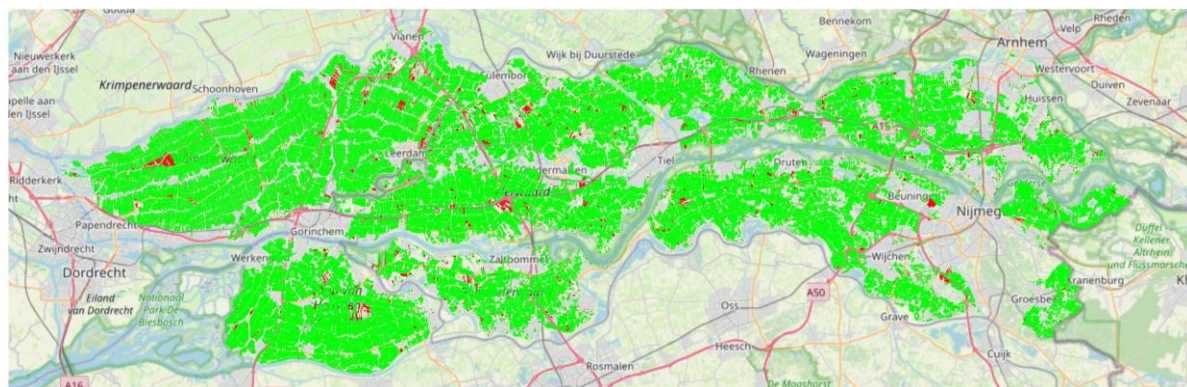
De potentie voor maatregelen dan wel het risico op stikstof- en fosforverliezen naar het oppervlaktewater wordt voor een groot deel bepaald door perceels- en bodemeigenschappen die sterk kunnen variëren. In 2019 zijn door de kennisinstellingen rekenregels ontwikkeld waarmee op basis van deze kenmerken 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 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.

### 2.1 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 2021 gebruikt.

De risico's dat stikstof en fosfor uitspoelen naar het grond- en oppervlaktewater worden voor elk perceel in kaart gebracht. In het beheergebied van Waterschap Rivierenland liggen 48.461 landbouwpercelen. Percelen met het kenmerk natuur (n = 1.530) of percelen waar één van de benodigde parameters ontbraken (n = 2.840) zijn niet meegenomen in de analyse. De analyse is dus gebaseerd op data van 43.894 percelen (Figuur 1).



Figuur 1: Agrarische percelen in het beheergebied van Rivierenland (rood is natuur of ontbrekende data).

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 <sup>-1</sup>	De stikstofvoorraad in de bouwvoor
Pw-getal	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> L <sup>-1</sup>	De P-voorraad, gemeten in een water extract
PAL-getal	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100g <sup>-1</sup>	De P-voorraad, gemeten in een ammoniumlactaat extract
P-CaCl <sub>2</sub>	mg P kg <sup>-1</sup>	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 <sup>-1</sup>	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 <sup>-1</sup>	De benodigde reductie van de landbouwkundige belasting om KRW-doelen te realiseren
Grondwaterbeschermingsgebied	-	Ligging van perceel in een grondwaterbeschermingsgebied

## 2.2 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 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 open source R package *BedrijfsBodemWaterPlanCalculator* versie 1.0.0.

## 2.2.1 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	
HELP bodemtype	Droogte- en natschade	NUE, WB	
Totaal stikstofgehalte*	N-leverend vermogen	N, NGW, NUE	
Pw-getal	Fosfaatbeschikbaarheidsindex	NUE	
PAL-getal	Fosfaatbeschikbaarheidsindex	NUE	
P-CaCl <sub>2</sub>	Direct beschikbaar P, P-beschikbaarheidsindex	P, NUE	
P-verzadigingsgraad	P-verzadigingsgraad	P	
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
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 wordt per beheer- of stroomgebied in kaart gebracht welke percelen het sterkst bijdragen aan de drie risico-indicatoren. Hiervoor worden de bodemparameters 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 gerankte 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.

### 2.2.2 Geaggregeerde risico-indicatoren

Met risico-indicatoren worden belangrijke kansen in beeld gebracht waarmee de landbouw bij kan dragen aan schoon oppervlakte en grondwater. De perceelindicatoren worden geaggregeerd tot deze risico-indicatoren. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een gewogen gemiddelde van de relevante perceelindicatoren, waarbij perceelindicatoren met een hoog risico sterker meetellen dan indicatoren met een laag risico. Hieronder wordt per risico-indicator toegelicht welke perceelindicatoren gebruikt worden.

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.

### 2.2.3 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 agrarische opgave (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 (GBG) liggen (opgave = 1,0). Ligt een perceel buiten een GBG, dan wordt de kans gehalveerd (opgave = 0,5). Buiten het GBG 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 GBG worden maatregelen die bijdragen aan de bescherming van grondwaterkwaliteit hierdoor meer geadviseerd.

### **2.2.4 Maatregelen top 5**

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, wordt voor elk perceel de volgende 3 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 extra score die varieert van -2 (een sterk negatief effect) tot +2 (een sterk positief effect).
3. Sorteert de maatregelen op de gecombineerde impact van de vijf risico-indicatoren, daarbij rekening houdend met de mogelijke kosten van de maatregelen.

# 3 Resultaten

## 3.1 Opgaven verminderen N- en P-afspoeling

De landbouwopgave voor de reductie van stikstof- en fosforuitspoeling is voor de deelgebieden Citters en Groesbeek berekend in eerder uitgevoerde KRW-ECHO analyses (WenR, 2022). Voor de overige deelstroomgebieden is de landbouwopgave gespecificeerd in het *Gebiedsdocument Agrarische Wateropgave* (GAW). Voor deze studie zijn de aangeleverde gegevens vertaald naar een ruimtelijk bestand (kaart) met de relatieve opgave voor verminderen afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater, vanuit het uitgangspunt dat in gebieden met een grotere opgave meer inzet nodig is om de doelen te bereiken.

Waterschap Rivierenland heeft daarnaast per waterlichaam een minimale en maximale opgave (doelgat) voor nutriënten gedefinieerd op basis van toetswaarden van stikstof en fosfor uit het rapportagejaar 2019 en 2022 die zowel zijn vergeleken met het benodigde concentraties voor de biologische doelen (GEP's biologie) en de (formeel vastgestelde) concentratiedoelen. Vanuit de aangeleverde KRW-ECHO analyses is voor de huidige gebiedsanalyse de reductieopgave van de landbouw berekend door de minimale en maximale reductieopgave te vermenigvuldigen met het relatieve aandeel dat de landbouw heeft in de beïnvloedbare externe nutriëntenbelasting. Het gemiddelde van de minimale en maximale reductie van de stikstof en/of fosforbelasting is gebruikt als opgave in het BBWP. De opgave wordt hierbij uitgedrukt als fractie van de maximaal regionale opgave (0,5 kg P ha<sup>-1</sup> en 5,0 kg N ha<sup>-1</sup>) zoals gebruikt in Groenendijk et al. (2016).

Voor Groesbeek is de minimale totale opgave volgens de KRW-ECHO berekening 2.406 kg stikstof en 1.138 fosfor per jaar en de maximale opgave 6.497 kg stikstof en 1.904 kg fosfor per jaar. Wanneer we deze opgaven vermenigvuldigen met het procentuele aandeel (exclusief niet toegekende bronnen of niet-beïnvloedbare externe nutriëntenbelasting) van de landbouw (43%) en delen door het areaal landbouwpercelen (1.576 ha) resulteert dit in:

$$\frac{0.43 * 0.5 * (2406 + 6497)kg/jaar}{1576ha} = 1.22kg N/ha/jaar$$
$$\frac{0.34 * 0.5 * (1138 + 1904)kg/jaar}{1576ha} = 0.32kg P/ha/jaar$$

De absolute reductieopgave wordt vervolgens uitgedrukt als fractie van de maximaal bekende opgave:

$$\frac{1.22kg N/ha/jaar}{5kg N/ha/jaar} = 0.24$$
$$\frac{0.32kg P/ha/jaar}{0.5kg P/ha/jaar} = 0.65$$

Voor Citters is de minimale totale opgave volgens de KRW-ECHO berekening 4.123 kg en de maximale opgave 11.345 kg stikstof per jaar. Wanneer we deze opgaven vermenigvuldigen met het procentuele aandeel (exclusief niet toegekende bronnen of niet-beïnvloedbare externe nutriëntenbelasting) van de landbouw (92%) en delen door het areaal landbouwpercelen (2.556 ha) resulteert dit in:

$$\frac{0.92 * 0.5 * (4123 + 11345) \text{kg/jaar}}{2556 \text{ha}} = 2.79 \text{kg N/ha/jaar}$$

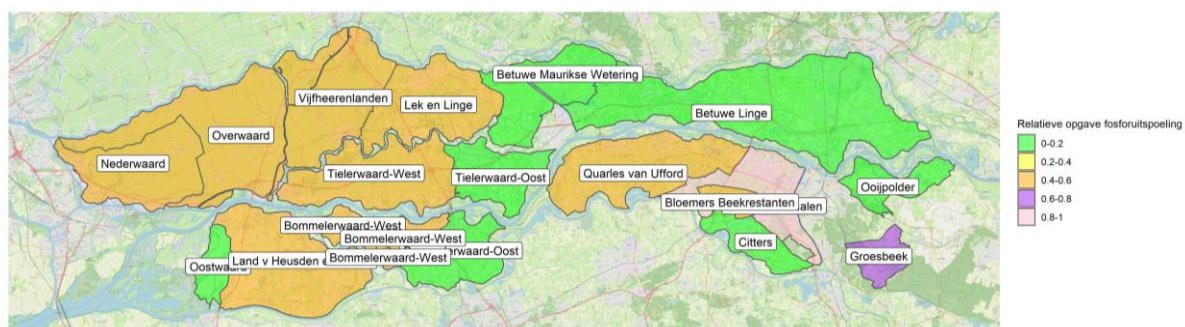
De absolute reductieopgave wordt vervolgens uitgedrukt als fractie van de maximaal bekende opgave:

$$\frac{2.79 \text{kg N/ha/jaar}}{5 \text{kg N/ha/jaar}} = 0.56$$

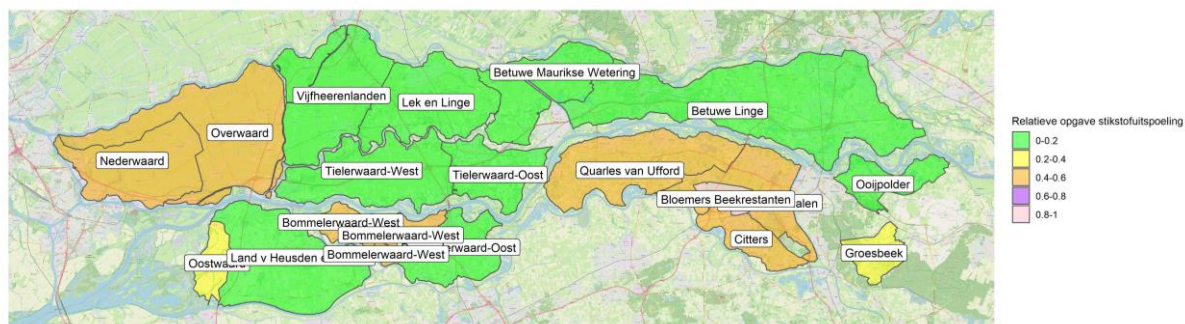
Waterschap Rivierenland heeft niet voor alle deelstroomgebieden betrouwbare bronnenanalyses beschikbaar, maar er is wel een kwalitatieve reductieopgave voor de landbouw beschreven in het GAW-Rivierenland. Hierin zijn deelstroomgebieden geprioriteerd op basis van analyses van de beïnvloedbaarheid van verschillende bronnen van nutriëntenbelasting en de gewenste reductie in nutriëntenbelasting. De prioritering in het GAW is als volgt vertaald naar een opgave in het BBWP; Gebieden met prioriteit 1 (voor N en/of P) krijgen een maximale opgave voor het reduceren van uitspoeling van N en/of P naar het oppervlaktewater. In gebieden met prioriteit 2 is de relatieve opgave de helft van het maximum en in gebieden met prioriteit 3 is er geen reductieopgave.

In overleg met het waterschap zijn de opgave in een aantal gebieden aangepast ten opzichte van de prioritering in het GAW:

1. In het GAW staat dat er in het deelgebied Bloemers-kanalen alleen een opgave is voor de reductie van stikstof. In de detailanalyse van het GAW staat dat de totale nutriëntenbelasting in gebied 'Kanalen Bloemers' iets hoger ligt dan de kritische belasting en dat fosfor een mogelijk probleem vormt voor het ecologische functioneren van het watersysteem. Voor het BBWP is het uitgangspunt dus dat vooral fosfor bepalend is voor het ecologisch functioneren in de stilstaande wateren van deelstroomgebied Bloemers kanalen en dat de relatieve stikstofopgave de helft is van de fosforopgave.
2. Op advies van het waterschap is het uitgangspunt dat vooral stikstof bepalend is voor het ecologisch functioneren van de stromende wateren van het deelstroomgebied Bloemers beekrestanten en dat de relatieve fosforopgave hier de helft is van de stikstofopgave.
3. Het "akkerbouwgebied" in de Oostwaard en het westelijk deel van Land van Heusden en Altena heeft een kortere verblijftijd waardoor sturen op nutriëntenreductie uit de landbouw hier minder effectief is dan in stilstaand water. In de detailanalyse staat dat het inzetten op reductie van het stikstofoverschot wel kansrijk is dus daarom is de relatieve stikstofopgave in het BBWP op 0.25 in plaats van minimaal gezet.



Figuur 2: Reductieopgave voor uitspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater.



Figuur 3: Reductieopgave voor uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater.

Het resultaat is te zien op de kaarten hierboven. Van de 18 stroomgebieden zijn er 2 stroomgebieden met een grote opgave (relatieve opgave > 0,6) voor het reduceren van fosfor en één voor stikstof, 9 gebieden met een gemiddelde opgave voor fosfor en 8 gebieden met een gemiddelde opgave voor stikstof en 7 gebieden met een minimale opgave voor fosfor en 9 gebieden met een minimale opgave voor stikstof. De relatieve opgave voor fosfor is in het beheergebied gemiddeld groter dan voor stikstof.

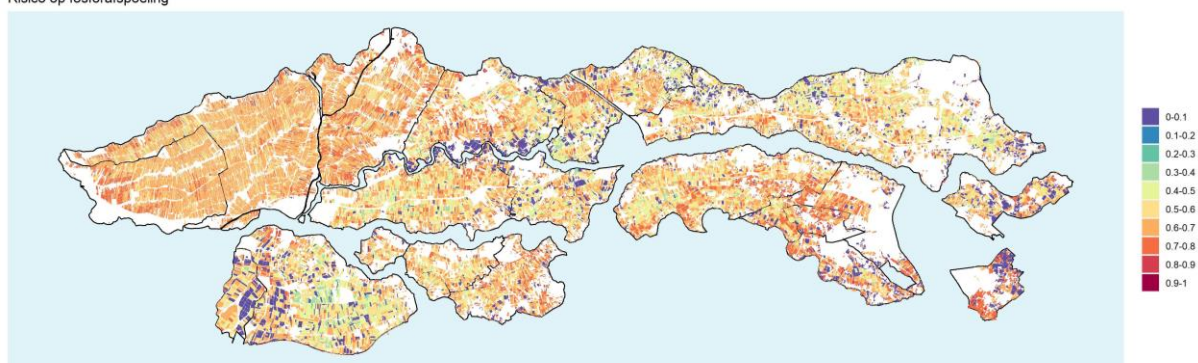
### 3.2 BBWP risico-indicatoren

#### 3.2.1 risico's afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater

Het risico op afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater wordt bepaald door het risico dat water gemakkelijk naar het water wordt getransporteerd (en niet wordt opgeslagen in het perceel) en door de fosforconcentraties die uitspoelen. De oppervlakkige afvoer, de natte omtrek van het perceel, de grondwatertrap en ondergrondverdichting indiceren het risico dat fosfor vanuit percelen naar het water wordt getransporteerd en de P-retentie, de direct beschikbare hoeveelheid P in de bodemoplossing en de P-verzadigingsgraad zijn maatgevend voor de P-concentraties in het uitspoelende water.

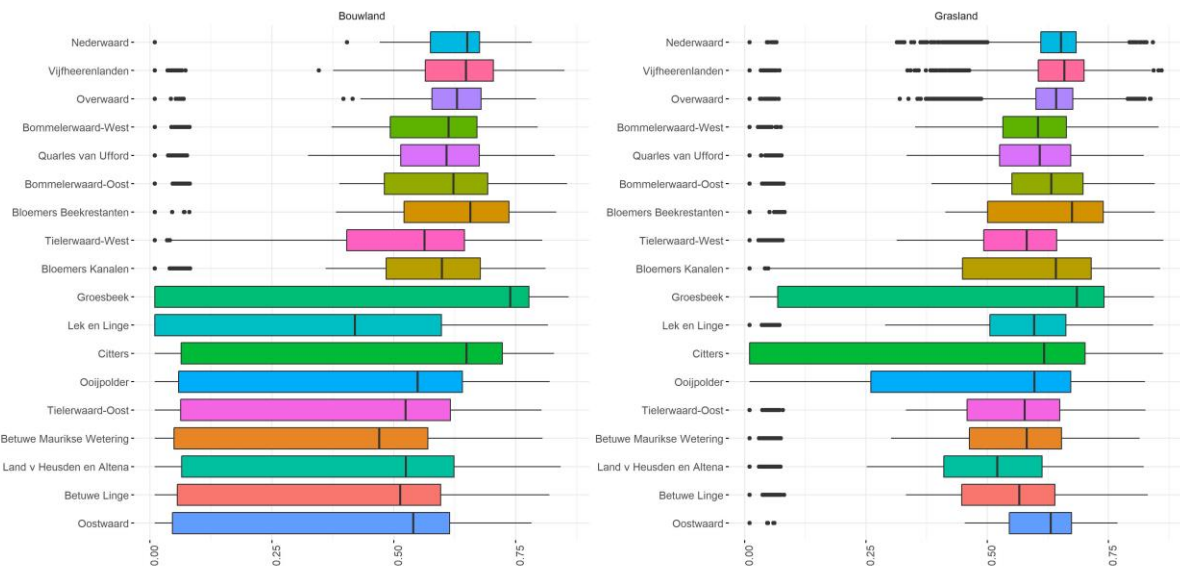
De risico-indicator afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater wordt bepaald door een gewogen gemiddelde van bovengenoemde perceelindicatoren. De indicatorwaarde van het risico op fosfor verliezen naar het oppervlaktewater (afspoeling en ondiep uitspoeling) varieert tussen 0.01 en 0.86 wanneer alle percelen worden gerangschikt ten opzichte van het gehele beheergebied en tussen 0.01 en 0.90 wanneer percelen per deelstroomgebied worden gerangschikt.

Risico op fosforafspoeling



Figuur 4: Risico op afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater (relatief ten opzichte van het gehele beheergebied).

In figuur 4 is te zien dat de variatie in het risico op afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater groot is, zowel als we kijken naar verschillen tussen percelen als de verschillen tussen gebieden.



*Figuur 5: Spreiding in risico op afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater per deelstroomgebied.*

In figuur 5 is te zien dat in de deelstroomgebieden Nederwaard, Vijfheerenlanden, Overwaard de meeste percelen met een hoog risico liggen. In deze gebieden zijn de risico's hoger op grasland dan op bouwland. In een aantal deelstroomgebieden is de spreiding in het risico groot, maar zijn er relatief veel percelen met een hoog risico op afspoeling (dit is te zien aan de mediane en de waarde van het derde kwartiel). In Groesbeek en Bloemers Beekrestanten ligt het risico op een kwart van de graslandpercelen boven de 0.74 (waarbij 1 een maximaal risico is) en in de Bommelerwaard-Oost, Citters en Bloemers Kanalen ligt het mediane risico op zowel gras- als bouwlandpercelen vrij hoog in vergelijking tot de andere deelstroomgebieden. Dit betekent dat ook in deze gebieden veel percelen aanwezig zijn waar kansen liggen om de afspoeling van fosfor te verminderen met landbouwmaatregelen. In een aantal gebieden zijn ruimtelijke clusters percelen met een bepaald risico waar te nemen. Op de kaart is bijvoorbeeld te zien dat er een hoog uitspoelingsrisico is in het zuiden van het deelgebied Bloemers Kanalen, het noordwesten van Citters en het zuiden van Groesbeek. In het deelgebied Lek en Linge liggen de hoogste risico's vooral op graslandpercelen en minder op het bouwland in het zuiden en oosten van het gebied.

Er is een aanzienlijke variatie in perceeleigenschappen die het risico op afspoeling van fosfor naar het oppervlaktewater bepalen. Vooral de natte omtrek van percelen en fosfaatbindingsvermogen, maar ook het risico op oppervlakkige afvoer varieert binnen het beheergebied en tussen deelstroomgebieden (zie figuren in bijlage 6.1.1). In figuur 14 is te zien dat de variatie van deze indicatoren ook vrij groot is binnen verschillende stroomgebieden.

De grondwatertrap (gebieden met een hoge grondwaterstand), het risico op oppervlakkige afvoer en het gebrek aan fosfaatbindingsvermogen in de percelen veroorzaken de grootste risico's ten opzichte van de andere indicatoren (er zijn relatief veel percelen met een hoge waarde op deze perceelindicatoren).

De grondwatertrap is de indicator voor de grondwaterstand en de fluctuatie daarvan. Het wordt bepaald door de gemiddelde hoogste en laagste grondwaterstand. De grondwatertrap beïnvloedt de transportroutes en het gedrag van fosfaat in de bodem, waarbij het risico op fosforafspoeling groter is bij hogere grondwaterstanden. In alle deelstroomgebieden liggen percelen met hoge grondwaterstanden, maar in grote delen van de Betuwe, Tielervwaard-Oost, het land van Heusden en Altena en de noordelijke en zuidelijke percelen in Groesbeek zijn de grondwaterstanden juist lager en dragen dus minder bij aan het risico op de afspoeling van fosfor.

Het vermogen om fosfaat te binden in de bodem hangt sterk samen met de hoeveelheid ijzer- en aluminiumoxiden in de bodem. Dit bindingsvermogen is laag op de zandbodem in Groesbeek en neemt toe naarmate het organische stof gehalte in de bodem toeneemt (de bodem organischer wordt); er is hierbij een duidelijke gradiënt over het beheergebied waarneembaar.

De P-verzadigingsgraad is het deel van de P vastleggingscapaciteit (geschat via de hoeveelheid aluminium- en ijzer-oxiden) dat 'bezet' is met fosfaat. Deze parameter geeft dus een indicatie of er sprake is van fosfaatretentie in de bodem en wat het risico is op eventuele af- en uitspoeling. Bij percelen met een hoge verzadigingsgraad is het risico op uit- en afspoeling van fosfaat groter (Schoumans, 2004, 2008). De P-verzadigingsgraad is hoger in het zuiden van het beheergebied en draagt vooral in Groesbeek, Citters, Bommelerwaard-Oost en de randen van het land van Heusen en Altena veel bij aan het risico op afspoeling van fosfor. In Schoumans et al. (2004) wordt een kritieke P-verzadigingsgraad gedefinieerd voor risico's op afspoeling van 25% voor kleigronden en kalkarme zandgronden, daarbij uitgaand van het bodemprofiel tot aan het grondwater. Voor veengronden en kalkrijke zandgronden ligt deze kritische grens lager, en wel op respectievelijk 10 en 5%. Binnen het beheergebied van Waterschap Rivierenland ligt de gemiddelde P-verzadigingsgraad in klei en zandgebieden met 26% en op veengrond met 24% hoger dan deze kritische grenzen. Binnen het gebied kan de P-verzadiging oplopen tot 79% in zand en kleipercelen en tot 70% in de veenpercelen.

Het risico op oppervlakkige afvoer, de helling en de natte omtrek van percelen bepalen vervolgens of het gemobiliseerde fosfor ook afspoelt naar het oppervlaktewater. Vooral in de Overwaard, Nederwaard en Vijfheerenlanden draagt perceelsmorfologie en de natte omtrek van veel percelen bij aan het risico dat fosfor daadwerkelijk afspoelt naar het oppervlaktewater. In Groesbeek, Bloemers Beekrestanten, Citters, Bloemers Kanalen en de Ooijpolderen de Bommelerwaard-Oost liggen wél veel percelen met een hoge P-verzadigingsgraad (tot 40%) maar rond veel van deze percelen liggen geen sloten of is het risico op oppervlakkige afvoer laag. In Groesbeek is de helling van percelen wel groot waardoor deze indicator bijdraagt aan het risico op fosforafspoeling.

Er zijn ook duidelijke verschillen tussen deelstroomgebieden te zien in de bijdrage van verschillende risico-indicatoren (bijlage 7.1). In Citters, Bloemers, Groesbeek en de Ooijpolder is het grote risico op afspoeling van fosfor vooral te wijten aan het lage vermogen om fosfaat te binden in de bodem, de hoge P-beschikbaarheid (d.w.z. grote hoeveelheid P die direct beschikbaar is voor gewasopname) en hoge fosfaatverzadigingsgraad. In de Overwaard, Vijfheerenlanden en Nederwaard is vooral de perceelsmorfologie (natte omtrek en oppervlakkige afvoer) in grote mate bepalend voor het risico op fosforafspoeling. De bodem heeft in deze gebieden wel veel meer vermogen om fosfor te binden (risicoindicator fosforbindingsvermogen is laag), maar de fosfaatverzadigingsgraad is erg hoog (26%) in de Nederwaard en het westelijke puntje van de Overwaard (30%).

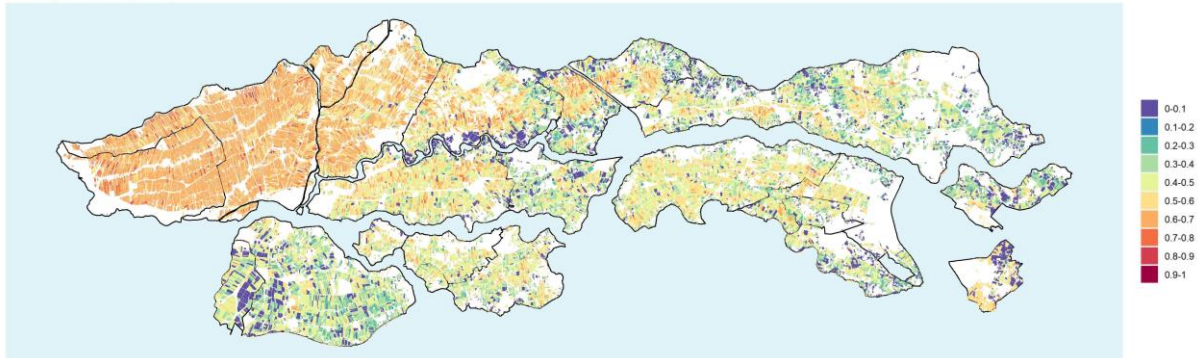
In de Bommelerwaard-Oost en West is het grote risico op afspoeling van fosfor ook te wijten aan het lage vermogen om fosfaat te binden in de bodem en de hoge fosfaatverzadigingsgraad. In de Bommelerwaard-Oost is de fosfaatverzadigingsgraad erg hoog door het relatief lage bindend vermogen van de bodem. De hoeveelheid plant beschikbaar fosfaat is vergelijkbaar in de Bommelerwaard-West en oost, maar de verzadigingsgraad is lager in de Bommelerwaard-West.

In de Oostwaard en het westen van Land van Heusden en Altena (het zeekleigebied) is het hoge risico vooral te wijten aan het lage vermogen om fosfor te binden (risico-indicator is hoog) en de perceelsmorfologie die er voor zorgt dat er bij hevige regen veel water oppervlakkig wordt afgevoerd via lagere delen in de percelen. Oppervlakkige afvoer van fosfaat kan ook optreden via slib- en/ of mestdeeltjes na veel neerslag (bijvoorbeeld via greppels). Deze route treedt vooral op als er veel regen valt vlak na het moment van bemesting, en het risico is groter op klei- en veengronden dan op zandgronden. Omdat het afspoelend water maar beperkt in contact staat met de bodem, heeft de fosforverzadigingsgraad van de bodem weinig invloed op deze bron.

### 3.2.2 risico's afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater

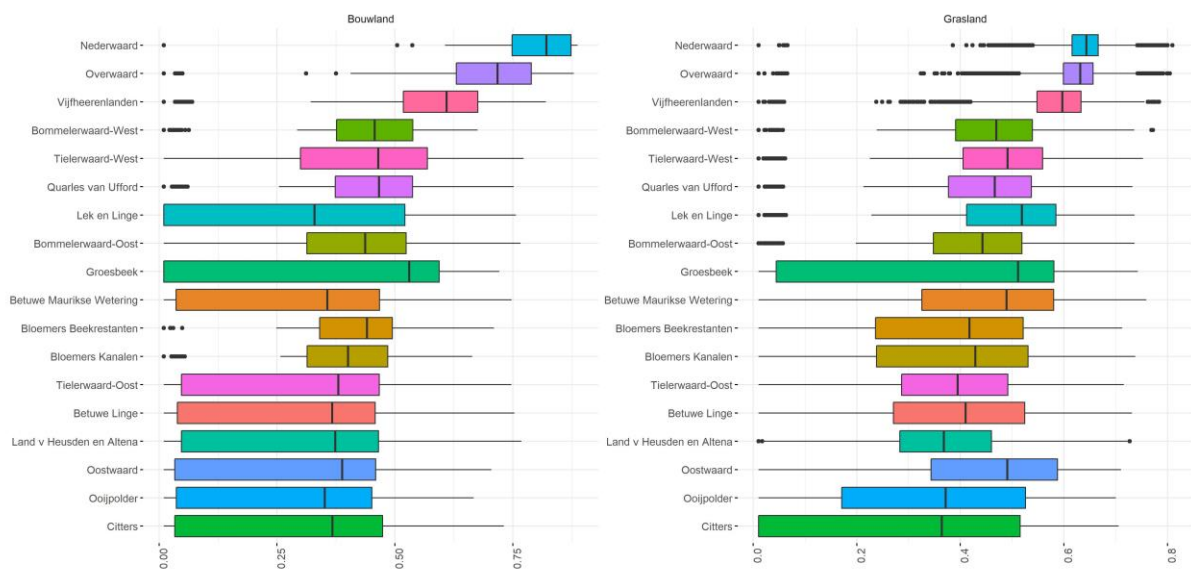
Het risico op stikstof verliezen naar het oppervlaktewater (via afspoeling en ondiepe uitspoeling) varieert tussen 0.01 en 0.91 en ligt gemiddeld (0.46) lager dan het risico op de uitspoeling van fosfor.

Risico op stikstofafspoeling



Figuur 6: Risico op afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater (relatief t.o.v. gehele beheergebied).

In figuur 6 zijn duidelijke patronen zichtbaar over het beheergebied gerelateerd aan grondsoort en landgebruik. Tegelijk is er binnen elk gebied ook aanzienlijke variatie aanwezig. Een variatie die samenhangt met de kenmerken als ook het managementverleden van elk perceel.



Figuur 7: Risico op afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater per deelstroomgebied (relatief t.o.v. gehele beheergebied).

De percelen in Citters, Ooijpolder, het land van Heusden en Altena, de bouwland percelen in de Oostwaard, Betuwe Linge en Tieleraard-Oost scoren laag (geen tot weinig risico) terwijl de percelen in de Nederwaard, Overwaard en Vijfheerenlanden relatief hoog scoren (veel risico) (Figuur 7). Het risico op oppervlakkige afvoer en ondiepe uitspoeling veroorzaakt door de morfologie van percelen draagt bij aan veel lokale variatie alle gebieden. Het risico op stikstofafspoeling is veelal het gevolg van natte omstandigheden (indicator grondwatertrap) en oppervlakkige afvoer veroorzaakt door de morfologie van percelen. In het veengebied (Neder- en Overwaard) is de natte omtrek en de hoge stikstofnalevering ook bepalend voor het risico op stikstofafspoeling.

De grondwatertrap beïnvloedt de transportroutes en het gedrag van stikstof in de bodem, waarbij het risico op stikstofafspoeling groter is bij hogere grondwaterstanden. In alle deelstroomgebieden liggen percelen met hoge grondwaterstanden, maar in grote delen van de Betuwe, Tielerwaard-Oost, het land van Heusen en Altena en de noordelijke en zuidelijke percelen in Groesbeek zijn de grondwaterstanden juist lager en dragen dus minder bij aan het risico op de afspoeling van stikstof.

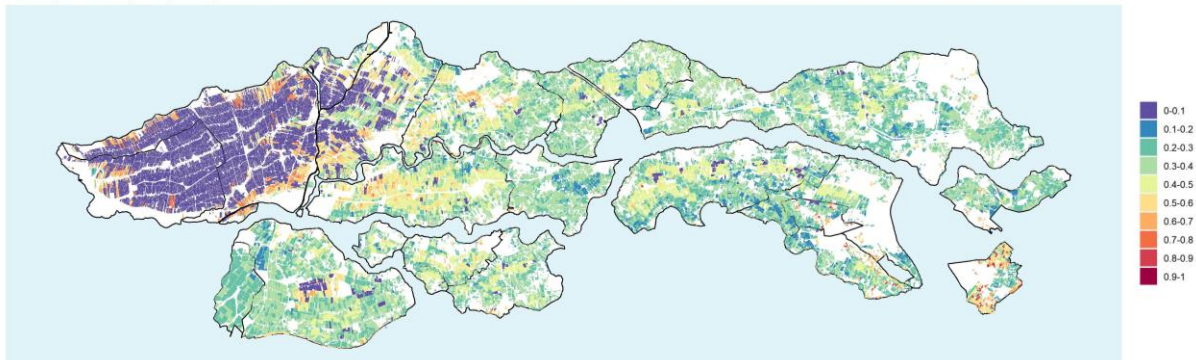
Stikstof is het nutriënt dat planten het meeste nodig hebben en dat veelal als eerste beperkend is voor de groei. Planten nemen stikstof op in minerale vorm als nitraat en ammonium, terwijl stikstof in de bodem grotendeels in organische vorm aanwezig is. De beschikbaarheid van stikstof is daarmee afhankelijk van de omvang en snelheid van mineralisatie uit de organische stof. De beschikbaarheid wordt zowel door de voorraad van stikstof als door de afbreekbaarheid ervan bepaald. In de rekenregels van het BBWP wordt de totale hoeveelheid stikstof in de bodem gebruikt als indicator voor de stikstofbeschikbaarheid, maar in bijlage 6.3 staan kaarten van zowel de afbreekbaarheid als de voorraad. Bodems met een hoge hoeveelheid stikstof worden gekenmerkt door een hoge natuurlijke N-levering, en hogere N-verliezen gedurende de winterperiode. In het beheergebied van Rivierenland liggen deze bodems vooral in de Neder- en Overwaard, maar er liggen ook percelen met een grote stikstofvoorraad in Vijfherenlanden en de Tielerwaard-West en Oost.

Het risico op oppervlakkige afvoer en de natte omtrek van percelen bepalen vervolgens of het stikstofbodemoverschot ook afspoelt naar het oppervlaktewater. Het risico op oppervlakkige afvoer veroorzaakt door de morfologie van percelen is vooral groot in het westelijk deel van het beheergebied, waar ook percelen liggen met een hoge afbreekbare hoeveelheid stikstof. Juist hier zijn maatregelen die ingrijpen op oppervlakkige afvoerroutes effectief.

### 3.2.3 risico's nitraatuitspoeling naar het grondwater

Het risico op stikstofverliezen naar het oppervlaktewater (via afspoeling en ondiepe uitspoeling) varieert tussen 0.01 en 0.93 en ligt gemiddeld (0.29) lager dan het risico op de uitspoeling van fosfor en stikstof naar het oppervlaktewater.

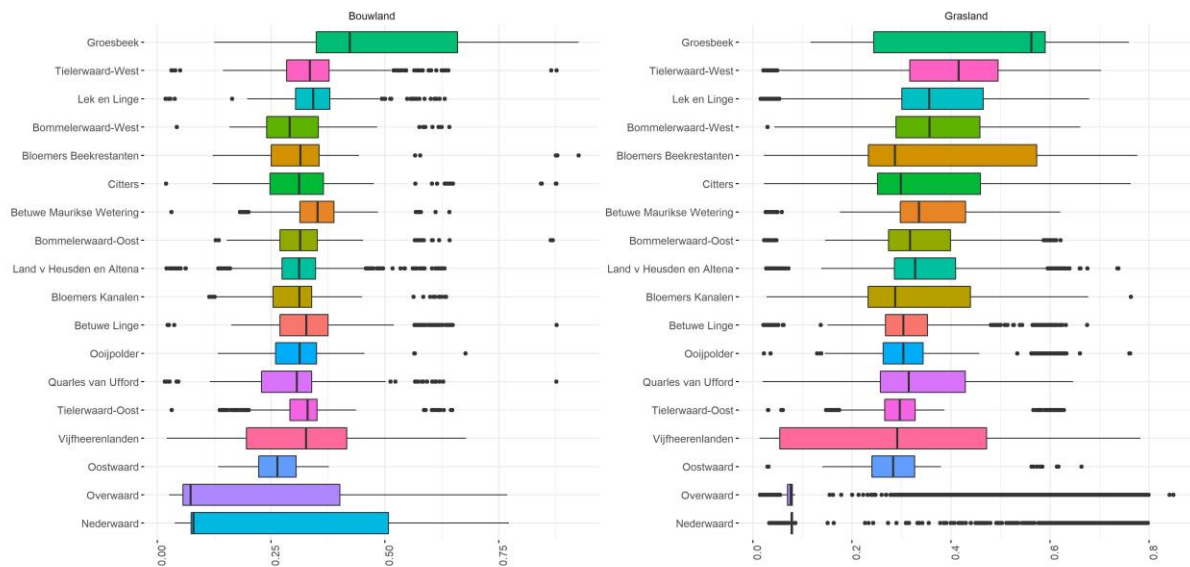
Risico op nitraatuitspoeling naar grondwater



Figuur 8: Risico op uitspoeling nitraat naar het grondwater (relatief t.o.v. gehele beheergebied).

In Figuur 8 zijn duidelijke patronen zichtbaar over het beheergebied gerelateerd aan grondsoort en landgebruik. De variatie binnen gebieden is niet groot (Figuur 9), met uitzondering van Groesbeek, Bloemers en Citters. Het risico op uitspoeling van nitraat naar het ondiepe grondwater is erg hoog in de Nederwaard, de Overwaard en op de lössgrond van Groesbeek.





Figuur 9: Spreiding in risico op uitspoeling nitraat naar het grondwater.

Bodems die sterk verdicht zijn in de ondergrond hebben een kleiner risico op uitspoeling door de verhoogde kans op denitrificatie en oppervlakkige afspoeling. Er is op de meeste bodems in Rivierenland geen sprake van ondergrondverdichting. Het risico op uitspoeling van nitraat naar het grondwater is groter op löss en organische dan op kleibodems.

In de Overwaard en Nederwaard (moerige klei en veen) wordt het uitspoelingsrisico in sterke mate bepaald door het stikstofleverend vermogen. Bodems met een hoge afbreekbare hoeveelheid stikstof worden gekenmerkt door een hoge natuurlijke N-levering, en hogere N-verliezen naar het grondwater gedurende de winterperiode. Op natte en veenrijke percelen is de daadwerkelijke uitspoeling beperkt omdat nitraat denitrificeert. In Groesbeek wordt het risico op nitraatuitspoeling vooral bepaald door de combinatie van grondsoort (zand en löss > klei en veen), de grondwatertrap (droog > nat) en het gewas (bouwland > grasland) wat erop geteeld wordt.

### 3.3 Maatregelen

Deze studie beschrijft de variatie in bodemkwaliteit in agrarische percelen binnen het beheergebied van Rivierenland en het daaraan gekoppelde risico op verliezen van stikstof en fosfor naar het water. Dit ruimtelijk inzicht is cruciaal om gericht te sturen op landbouwkundige maatregelen om de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten te verlagen.

#### Strategieën om N- en P-belasting te verlagen

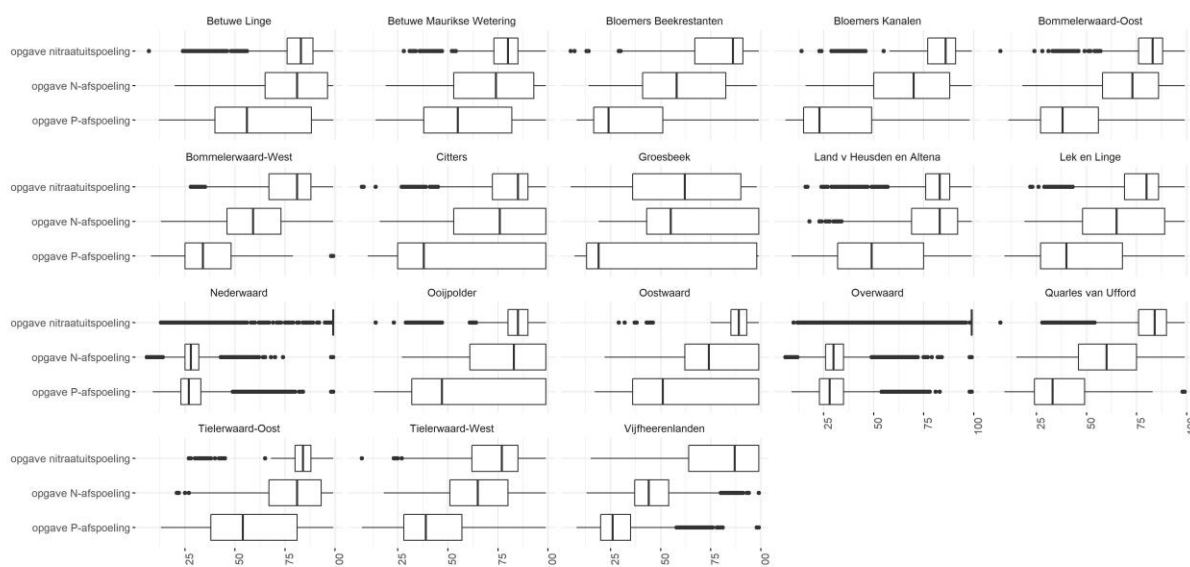
Grofweg zijn er vier strategieën om de N- en P-belasting vanuit de landbouw naar het oppervlaktewater te verlagen (Westerhof et al., 2016):

- 1) inzet van maatregelen die onderdeel zijn van de Goede Landbouw Praktijk (GLP);
- 2) inzet van een verbeterde GLP;
- 3) inzet van maatregelen die de huidige praktijk verder extensiveren; dan wel
- 4) het verlaten van de hoofdfunctie landbouw of de versoepeling van milieudoelen.

Voor elk van de hierboven genoemde vier strategieën is maatwerk essentieel, waarbij de KRW-doelen voor stikstof eenvoudiger zijn te realiseren met aanpassingen in de bemestingspraktijk dan die van

fosfor. Dit omdat fosforverliezen veel sterker worden gestuurd door de bodem en minder door de bemestingspraktijk. Fosforverliezen kunnen worden gereduceerd door de inzet op maatregelen die fosfaat onderscheppen op de route waarlangs het naar waterlopen stroomt. Maatregelen om (oever)erosie tegen te gaan en aangepast maaibeheer op de perceelrand (bufferstroken) en oevers zijn belangrijke maatregelen om fosforemissies te reduceren. Daarnaast zijn maatregelen die het retentievermogen in het watersysteem vergroten, zoals het op sloten op diepte te brengen, effectief om watersystemen beter bestand te maken tegen fosforemissies.

Omdat van elk perceel bekend is hoe het bijdraagt aan de verschillende risico-indicatoren kunnen de meest geschikte maatregelen worden geselecteerd. In Rivierenland varieert het totale handelingsperspectief voor maatregelen (het gewogen gemiddelde van de verschillende indicatoren) tussen 10 en 75. Dit betekent concreet dat op elk perceel minimaal 4 of 5 maatregelen nodig zijn per perceel om de aanwezige gebiedsopgaven te realiseren.



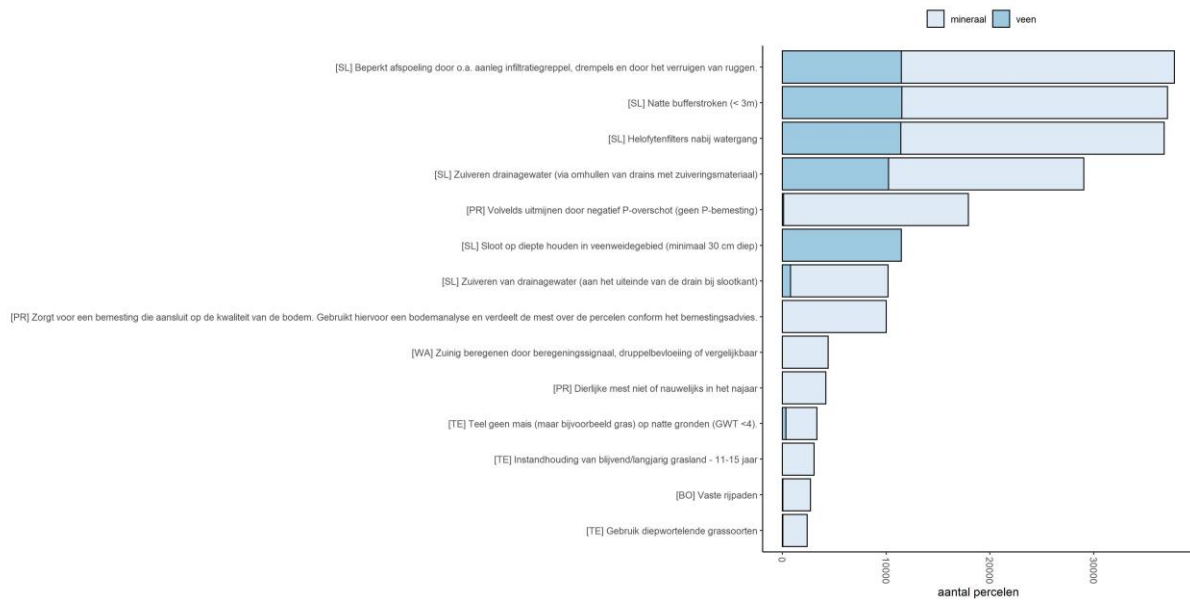
Figuur 10: Spreiding van BBWP-scores (een perceel functioneert optimaal bij een score van 100) van de drie risico-indicatoren.

In Figuur 10 is te zien dat de grootste opgave ligt bij het verminderen van de afspoeling van fosfor. De belangrijkste maatregelen die worden geadviseerd zijn dus maatregelen die de fosfaatafspoeling naar het oppervlaktewater kunnen verminderen. In het veengebied (Overwaard en Nederwaard) is er ook een groot risico op stikstofafspoeling naar het oppervlaktewater.

### Maatregelen in het hele beheergebied

De meest geadviseerde maatregelen (de top-5) staan weergegeven in Figuur 11. Deze maatregelen vallen in de categorie slootkantbeheer en er volgen respectievelijk maatregelen in de categorie precisiebemesting, teeltmaatregelen, water vasthouden en bodemverbetering. Op veel landbouwpercelen is het risico op afstroming van fosfor vrij groot. Zoals hierboven al wordt genoemd kunnen fosforverliezen voornamelijk worden gereduceerd door de inzet op maatregelen die fosfaat onderscheppen op de route waarlangs het naar waterlopen stroomt (maatregelen in de categorieën teeltmaatregelen, slootkantbeheer, precisiebemesting en bodemverbetering). Om de opgave te realiseren zijn dus maatregelen nodig die ingrijpen op de transportroute naar het watersysteem en de retentie in het waterlichaam sturen. Ook stikstofemissies worden gereduceerd door deze routemaatregelen en omdat er op veel percelen zowel een risico is voor de afspoeling van fosfor als stikstof worden veel routemaatregelen geadviseerd die beide nutriënten kunnen reduceren. Voor het

reduceren van nitraatuitspoeling kunnen routemaatregelen ook effectief zijn en zijn bemestingsmaatregelen daarnaast effectief.



Figuur 11: Meest geadviseerde maatregelen voor alle risico-indicatoren samen. Lettercode geeft de maatregelcategorie aan (WA:watervasthouden, TE: teeltmaatregelen, SL: slootkantbeheer, PR:precisiebemesting, BO: bodemverbetering).

Met de aanleg van infiltratiegreppel, drempels en het verruigen van ruggen wordt afspoeling van stikstof en fosfor verminderd omdat water wordt opgevangen en vastgehouden zodat het de tijd krijgt om te infiltreren. Doordat er minder water afspoelt en beter infiltreert bij deze maatregel, neemt ook de van gewasbeschermingsmiddelen af. Met bufferstroken, helofytenfilters en het zuiveren van drainagewater wordt het af- en uitspoelende water gezuiverd door de bodem, vegetatie of ijzerzand.

De effectiviteit van (natte en droge) bufferstroken hangt sterk samen met de breedte ervan en het vegetatietype, de vegetatiebedekking en het maaibeheer op de strook. Daarnaast zijn bufferstroken het meest effectief op ongedraineerde percelen met grasland of bouwland, hoge grondwaterstanden en op klei- en zandgronden. In veengebied kunnen bufferstroken met een hoge en diverse vegetatiebedekking oevererosie en de daarmee gepaarde nutriëntenemissies en verslechtering van het lichtklimaat tegengaan. In het groot deel van het beheergebied (Neder- en Overwaard, Vijfherenlanden, het centrale deel van Lek en Linge, op de ongedraineerde percelen van Tielerswaard en Bommelerwaard-West, Quarles van Ufford, het westelijk deel van Bloemers kanalen) zijn bufferstroken dus effectief omdat hier een opgave ligt voor het reduceren van fosfor, er veel grasland percelen zijn, de grondwaterstand hoog is en de meeste percelen ongedraineerd zijn. De effectiviteit van bufferstroken op de fosforbelasting is minder afhankelijk van de grondwaterstand en grondsoort dan bij stikstofbelasting.

Door te zorgen voor een goede bodemkwaliteit (geen storende bodemlagen, goede bodemstructuur, en een goede zuurgraad) kunnen gewassen een breed wortelsysteem krijgen en zal de opname van nutriënten door gewassen beter zijn en verliezen van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater minder. De meest geadviseerde maatregelen voor het verbeteren van de bodemkwaliteit zijn op nattere gronden geen mais maar gras, het gebruik van diepwortelende grassoorten, het niet scheuren van blijvend grasland voor het reduceren van stikstof en fosforafspoeling en het gebruik van vaste rijpaden om bodemverdichting tegen te gaan.

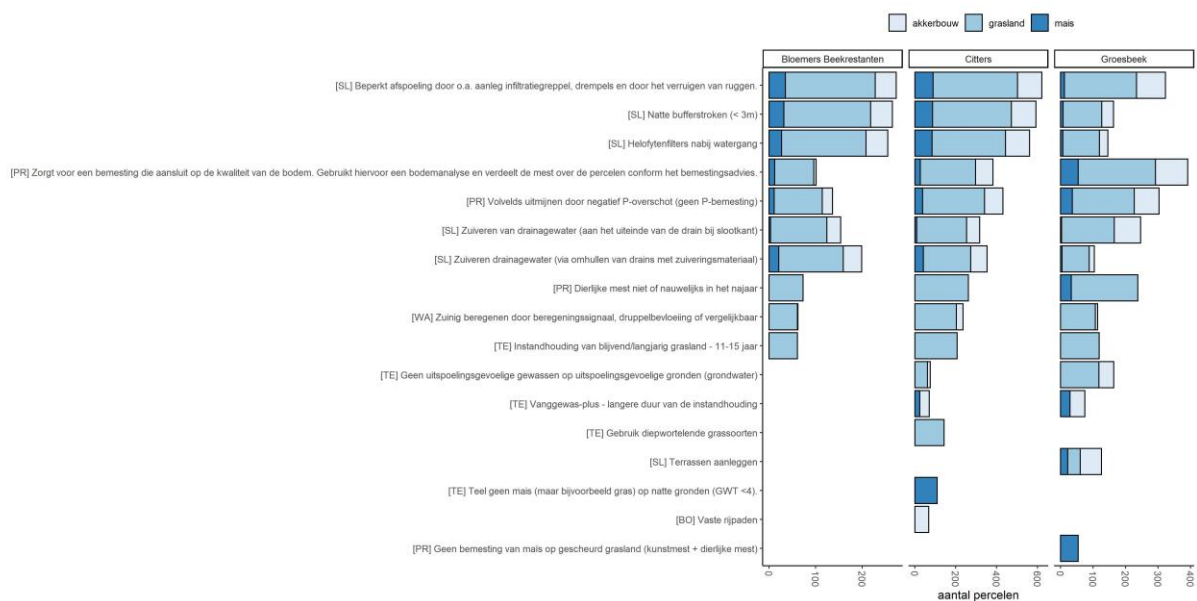
Er worden ook bemestingsmaatregelen geadviseerd. Het verder verlagen van de fosfaattoestand van de bodem via uitmijnen is een effectieve maatregel, maar het duurt zeer lang (decennia) voordat de resultaten zichtbaar worden in het watersysteem. Uitmijnen is een methode waarbij de fosfaattoestand

van de bodem sterk wordt verlaagd door geen P aan te voeren (niet te bemesten of te beweiden) en zo veel mogelijk P af te voeren. Deze methode wordt meestal uitgevoerd door grasland optimaal met stikstof te bemesten met weinig fosfaat (Van der Salm et al., 2009). Deze maatregel wordt vooral geadviseerd op minerale percelen omdat deze daar het meest effectief is. Op minerale gronden is de totale beschikbare hoeveelheid fosfor namelijk lager dan in veengronden omdat de bindingscapaciteit van veengronden veel hoger is. Door dierlijke mest vooral in het voorjaar te gebruiken kunnen de nutriënten die gedurende het groeiseizoen vrij komen ook worden benut door gewassen. Hiermee kan worden voorkomen dat nutriënten niet worden opgenomen af- en uitspoelen in het najaar en winter.

Voor de ontwikkeling van ondergedoken vegetatie is voldoende waterdiepte en een niet te voedselrijke sliblaag belangrijk. Door regelmatig bagger te verwijderen worden watergangen op diepte gehouden en de nutriënten verrijkte sliblaag verwijderd. Diepere sloten (> 40 cm) worden bovendien minder snel zuurstofloos waardoor er minder snel fosfor wordt nageleverd uit de waterbodem. Deze maatregel wordt vooral in het veengebied geadviseerd omdat hier meer risico's is op oeverafkalving en de daarmee gepaard gaande baggeraanwas en een geringe waterdiepten.

## Maatregelen in prioritaire gebieden

In de prioritaire gebieden liggen de grootste risico's en opgaven bij het verminderen van de afspoeling van fosfor. De risico's en opgaven voor de uit- en afspoeling van stikstof liggen veel lager in alle prioritaire gebieden. De meest voorkomende maatregelen in de top 5 geadviseerde maatregelen voor de deelstroomgebieden die in het GAW van Rivierenland zijn aangewezen als prioritair gebied (Citters, Groesbeek en Bloemers Beekrestanten) staan weergegeven in 12.

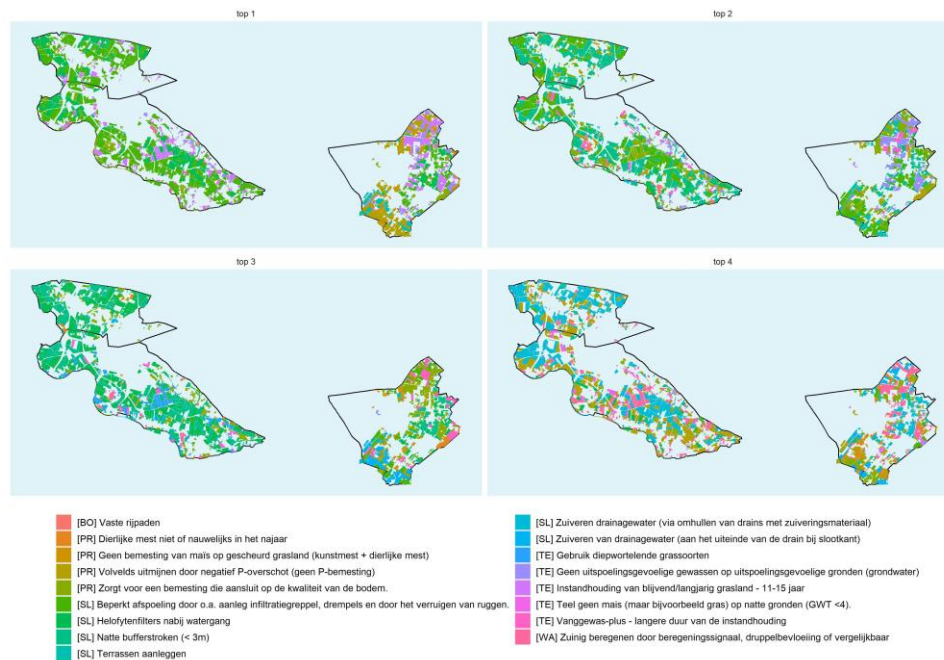


Figuur 12: Meest geadviseerde maatregelen voor alle risico-indicatoren samen. Lettercode geeft de maatregelcategorie aan (WA:watervasthouden, RO:routemaatregelen, PR:precisiebemesting, ER:erf, BO: bodemverbetering).

De maatregelen die worden geadviseerd in de prioritaire gebieden zijn vergelijkbaar met de maatregelen die hierboven staan beschreven.

In Groesbeek wordt ook geadviseerd om terrassen aan te leggen om de afspoeling van stikstof en fosfor te reduceren. Zoals te zien is in Figuur 13 zijn terrassen met name effectief op hellende percelen, zoals in het centrum van Groesbeek. Vooral op hellende percelen kan na een matige of hevige regenbui oppervlakkige afstroming optreden. Hierdoor gaan vruchtbare grond, water, nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen verloren. Het evenwijdig ploegen aan de hoogtelijnen op hellende

percelen (contour bewerken) of parallel aan de sloot bewerken vermindert het risico op oppervlakkige afstroming. Het aanleggen van terrassen heeft vooral een groot effect op afstroming van fosfor en gewasbeschermingsmiddelen.



Figuur 13: Top 4 geadviseerde maatregelen voor alle risico-indicatoren samen. Lettercode geeft de maatregelcategorie aan (WA:watervasthouden, RO:routemaatregelen, PR:precisiebemesting, ER:erf, BO: bodemverbetering).

In Groesbeek en delen van Citters is het risico op nitraatuitspoeling (door het bodemtype) naar het grondwater ook relatief groot waardoor hier ook maatregelen zoals het telen van uitspoelingsgevoelige gewassen op uitspoelingsgevoelige gronden wordt afgeraden. Op akkerbouw en maispercelen wordt het gebruik van vanggewassen geadviseerd. Groesbeek bestaat voor een deel uit lössgrond. De bodemaggregaten van deze gronden (80 % silt) vallen snel uiteen in kleinere delen waardoor ze minder waterdoorlatend worden en er verslapping en erosie op kan treden. Dit heeft ook een negatief effect op plantengroei (opkomst en beworteling). Permanent grasland vermindert het risico op het dichtslaan van de bodem en voorkomt erosie omdat het de kracht uit neerslag haalt. Naast bedekking is ook de dichtheid en diepte van de beworteling van gewassen van belang. Oppervlakkig en intensief wortelende gewassen houden de grond goed vast terwijl diep wortelende gewassen de infiltratiecapaciteit bevorderen.

Bufferstroken zijn minder effectief in Groesbeek omdat juist de graslandpercelen met een hoge grondwaterstand gedraineerd zijn in dit gebied en de grondwaterstand op ongedraineerde percelen minder hoog is en hier relatief veel bouwland percelen liggen. In Bloemers beekrestanten en Citters zijn bufferstroken wel effectief op ongedraineerde percelen met grasland in het noordelijk deel van het deelgebied. Op gedraineerd percelen is het zuiveren van drainwater effectiever voor het reduceren van stikstof en fosforafspoeling.

# 4 Discussie

## 4.1 Opgaven

In deze studie is gebruik gemaakt van bestaande watersysteemanalyses om inzicht te krijgen in de landbouwkundige opgave om de belasting van het watersysteem met nutriënten te verlagen. Dit betekent dat het ook belangrijk is om een goed beeld te hebben van de huidige landbouwpraktijk en het areaal dat gebruikt wordt voor landbouw. De totaaloppervlakken van het deelstroomgebieden Citters (3.563 ha) en Groesbeek (2.634 ha) komen overeen met het totaaloppervlak in de KRW-ECHO analyse (Citters 3.595 ha en Groesbeek 2.587 ha). Wel valt op dat het totaaloppervlak van alle BRP-gewaspercelen in het deelstroomgebied Citters (1.890 ha) en Groesbeek (1.248 ha) substantieel lager ligt dan het oppervlak dat aan landbouw is toegekend (Citters 2.556 ha, Groesbeek 1.576 ha) in de KRW-ECHO analyse. In de KRW-ECHO analyse is het relatieve aandeel van landbouw in Citters (71%) en Groesbeek (60%) groter dan in een vergelijking van de begrenzing van deelstroomgebieden en BRP gewaspercelen in Citters (53%) en Groesbeek (47%). Mogelijk wordt het aandeel dat de landbouw heeft in de totale belasting dus overschat. Dit verschil heeft overigens een minimaal effect op de in beeld gebrachte risico's en geadviseerde maatregelen.

Hoewel Waterschap Rivierenland aangeeft dat er voor Citters geen opgave is voor het reduceren van fosfor uit de landbouw, is het voor het verbeteren van de ecologische waterkwaliteit waarschijnlijk wel effectief om fosforemissies te reduceren. In de bronnenanalyse van Citters valt op dat de N/P ratio in de belasting vrij hoog ligt (11 kg/kg). In stilstaande wateren gaat men er bij deze ratio's vanuit dat fosfor het limiterende nutriënt is voor de ontwikkeling van fytoplankton en dat sturen op fosfor effectief is voor de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten. Omdat fytoplankton- en epifytenbloei via lichtlimitatie direct een negatieve invloed heeft op de groei van ondergedoken waterplanten, ook als deze door stikstof gelimiteerd zijn, is sturing op fytoplankton een belangrijke stap in het herstellen van de ecologie van oppervlaktewateren. In stromende wateren is er meestal geen sprake van fytoplanktonbloei maar wel van de groei van epifyten en fyto-benthos die bij een hoog N/P ratio sneller door fosfor gelimiteerd zijn. En een hoge bedekking met epifyten kan een negatief effecten hebben op macrofyten.

Ook in de Bommelerwaard-West is de ratio tussen N en P concentraties erg hoog (40), wat betekent dat dit systeem zeer waarschijnlijk sprake is van fosforlimitatie. Hierom is het wellicht verstandig in dit gebied meer nadruk te leggen op het beperken van fosforemissies. Dit geldt ook voor de Nederwaard en Overwaard.

## 4.2 Risico's en maatregelen

Op dit moment bevat het BBWP 3 risico-indicatoren die de risico's op de waterkwaliteit in beeld brengen, daarmee worden niet alle effecten van landbouw (en landbouwmaatregelen) op de waterkwaliteit in beeld gebracht. Er bestaat geen indicator voor de impact van gewasbeschermingsmiddelen op toxiciteit van het water en voor verwijdering van planten en dieren. Hierdoor zijn niet alle landbouwmaatregelen waar de ecologische waterkwaliteit mee kan worden verbeterd in beeld worden gebracht. Hierdoor ontbreken mogelijk effectieve maatregelen, zoals ecologisch maaien van waterplanten, bufferstroken,

het ecologisch maaien van slootkanten en kruidenrijke perceelranden tegen drift van pesticide in de lijst met meest effectieve maatregelen.

De analyse in dit rapport is uitgevoerd om inzicht te krijgen in de belangrijkste hotspots binnen het hele beheergebied. Dit geeft sturing aan de inzet van effectieve maatregelen die over het hele beheergebied de grootste impact hebben om de waterkwaliteit te verbeteren. Dezelfde aanpak wordt in het BBWP ook gebruikt om boeren te adviseren om, gegeven de variatie in de bodemkwaliteit tussen de percelen én de opgave per deelstroomgebied, de juiste maatregelen in te zetten op hun bedrijf. Hiermee wordt de beoogde inzet van maatregelen zwaarder, maar wordt tegelijkertijd het risico op afwenteling kleiner. Deze aanpak helpt boeren om concreet te zien waar ze bij kunnen dragen aan verbetering van de waterkwaliteit en stimuleert om de juiste maatregel te nemen op de juiste plek.

In deze analyse is alleen gekeken naar de risico's en effectieve maatregelen voor het verbeteren van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit. Geadviseerde maatregelen kunnen ook een positief of negatief effect hebben op andere opgaven in het landelijk gebied (zoals klimaat, remmen bodemdaling, ammoniakemissies) maar deze zijn niet in beeld gebracht in deze studie.

De maatregelen aangepast maaibeheer van bufferstroken langs watergangen (minder frequent) en het plaatsen van een drinkbak voor vee zijn ook effectieve maatregelen die inzetbaar zijn op alle locaties waar de maatregel 'sloten op diepte houden in veenweidegebied' wordt geadviseerd.

## 5 Literatuur

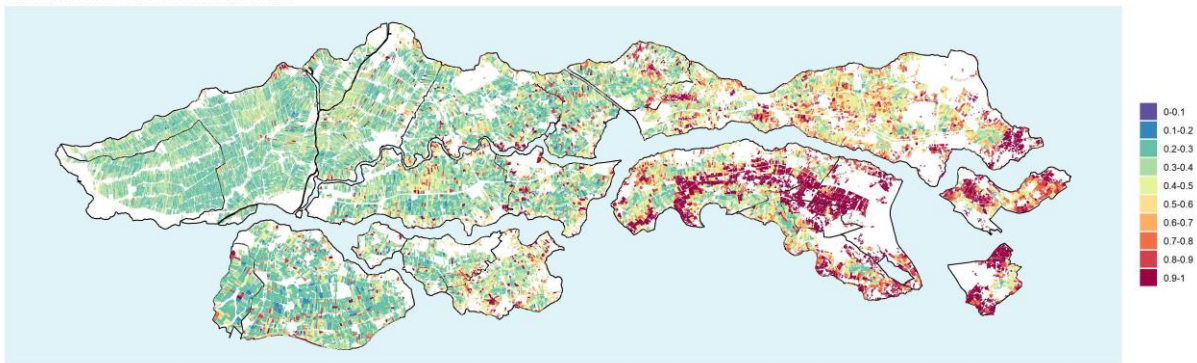
- De Vries W, Kros J, Voogd JC & GH Ros (2023).** *Integrated assessment of agricultural practices on the loss of ammonia, greenhouse gases, nutrients and heavy metals to air and water.* Science of the total Environment 857 (2023) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159220>
- Groenendijk P, Van 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 schoner grond- en oppervlaktewater.* (Stowa rapport; No. 2021-26). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. <https://edepot.wur.nl/547890>
- 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.
- 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, 34pp.
- Schoumans OF (2004).** *Inventarisatie van de fosfaatverzadiging van landbouwgronden in Nederland.* Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 730.4., 50 pp.
- Van der Salm C, Chardon WJ, Koopmans GF, Van Middelkoop JC & PAI Ehlert (2009).** *Phytoextraction of phosphorus-enriched grassland soils.* J. Envir. Qual 38: 1-11.
- Van Diggelen JMH & AJP Smolders (2018)** *Pilot en monitoringsprogramma effecten plas-dras op fosfaat-emissie in Noord-Holland, P-mobilisatie experiment.* B-Ware rapport PR18.003. B-Ware, Nijmegen.
- Van Rotterdam D, De Pater J & J Verweij (2020).** *Oeverafkalving in het agrarisch beheerde veenweide; oorzaken en oplossingen.* Nutriënten Management Instituut BV, rapport 1781.N.20.
- Westerhof R, de Graaff R, Joosten L, Thijssen M, Regeer B, Verwoerd L & H Muilwijk (2016).** *Nutriënten op hun plek, arrangementen van waarde voor voedselproductie, bodem en water.* Leiden, ORG-ID, Athena Instituut Vrije Universiteit, Planbureau voor de Leefomgeving.



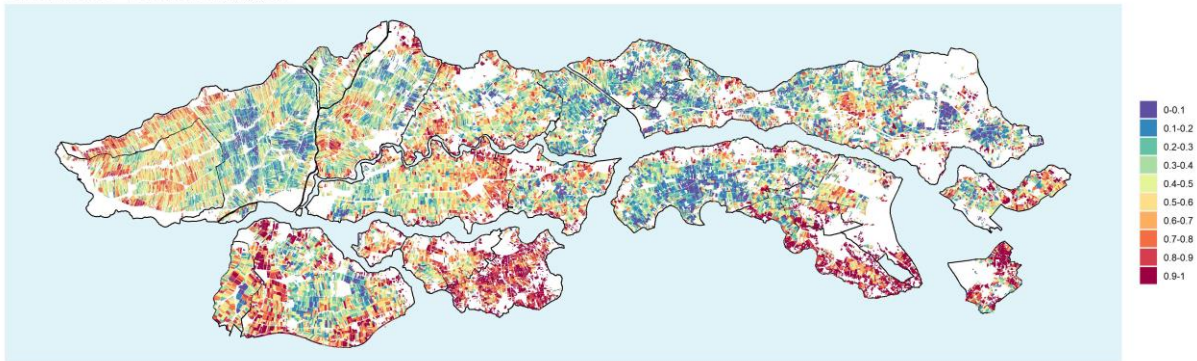
# 6 Bijlagen

## 6.1 Perceelindicatoren voor afspoeling van P

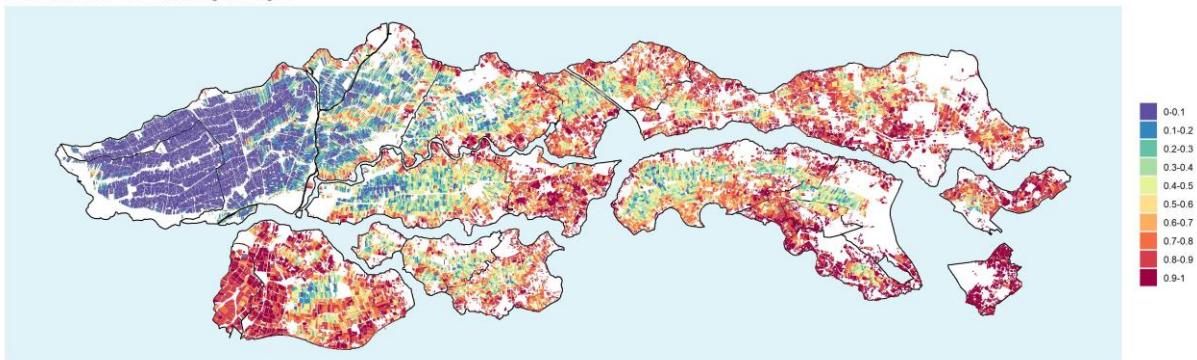
Perceelindicator P - direct beschikbaar fosfaat



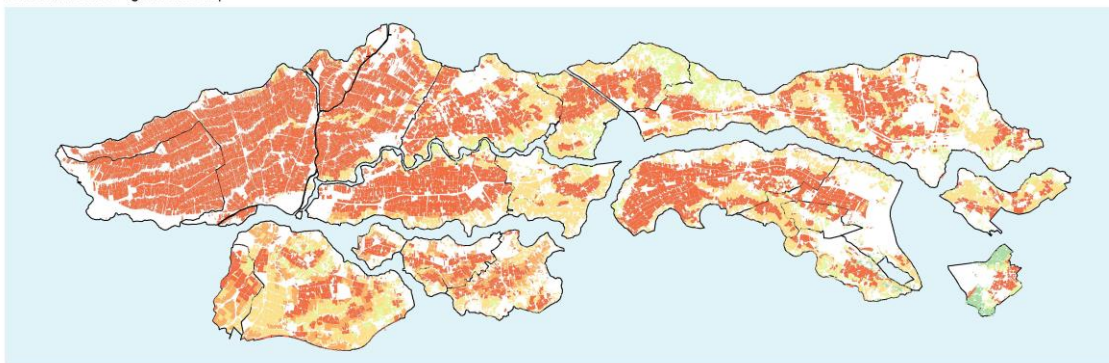
Perceelindicator P - fosfaatverzadigingsgraad



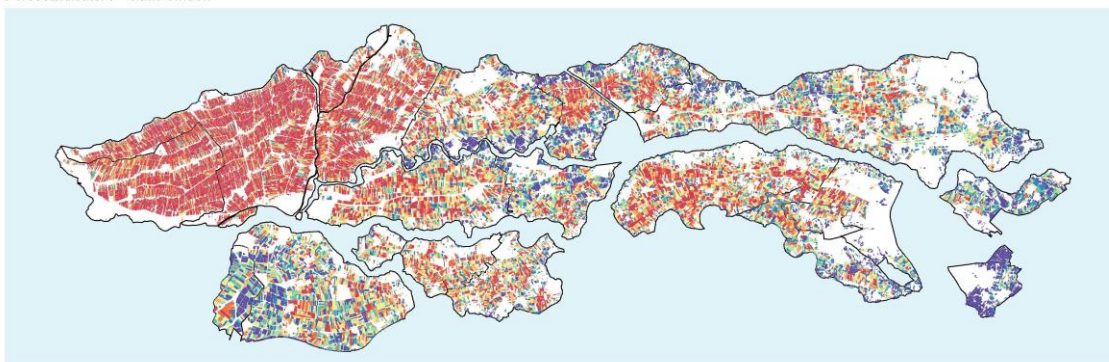
Perceelindicator P - fosfaatbindingsvermogen



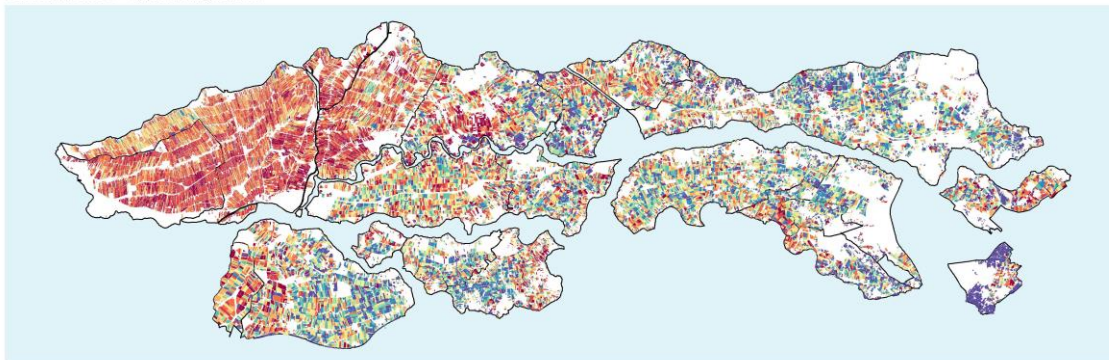
Perceelindicator P - grondwatertrap



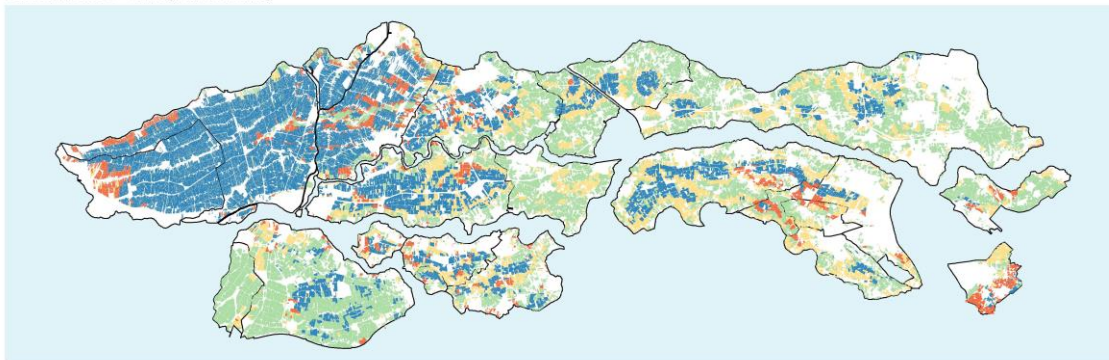
Perceelindicator P - natte omtrek

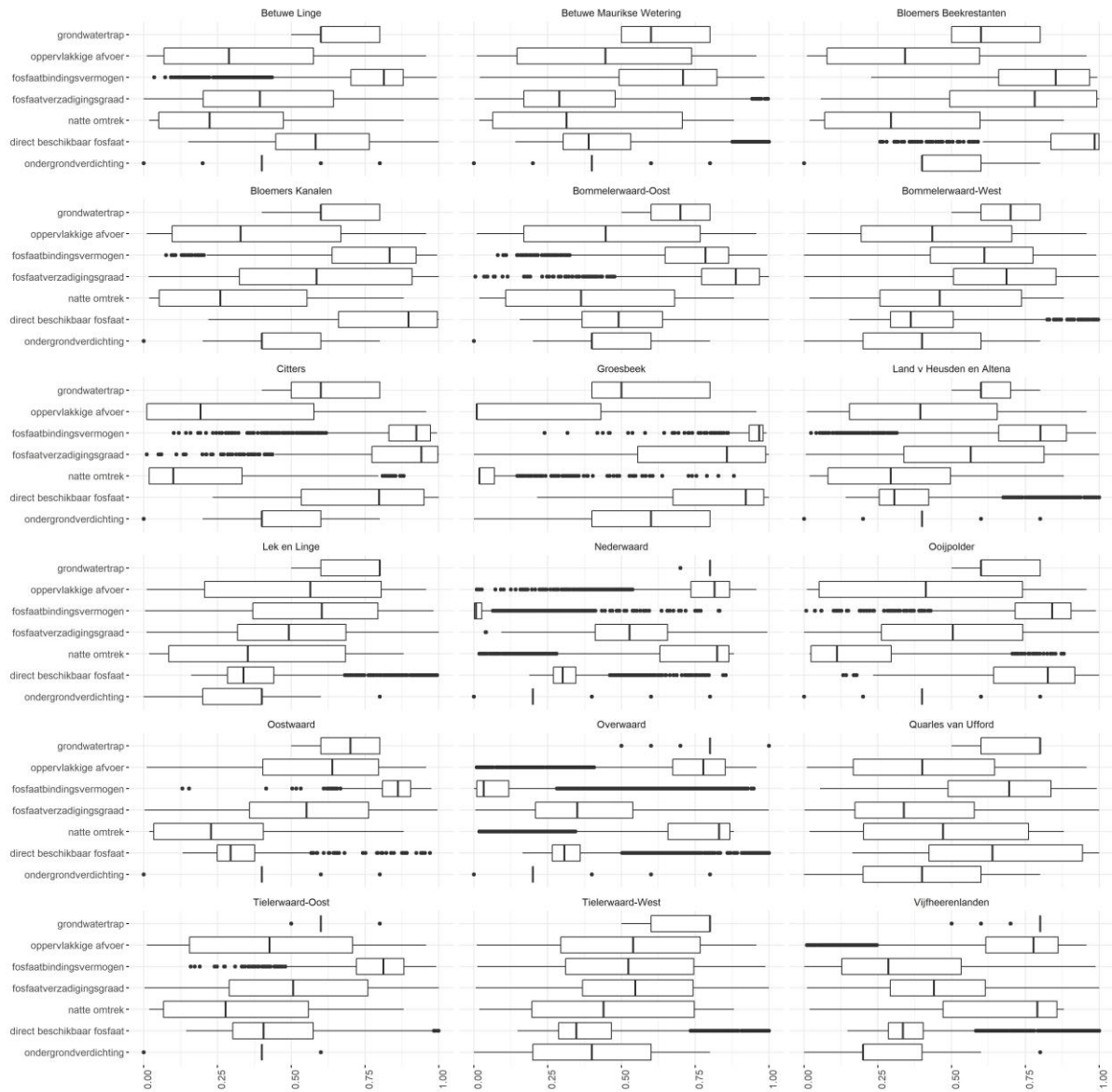


Perceelindicator P - oppervlakkige afvoer



Perceelindicator P - ondergrondverdichting

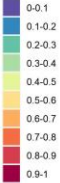
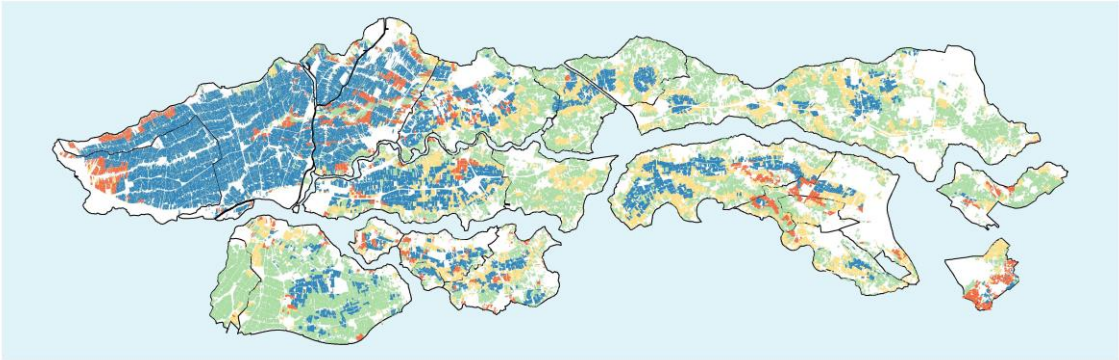




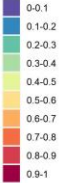
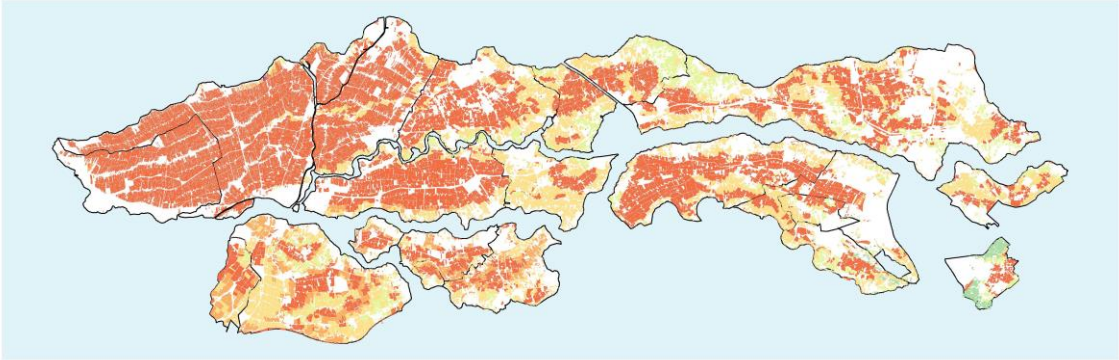
Figuur 14: Spreiding in verschillende indicatoren voor het risico op afspoeling van fosfor per deelstroomgebied

# 6.2 Perceelindicatoren voor afspoeling van N

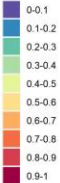
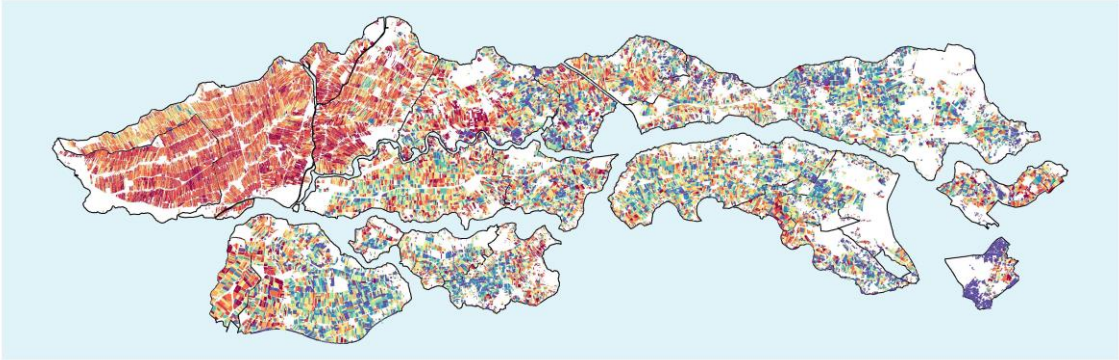
Perceelindicator N - ondergrondverdichting



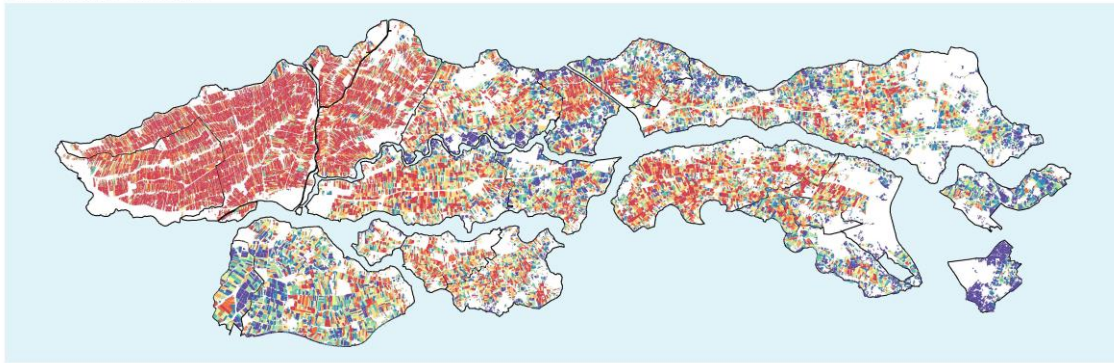
Perceelindicator N - grondwatertrap



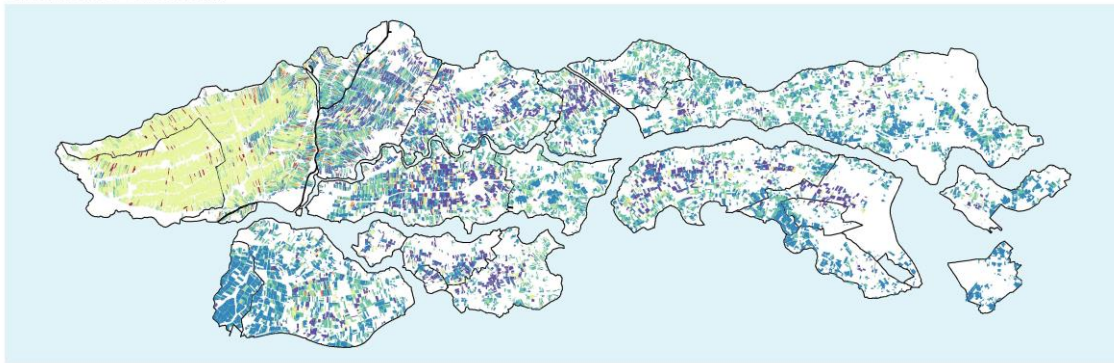
Perceelindicator N - oppervlakkige afvoer

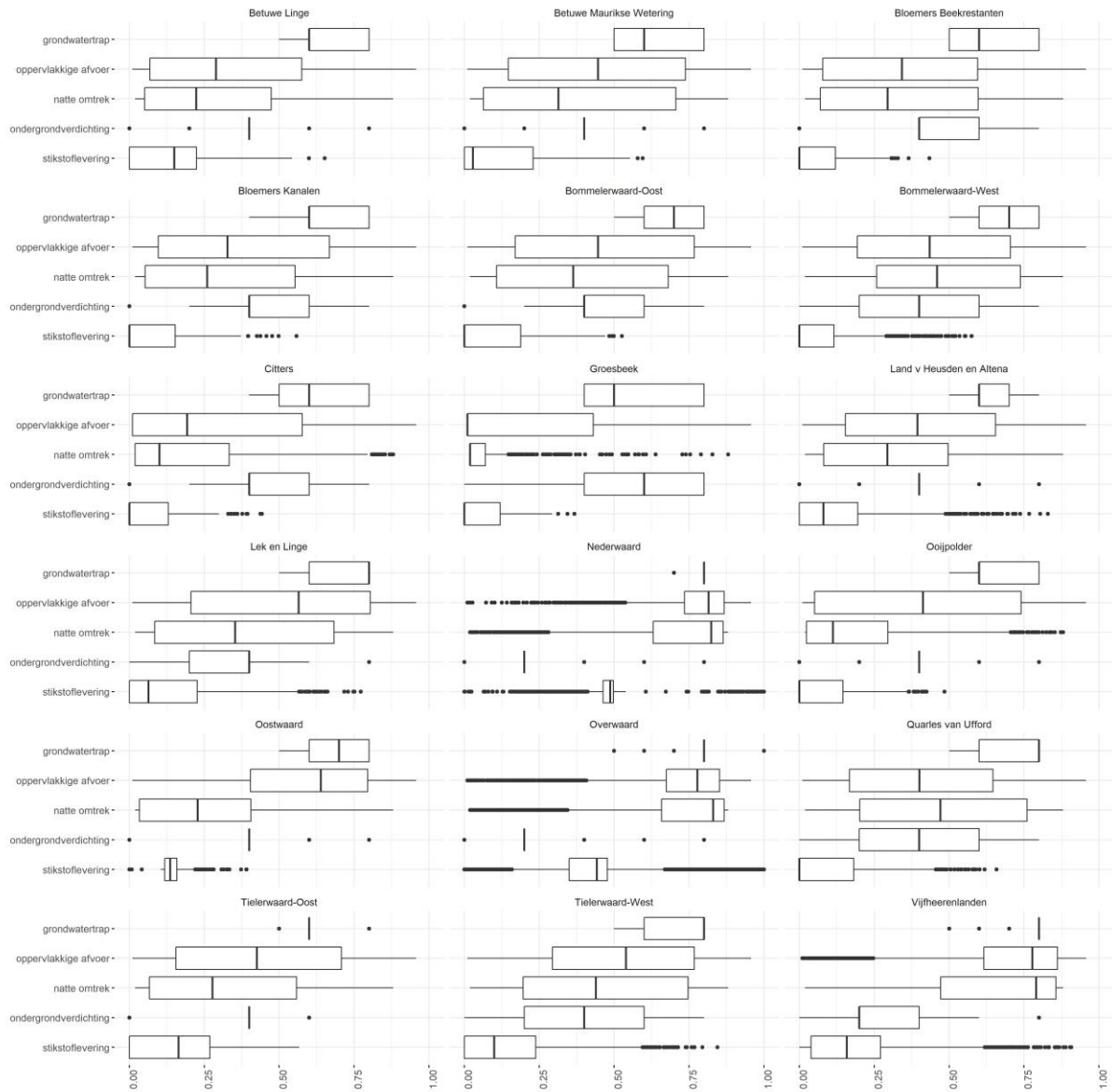


Perceelindicator N - natte omtrek



Perceelindicator N - stikstoflevering

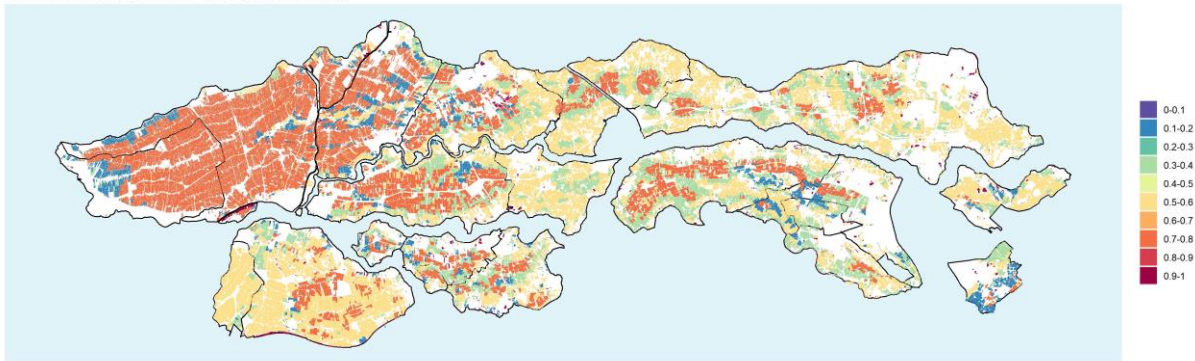




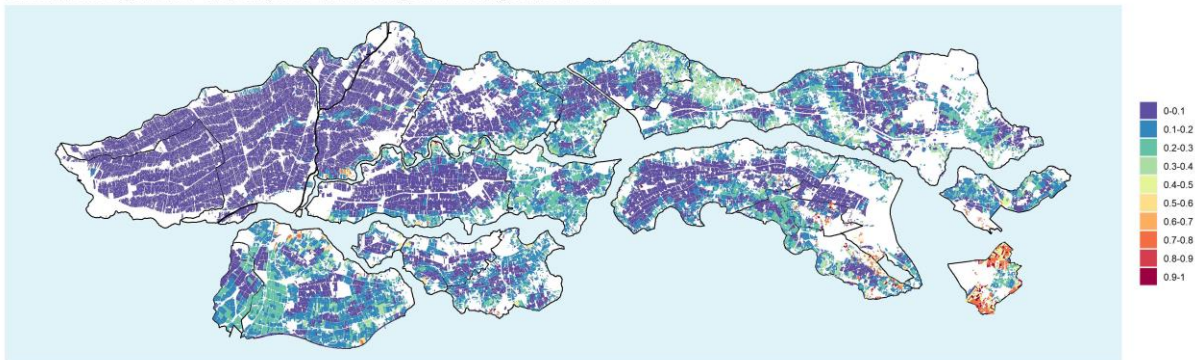
Figuur 15: Spreiding in verschillende indicatoren voor het risico op afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater per deelgebied.

## 6.3 Perceelindicatoren uitspoeling van nitraat

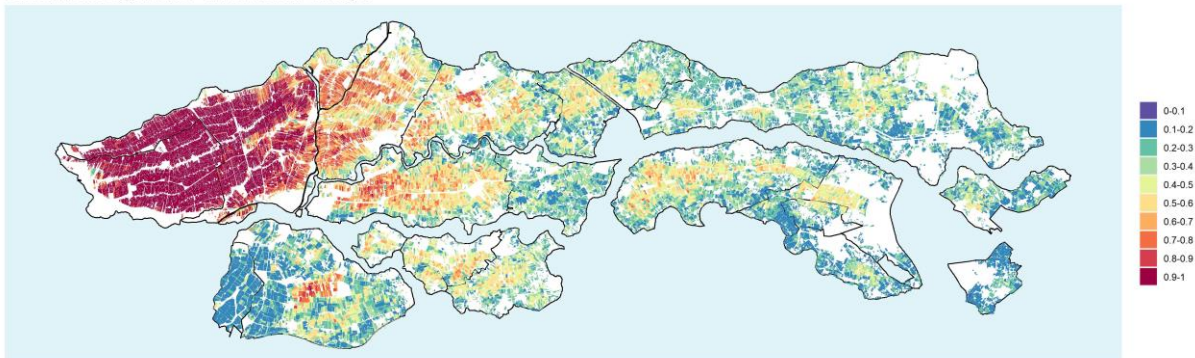
Perceelindicator N grondwater - ondergrondverdichting

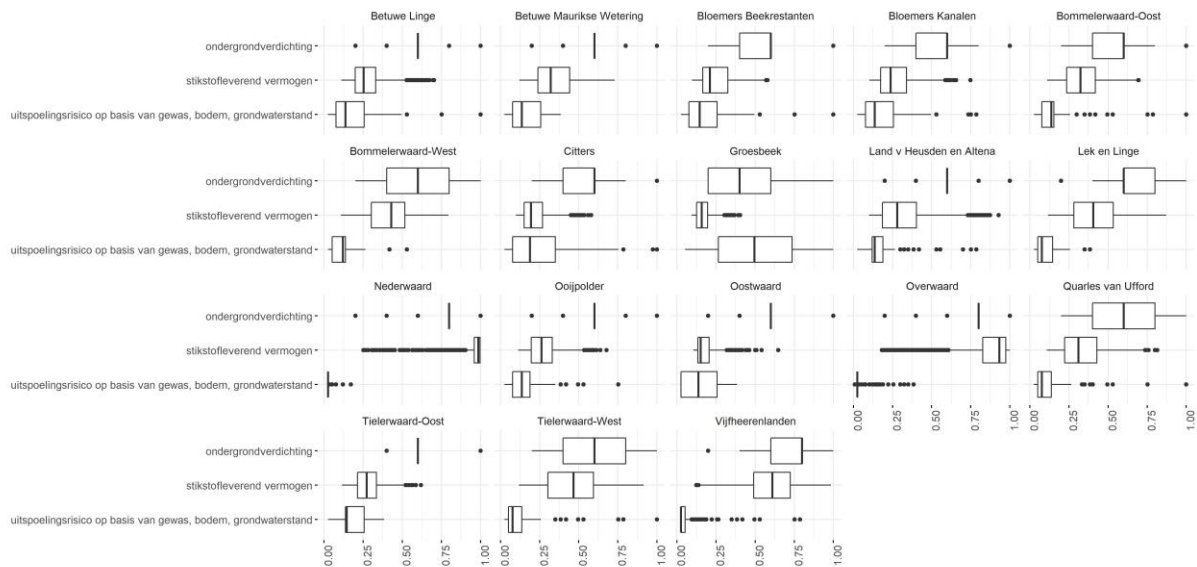


Perceelindicator N grondwater - uitspoelingsrisico op basis van gewas, bodem, grondwaterstand



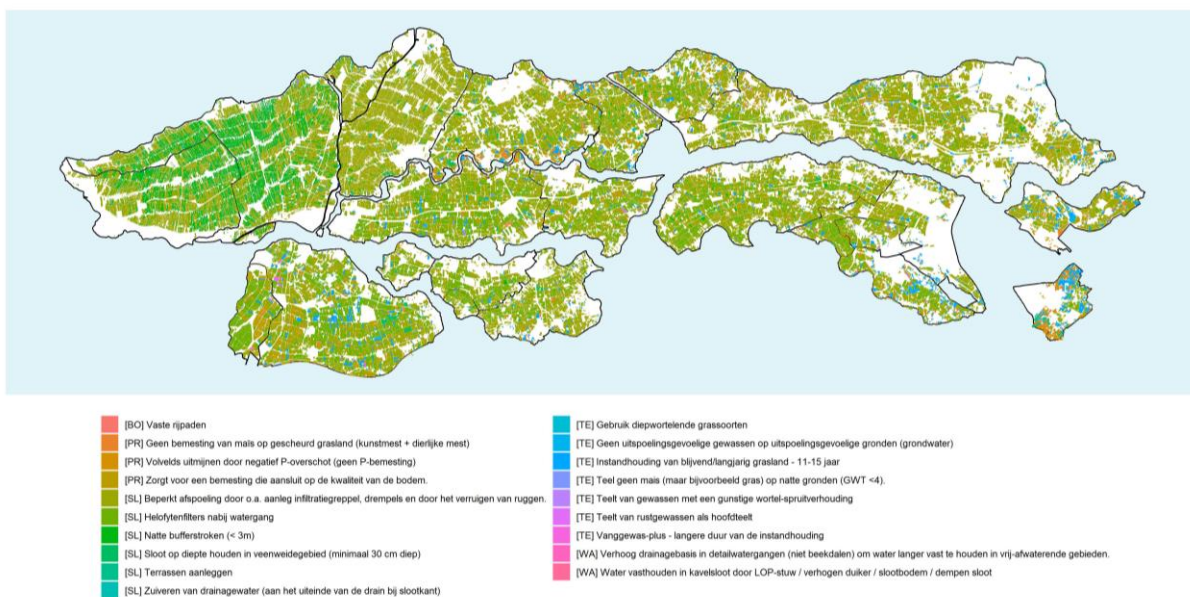
Perceelindicator N grondwater - stikstofleverend vermogen





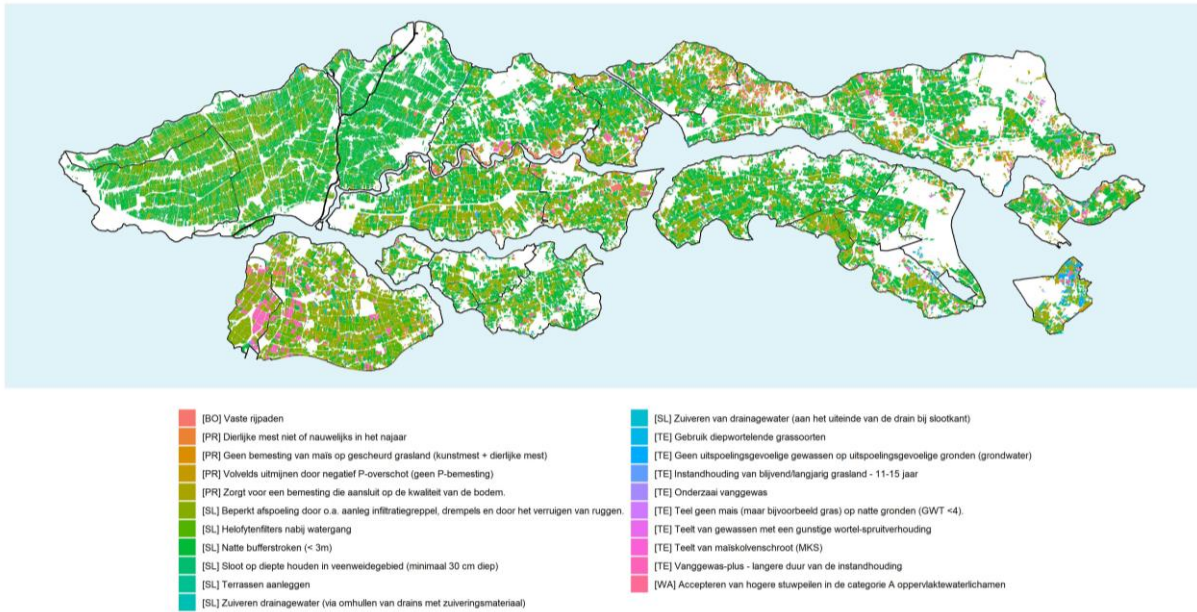
Figuur 16: Spreiding in verschillende indicatoren voor het risico op uitspoeling nitraat naar het grondwater per deelstroomgebied.

## 6.4 Maatregelen top-5

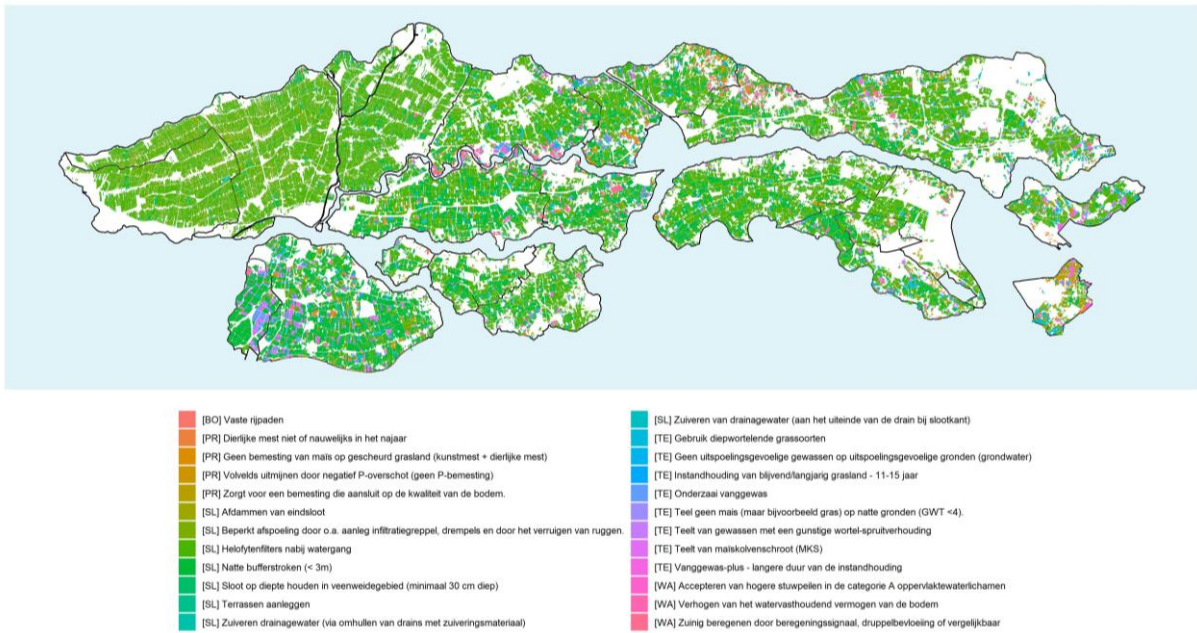


Figuur 17: Top 1 meest effectieve maatregel per perceel.

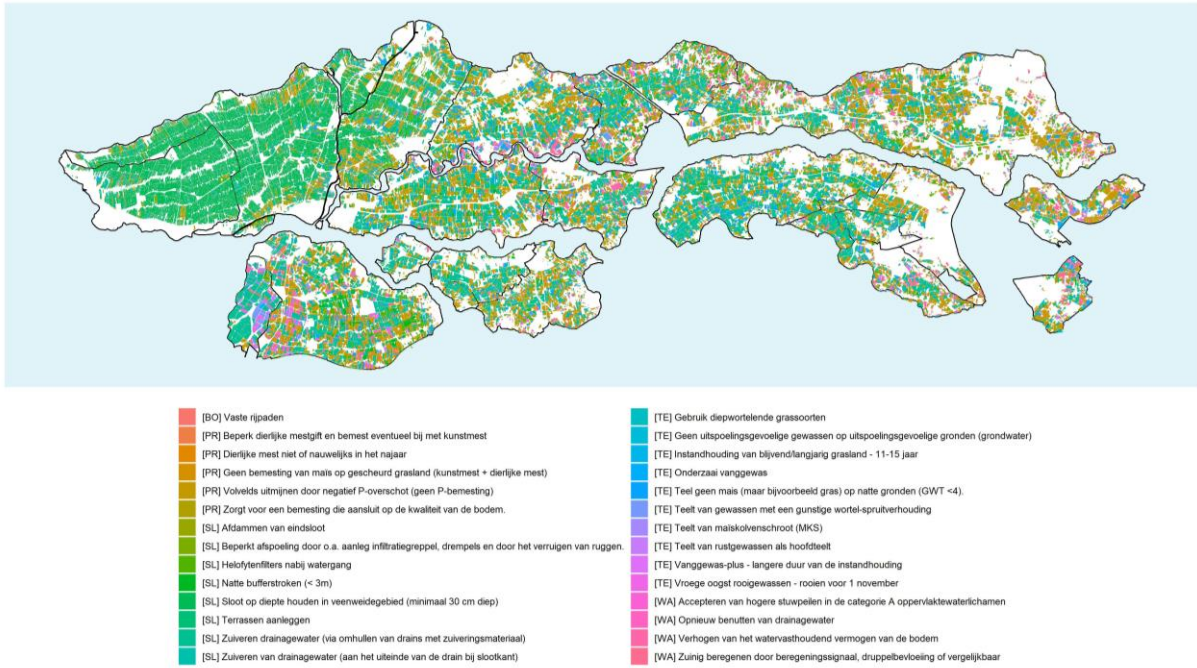




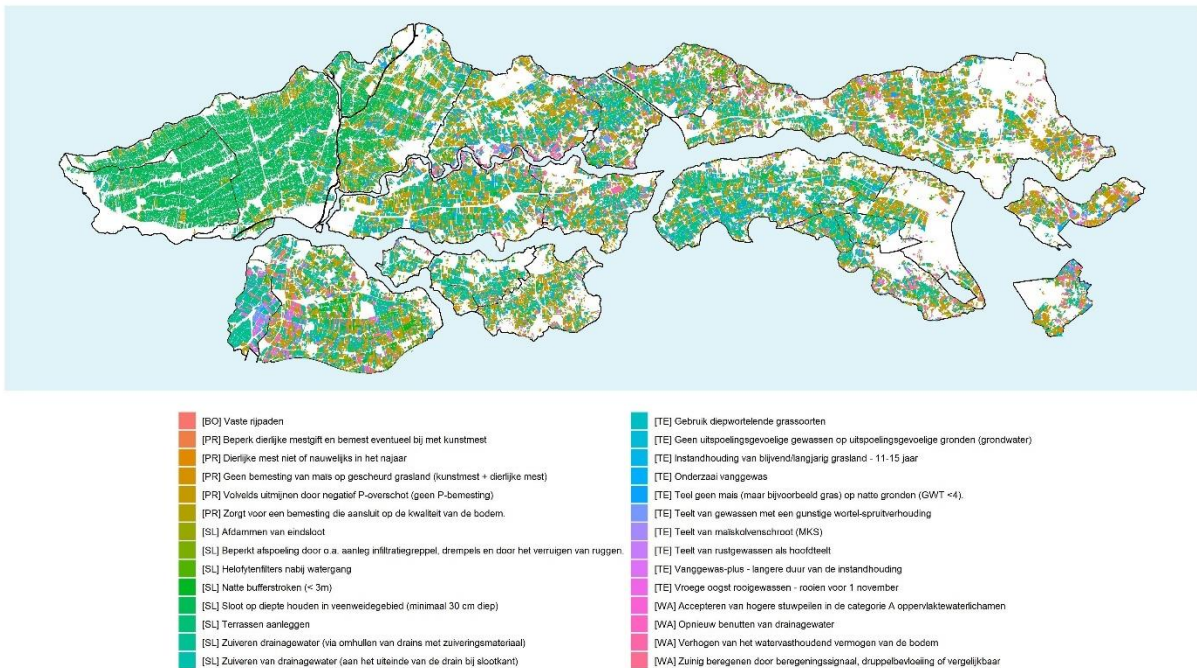
Figuur 18: Top 2 meest effectieve maatregel per perceel



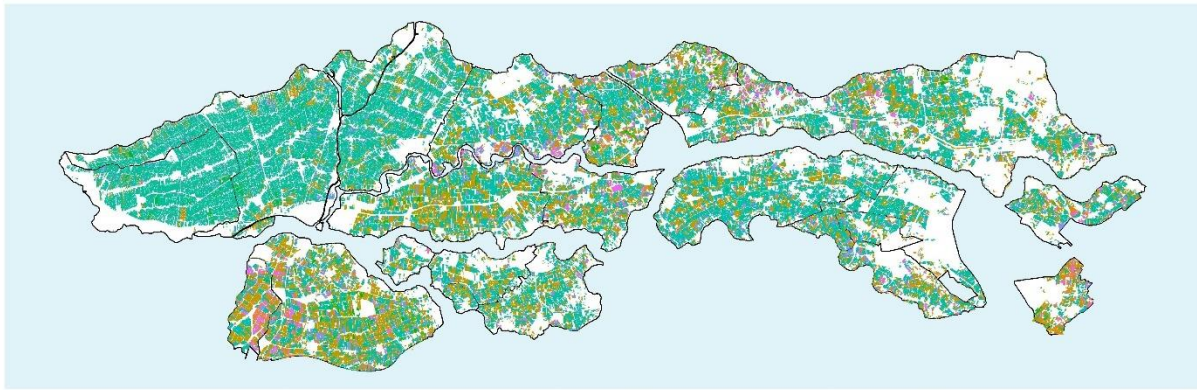
Figuur 19: Top 3 meest effectieve maatregel per perceel



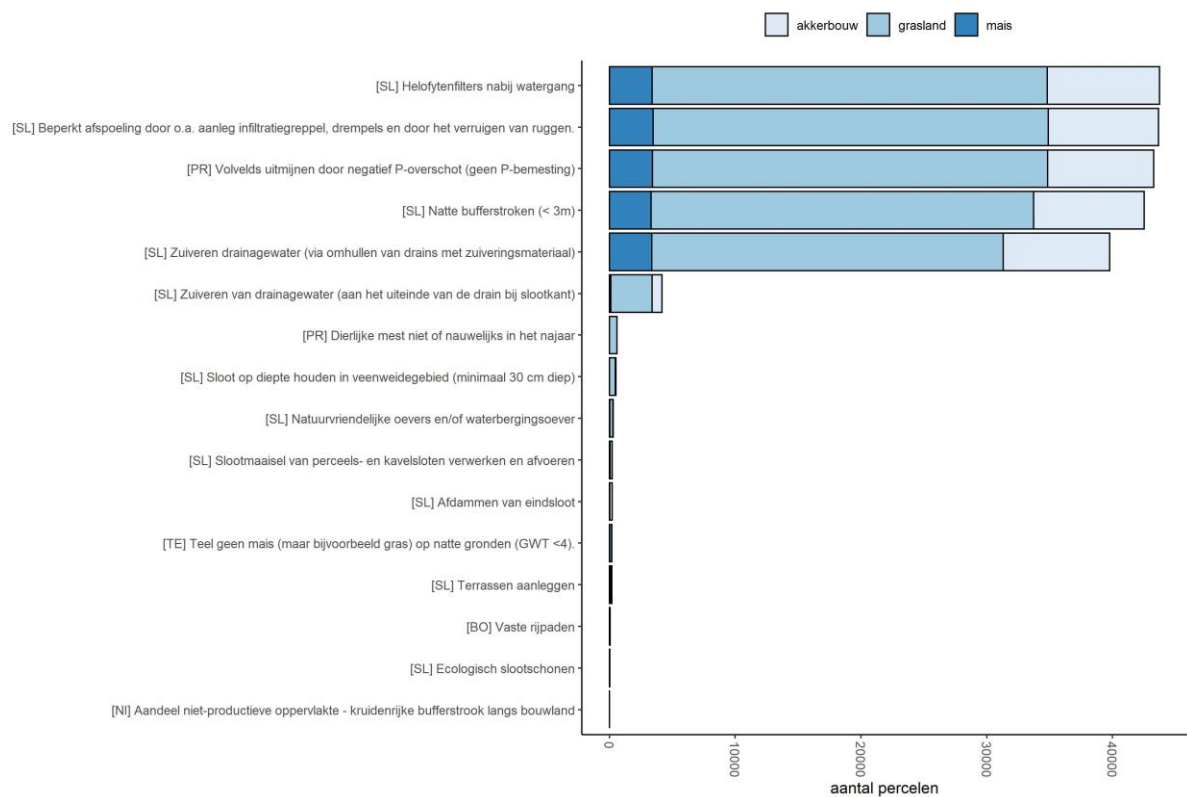
Figuur 20: Top 4 meest effectieve maatregel per perceel.



Figuur 21: Top 5 meest effectieve maatregel per perceel.

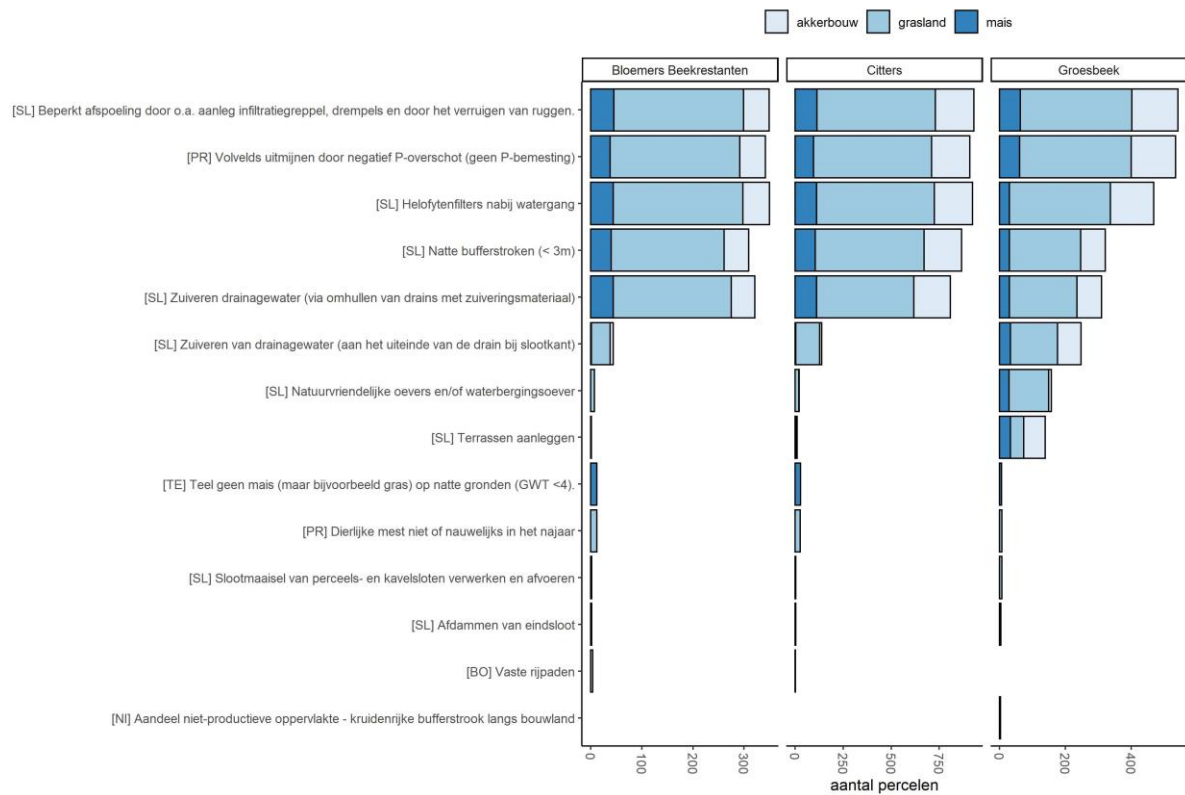


## 6.5 Maatregelen per opgave



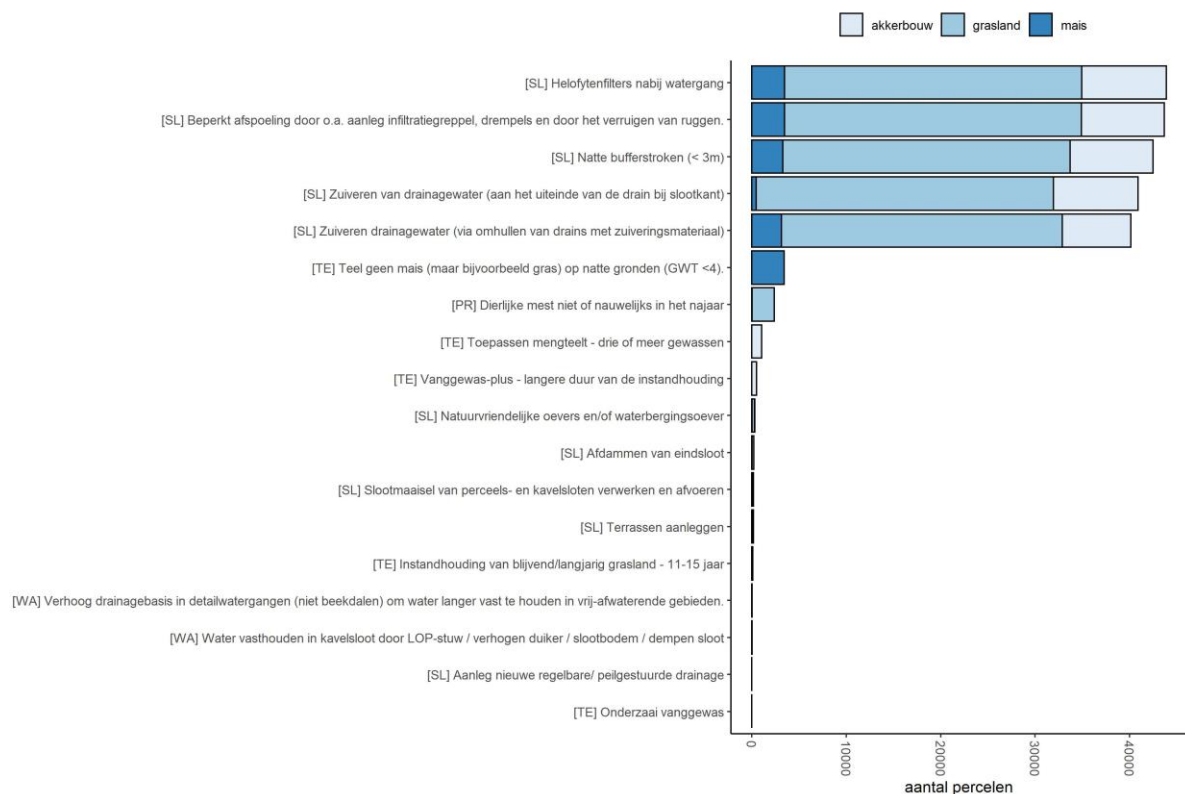
Figuur 22: Meest geadviseerde maatregelen voor vermindering fosforafspoeling naar het oppervlaktewater in het hele beheergebied. Lettercode geeft de maatregelcategorie aan (WA:watervasthouden, RO:routemaatregelen, PR:precisiebemesting, ER:erf, BO: bodemverbetering).

Een aangepaste bemesting (GLP of lagere gebruiksnormen) heeft weinig tot geen invloed op de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater (de Vries et al, 2023). Om fosfaatverliezen te beperken, zijn beheermaatregelen nodig die de oppervlakkige afvoer en ondiepe uitspoeling beïnvloeden (routemaatregelen).

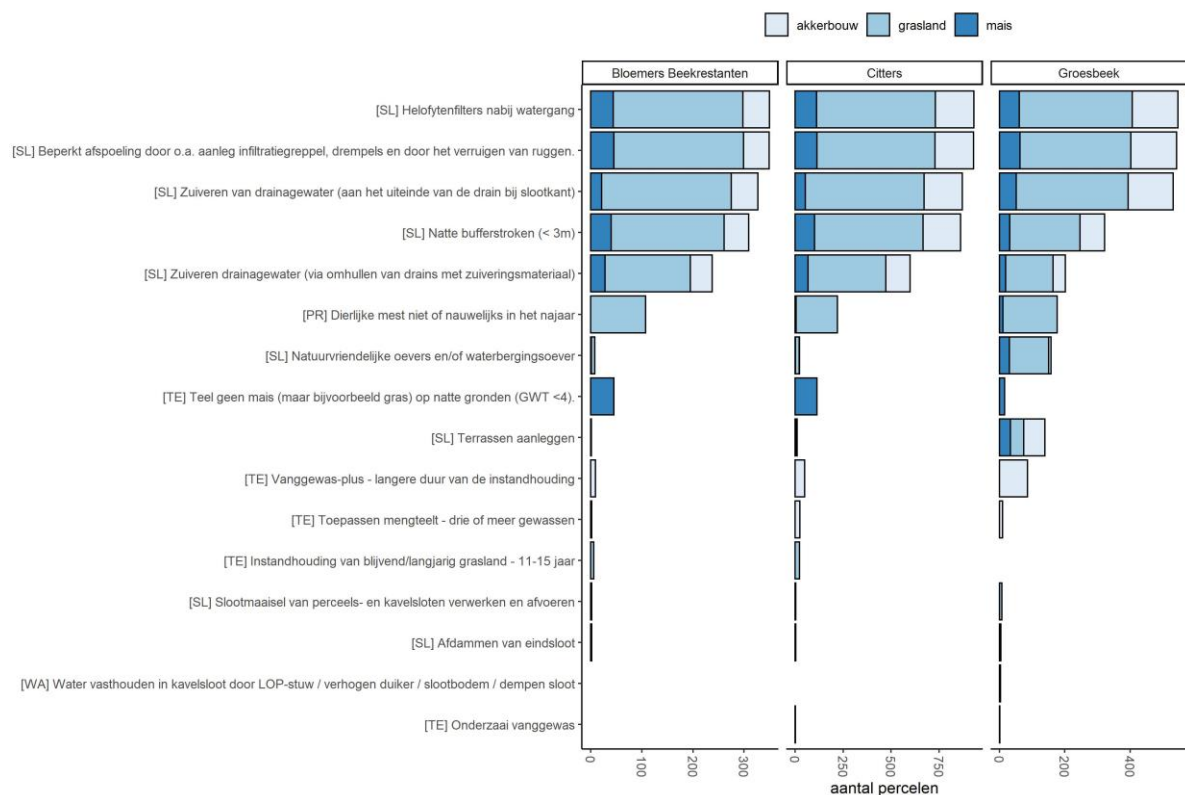


Figuur 23: Meest geadviseerde maatregelen voor vermindering van fosforafspoeling in drie deelstroomgebieden. Lettercode geeft de maatregelcategorie aan (WA:watervasthouden, RO:routemaatregelen, PR:precisiebemesting, ER:erf, BO: bodemverbetering).

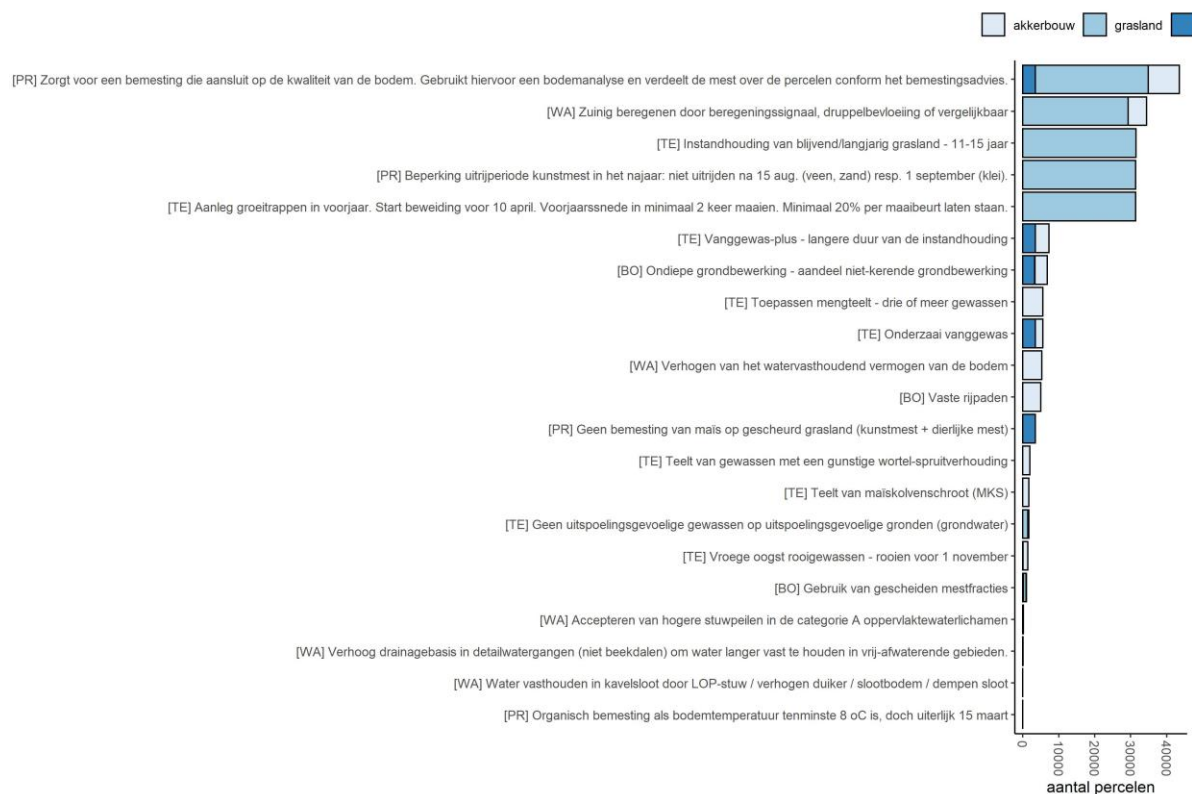
In Citters, Bloemers, Groesbeek is het grote risico op afspoeling van fosfor vooral te wijten aan het lage vermogen om fosfaat te binden in de bodem, de hoge P-beschikbaarheid (d.w.z. grote hoeveelheid P die direct beschikbaar is voor gewasopname) en hoge fosfaatverzadigingsgraad.



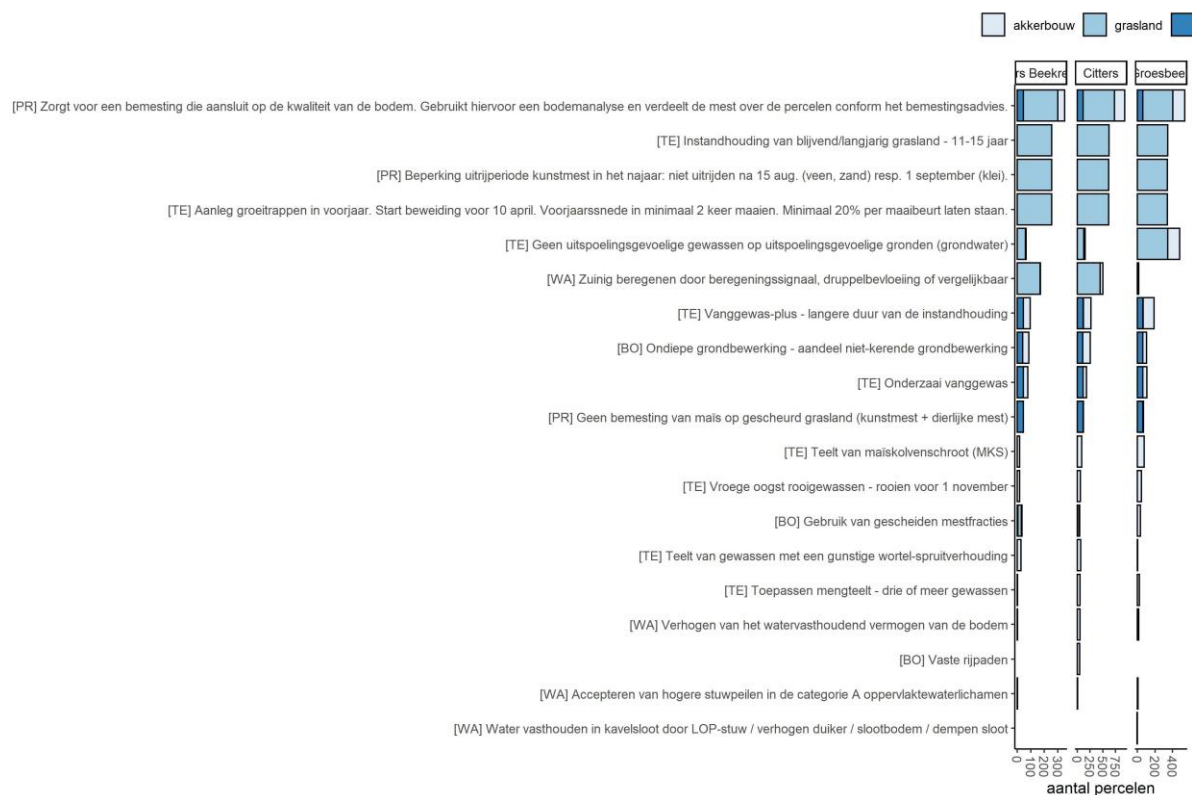
Figuur 24: Meest geadviseerde maatregelen voor verminderen afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater in het hele beheergebied. Lettercode geeft de maatregelcategorie aan (WA:watervasthouden, RO:routemaatregelen, PR:precisiebemesting, ER:erf, BO: bodemverbetering).



Figuur 25: Meest geadviseerde maatregelen voor verminderen afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater in prioritaire gebieden. Lettercode geeft de maatregelcategorie aan (WA:watervasthouden, RO:routemaatregelen, PR:precisiebemesting, ER:erf, BO: bodemverbetering).



Figuur 26: Meest geadviseerde maatregelen voor vermindering van de nitraatuitspoeling voor het hele beheergebied. Lettercode geeft de maatregelcategorie aan (WA:watervasthouden, RO:routemaatregelen, PR:precisiebemesting, ER:erf, BO: bodemverbetering).

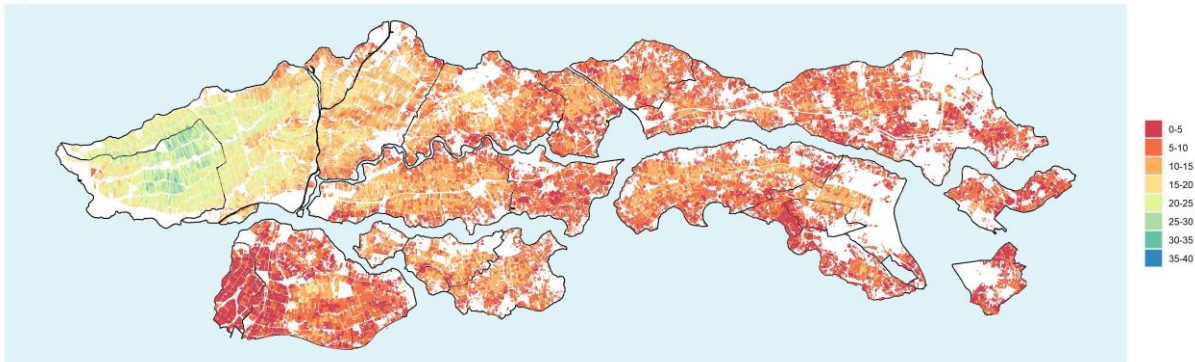


Figuur 27: Meest geadviseerde maatregelen voor verminderen nitraatuitspoeling, verhogen nutientenbenutting en watervasthoudend vermogen. Lettercode geeft de maatregelcategorie aan (WA:watervasthouden, RO:routemaatregelen, PR:precisiebemesting, ER:erf, BO: bodemverbetering).

De bodems in Groesbeek met een hoog N-leverend vermogen worden ook gekenmerkt door hogere N-verliezen in het winterseizoen. Om dat te voorkomen is het gewenst om een vanggewas te telen, het aanwezige grasland niet te vaak te vernieuwen en te zorgen voor voldoende bodembedekking gedurende het jaar.

## 6.6 Variatie in bodemeigenschappen

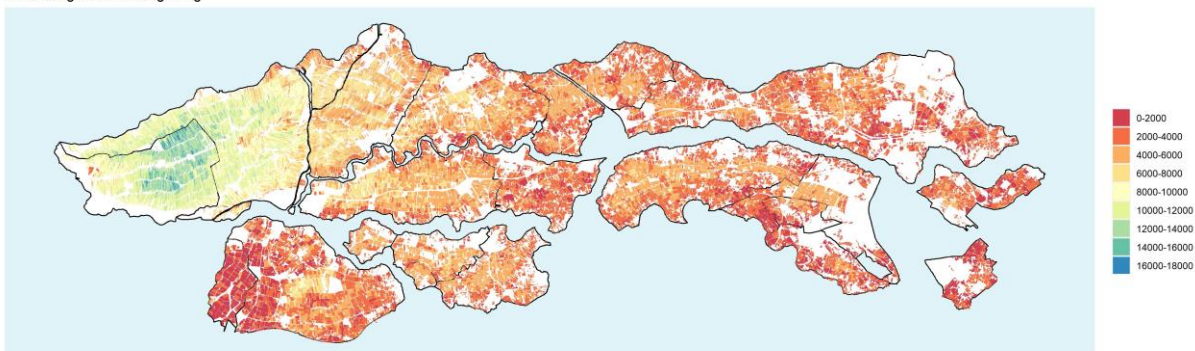
Organic matter content %



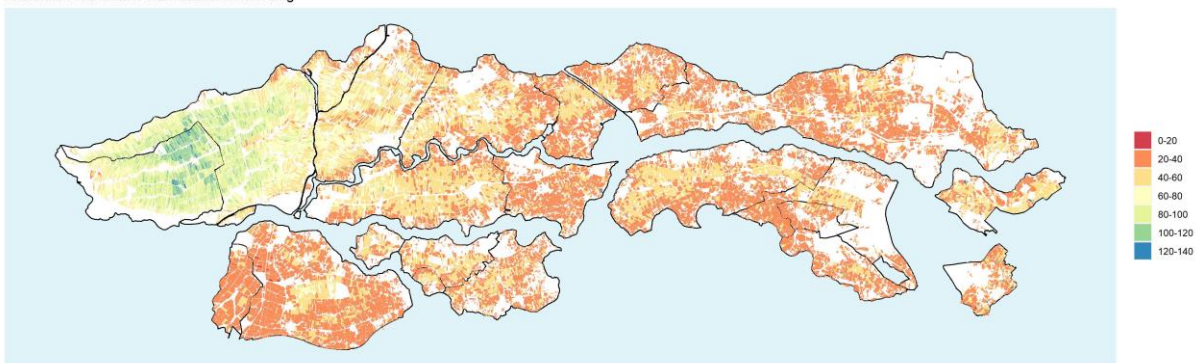
Clay content %



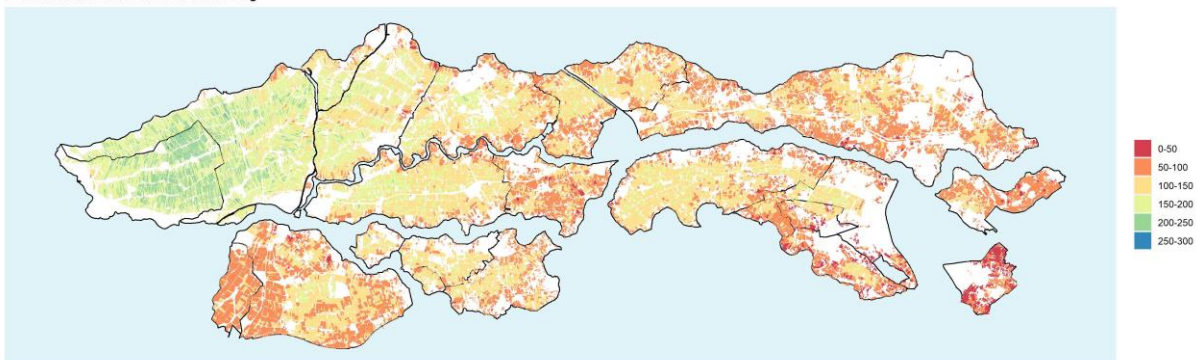
Total nitrogen content mg N/ kg



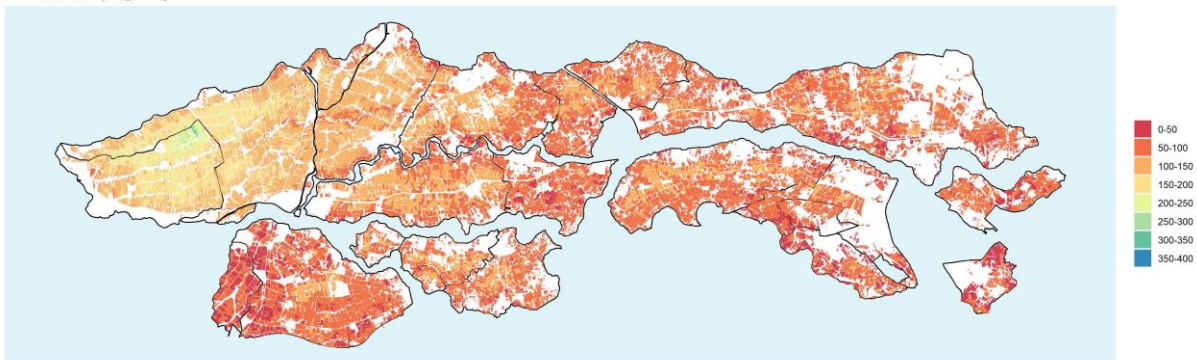
Aluminium extractable with oxalate mmol Al/kg



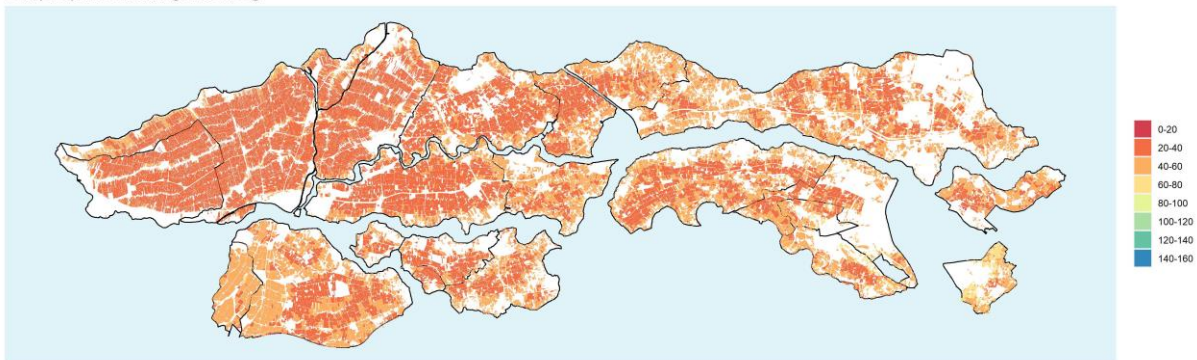
Iron extractable with oxalate mmol Fe/kg



Microbial Activity mg N/ kg



Total phosphate content mg P2O5/100 g

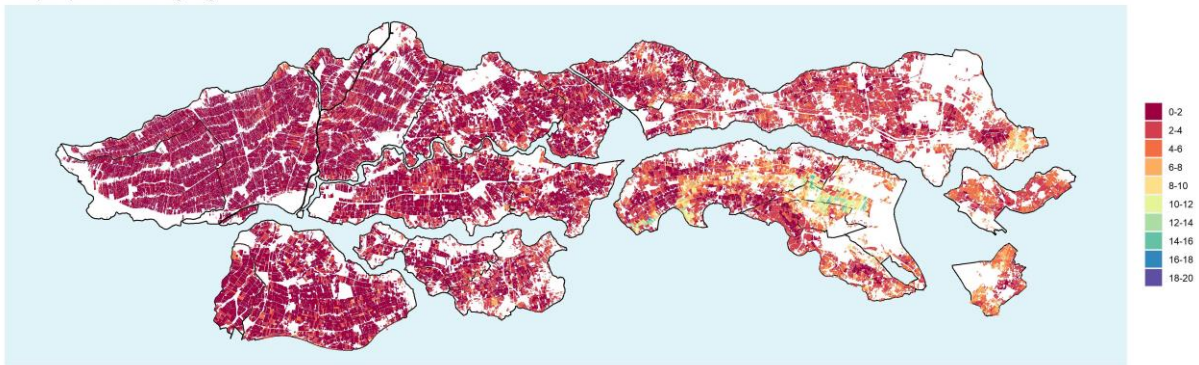




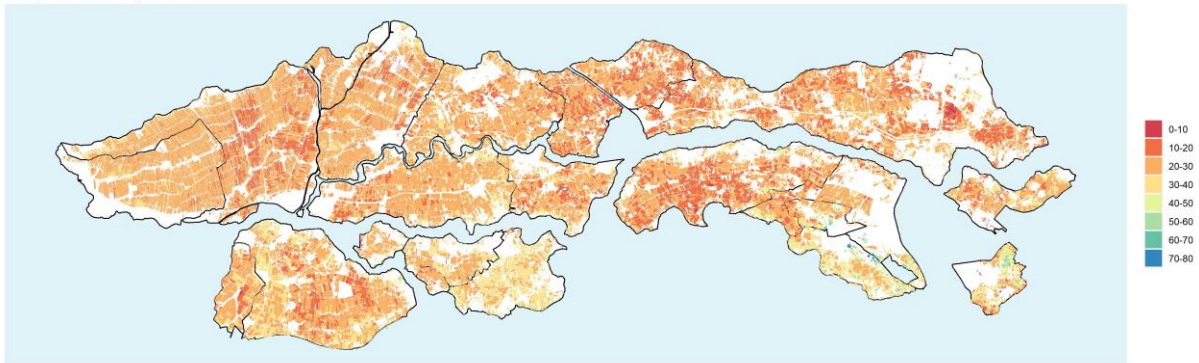
Phosphor extractable with oxalate mmol P/kg



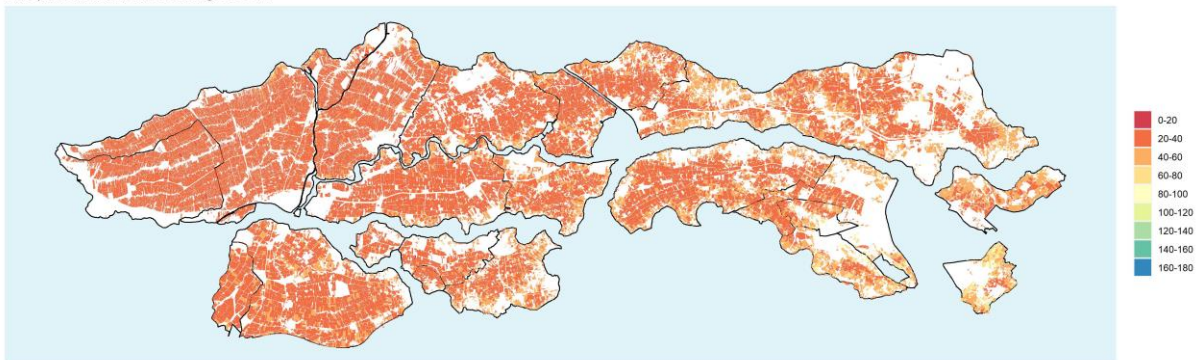
Phosphor plant available mg P/kg



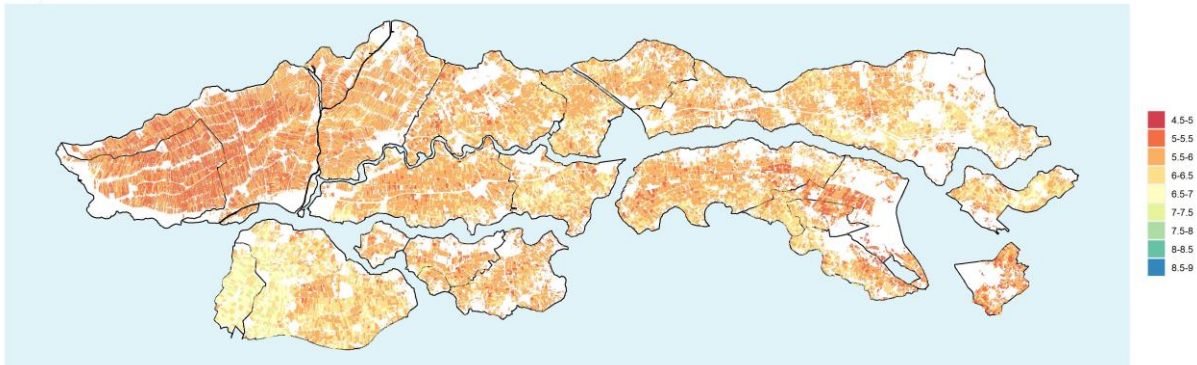
Phosphor saturation grade %



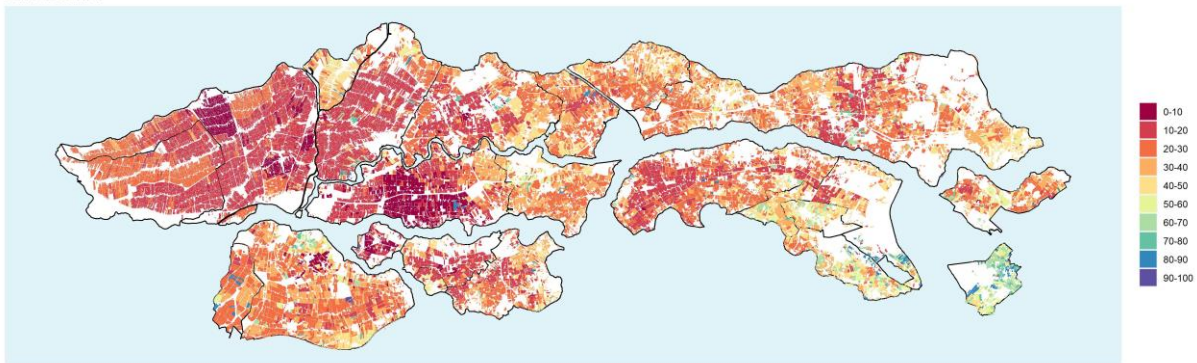
Phosphate in water extraction mg P2O5 / l



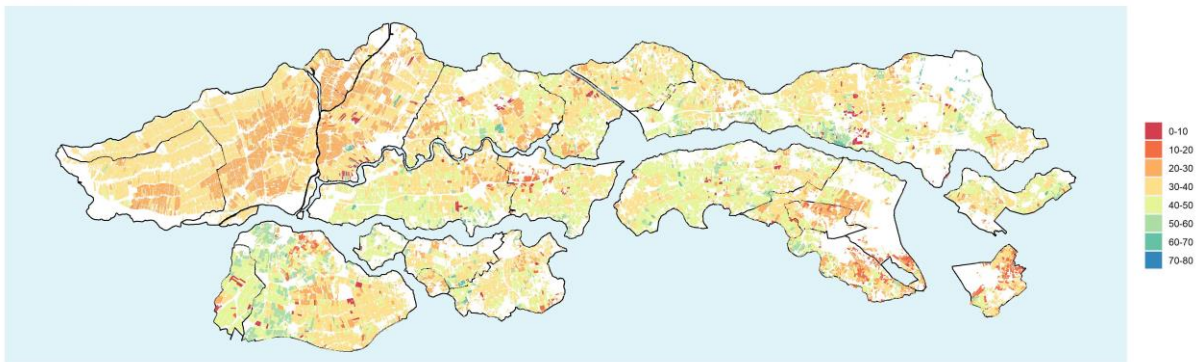
Acidity in CaCl2 -



Sand content %



Silt content %





Classification of cultivations in four types unitless

