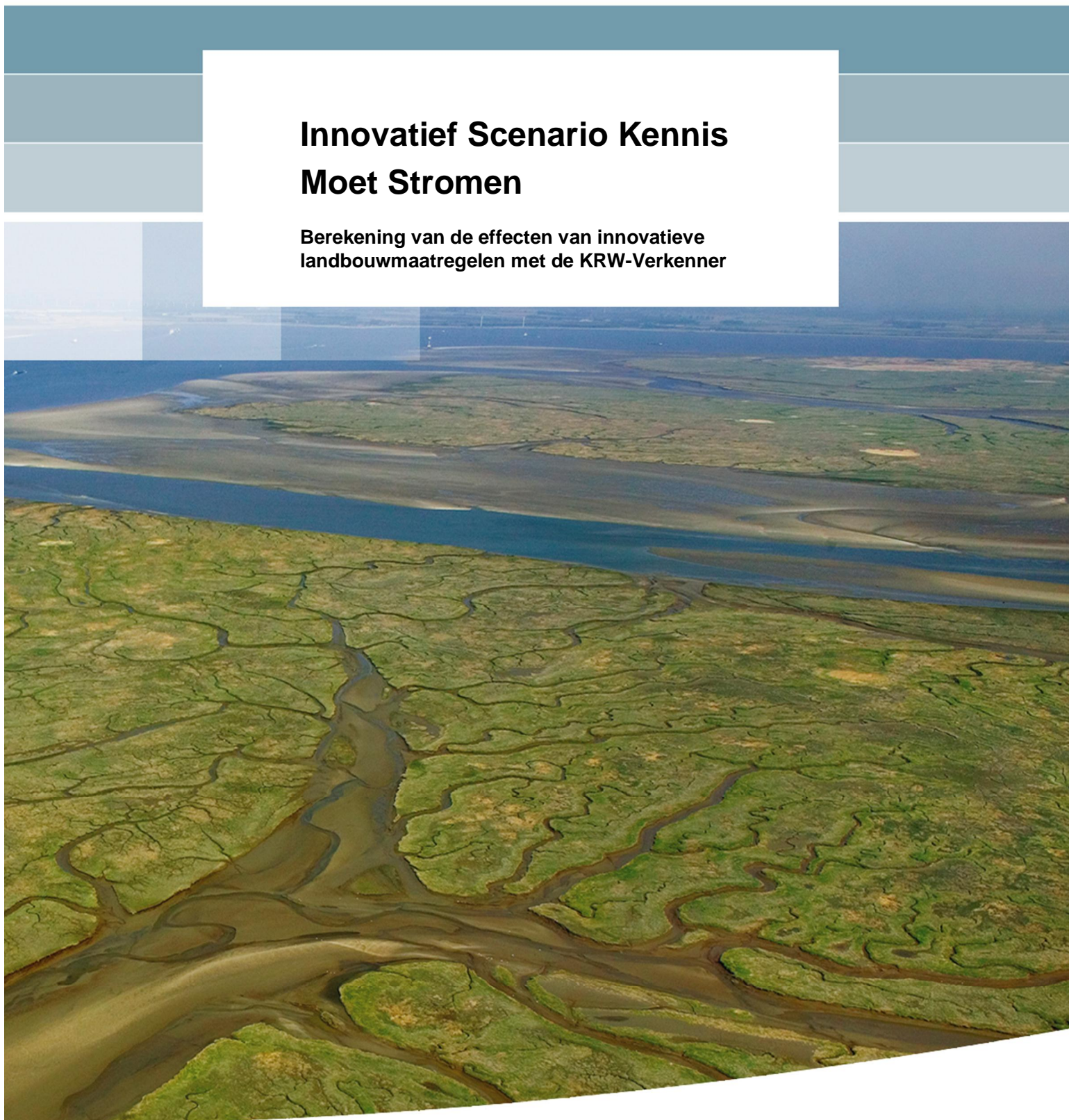


Innovatief Scenario Kennis Moet Stromen

**Berekening van de effecten van innovatieve
landbouwmaatregelen met de KRW-Verkenner**



Innovatief Scenario Kennis Moet Stromen

Berekening van de effecten van innovatieve
landbouwmaatregelen met de KRW-Verkenner

Mijke van Oorschot

1206111-004

Titel

Innovatief Scenario Kennis Moet Stromen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
KPP Deltares MT Kennis	1206111-004	1206111-004-BGS-0003-vj	27

Trefwoorden

KRW-Verkenner, Innovatieve maatregelen, Kaderrichtlijn water, IP-KRW, Landbouw, Waterkwaliteit, Eutrofiëring.



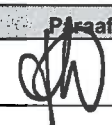
Samenvatting

Het doel van dit project is een verkenning naar de mogelijke bijdrage van een aantal innovatieve landbouwmaatregelen bovenop het SGBP pakket aan de nutriënten reductie in het Nederlandse oppervlaktewater. Een aantal IP-KRW maatregelen uit het project 'Kennis Moet Stromen' zijn doorgerekend met de KRW-Verkenner. Aan de hand van het toepassingsgebied en het rendement van de maatregelen is de reductie van fosfaat of stikstof berekend in de Nederlandse oppervlaktewateren en vergeleken met de resultaten van het SGBP pakket uit 2027.

Het betreft de volgende maatregelen:

- KRW08035: terugdringen fosfaatafspoeling boerenland
- KRW08050: Puridrain (gericht op N)
- KRW08069: dieper wortelen, meer benutten, minder verliezen (gericht op N)
- KRW08073: inzet stikstof vanggewassen
- KRW08091: lekken dichten in nutriëntenkringloop (gericht op P)

Op landelijke schaal dragen de maatregelen relatief weinig bij bovenop het SGBP pakket. Maar op lokale schaal kunnen reducties behaald worden tot 25% bij fosfaat en 15% bij stikstof bovenop het SGBP pakket. Als de maatregelen gecombineerd en lokaal gericht toegepast worden op hotspots kunnen ze dus een extra bijdrage leveren aan de reductie van nutriënten in het oppervlaktewater en het behalen van de KRW-doelen.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
3.0	december 2012	Mijke van Oorschoot		Simon Groot		Harm Duel	

Status

definitief

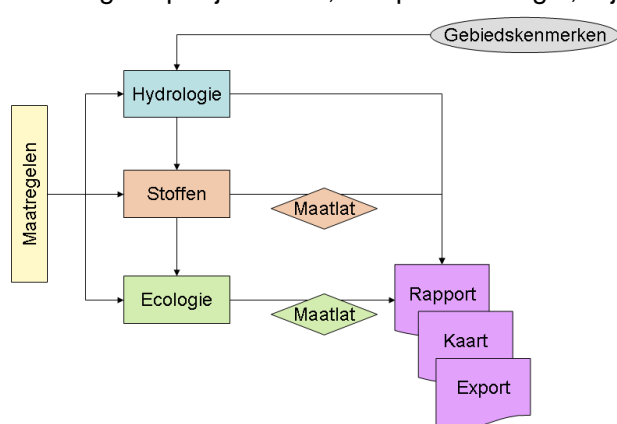
Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 KRW-Verkenner	1
1.2 Innovatief scenario	1
1.3 Landelijke pilot	2
1.4 Doel	2
2 Scenario`s	3
2.1 Referentiejaar	3
2.2 SGBP pakket 2027	3
2.3 Innovatieve scenario`s	4
3 Berekening emissiereducties	5
3.1 Selectie toepassingsgebieden	5
3.2 Berekening Ign-bodem fracties	7
3.3 Berekenen rendementen	10
3.4 Berekenen removal efficiencies	11
4 Resultaten	13
4.1 Validatie landelijke toepassing	13
4.2 SGBP 2027 versus referentiejaar 2000	13
4.3 Innovatieve maatregelen versus SGBP 2027	14
5 Conclusie & discussie	17
5.1 Algemene conclusies	17
5.2 Toepassingsgebied en zuiveringsrendement	17
5.3 Jaren en gemiddelden	18
5.4 Onzekerheden	18
5.5 Aanbevelingen	18
6 Referenties	21
 Bijlage(n)	
A Bijlage: Factsheets maatregelen	A-1
A.1 Terugdringing fosfaatafspoeling boerenland (KRW08035)	A-2
A.2 Puridrain (KRW08050)	A-3
A.3 Dieper wortelen, beter benutten, minder verliezen (KRW08069)	A-4
A.4 Inzet stikstof vanggewassen (KRW08073)	A-4
A.5 Lekken dichten in nutriënten kringlopen (KRW08091)	A-6

1 Inleiding

1.1 KRW-Verkenner

De KRW-Verkenner is een analyse instrument voor het doorrekenen van KRW maatregelen. Het geeft de gebruikers inzicht in de effectiviteit van maatregelen en maatregelpakketten in relatie tot de KRW-doelstellingen. Het bevat een waterbalans, een stoffenbalans en een ecologie module voor regionale wateren en Rijkswateren (Figuur 1.1). Maatregelen kunnen genomen worden met betrekking tot emissies van stoffen, bijvoorbeeld een extra zuiveringsstap bij RWZI's, of op de ecologie, bijvoorbeeld door het hermeanderen van een



beek. De KRW-Verkenner rekt met oppervlaktewatereenheden (bijvoorbeeld KRW-waterlichamen of delen daarvan) en afwateringsgebieden.

Nutriënt reducerende maatregelen kunnen op diffuse bronnen genomen worden (zoals landbouw emissies) en/of op puntbronnen (bijvoorbeeld RWZI's). Maatregelen op diffuse bronnen worden direct op afwateringseenheden gedefinieerd en maatregelen op puntbronnen worden op oppervlaktewatereenheden gedefinieerd.

Figuur 1.1. Overzicht van processen in de KRW-Verkenner

1.2 Innovatief scenario

In het kader van Kennis Moet Stromen zijn in het voorjaar van 2011 interviews ('spreekuren') gehouden met een aantal projectleiders van landbouw IP/KRW projecten. Een van de doelen van deze interviews was om een inventarisatie te maken van de mogelijkheid om de maatregelen uit de IP/KRW projecten te gebruiken voor een 'innovatief scenario' in een landelijke pilot toepassing met de KRW-Verkenner. Het doel van dit scenario is het berekenen van de effecten van deze maatregelen op een nationale schaal. Het scenario is toegepast als extra stap op het voorgenomen SGBP maatregelpakket van 2015 - 2021.

Om het totale rendement van de innovatieve maatregelen te berekenen moet er informatie beschikbaar zijn over het zuiveringsrendement van de maatregel, het percentage van de uit- of afspoeling van stikstof of fosfaat dat door de maatregel opgevangen wordt, het toepassingsgebied van de maatregel en een inschatting van een realistisch percentage van toepassing door boeren. In het najaar van 2011 is een inventarisatie gemaakt van deze getallen. Van de volgende maatregelen was voldoende data beschikbaar om een berekening te maken van de effecten:

- Terugdringing fosfaatafspoeling boerenland (KRW08035)
- Puridrain (KRW08050)
- Dieper wortelen, beter benutten, minder verliezen (KRW08069)
- Lekken dichten in nutriënten kringlopen (KRW08091)
- Inzet stikstof vanggewassen (KRW08073)

Bovenstaande maatregelen zijn opgenomen in het innovatieve scenario. In Bijlage I staat extra informatie over de maatregelen.

1.3 Landelijke pilot

Om de KRW-Verkenner te testen is in 2011 een pilot opgestart waarin een toepassing wordt gemaakt van heel Nederland voor het doorrekenen van stikstof en fosfaat. Het doel van deze pilot is expliciet het testen van de KRW-Verkenner. Onvolkomenheden zijn op basis van prioriteit opgelost binnen de pilot of worden opgelost in een volgende release van de KRW-Verkenner. Het innovatieve scenario maakt gebruik van de schematisatie en de water- en stoffenbalans die in de pilot zijn ontwikkeld.

Voor de pilot is een landelijke schematisatie gemaakt van alle oppervlaktewateren in Nederland. Voor de hoofdwateren is uitgegaan van het Distributiemodel (DM) van het NHI. Deze omvat Rijkswateren en de grotere boezemsystemen. Voor het schematiseren van de regionale wateren is gebruik gemaakt van de kaart met KRW-waterlichamen en de NHI-Mozart schematisatie. De regionale wateren zijn gerepresenteerd door oppervlaktewaterseenheden binnen een LSW (Local Surface Water) gebied. De LSW-gebieden zelf fungeren als afwateringsgebieden (Groot *et al.*, 2012).

De waterbeweging is afgeleid van beschikbare informatie van NHI aangevuld met de benodigde koppeling- en routing tabellen. De emissies van stoffen zijn gebaseerd op de EmissieRegistratie. Hierin is onderscheid gemaakt tussen individuele bronnen (RWZI's en bedrijven) en diffuse bronnen (STONE en overige diffuse bronnen zoals atmosferische depositie). Voor meer informatie over de landelijke pilot wordt verwezen naar de rapportage van Van den Roovaart (2012).

1.4 Doel

Het doel van dit project is een verkenning naar de mogelijke bijdrage van een aantal innovatieve landbouwmaatregelen bovenop het SGBP pakket aan de nutriënten reductie in het Nederlandse oppervlaktewater.

2 Scenario`s

Er zijn verschillende scenario`s doorgerekend.

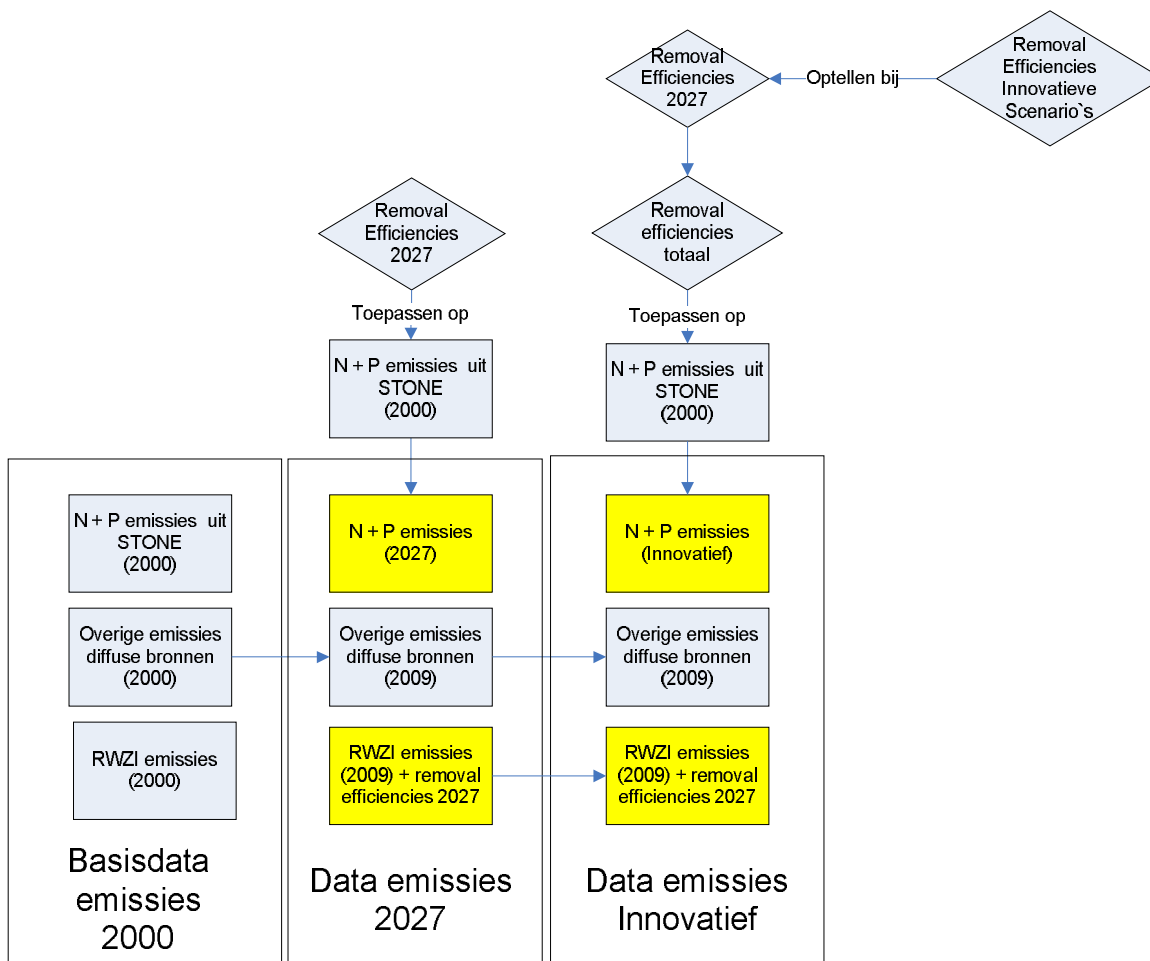
- 1 Referentiejaar 2000
- 2 SGBP pakket 2027
- 3 SGBP pakket 2027 + KRW08035
- 4 SGBP pakket 2027 + KRW08050
- 5 SGBP pakket 2027 + KRW08069
- 6 SGBP pakket 2027 + KRW08091
- 7 SGBP pakket 2027 + KRW08073 (

2.1 Referentiejaar

Het referentiejaar 2000 is gekozen omdat dit jaar gebruikt is als referentiejaar voor de opzet van de landelijke pilot. Door dit jaar te gebruiken kunnen resultaten van de landelijke pilot en de innovatieve scenario`s achteraf beter vergeleken worden.

2.2 SGBP pakket 2027

Het maatregelenpakket voor 2027 bevat de effecten van KRW-maatregelen zoals beschreven in de tweede fase stroomgebied beheerplannen van 2015 tot 2027. Deze data bestaat uit emissie reducties van N en P per RWZI waarbij de emissies uit 2009 zijn gebruikt met daarop een zuiveringspercentage volgens de berekeningen van het jaar 2027. Tevens zijn emissiereducties van N en P van diffuse bronnen berekend met 2027 scenario`s in STONE (Ligtvoet *et al.*, 2008). De berekende emissie reducties zijn als fractie aangeleverd en vermenigvuldigd met 100 om een reductiepercentage te krijgen. Om met STONE emissies uit 2027 te rekenen wordt het reductiepercentage uit 2027 toegepast op STONE gegevens uit het referentiejaar 2000. De reductiepercentages van 2027 op STONE gegevens zijn berekend door het verschil tussen de situatie VOOR maatregelen en de situatie NA maatregelen. Dus de emissies waarop de reducties toegepast worden zijn jaar onafhankelijk, zolang er nog geen maatregelen uit zijn gevoerd (pers. comm. F. van Gaalen, PBL). Effecten op overige puntbronnen (bedrijven) en diffuse bronnen zoals atmosferische stikstof depositie zijn niet meegenomen in de berekeningen voor 2027. Dit kan in sommige gevallen een onderschatting opleveren van de effecten. De overige emissies van diffuse bronnen zijn overgenomen uit het jaar waarvan de meest actuele emissies beschikbaar zijn (2009). De waterbalans en de grensoverschrijdende stofvrachten zijn overgenomen uit het referentiejaar 2000. In Figuur 2.1 staat een overzicht van de emissiedata die zijn gebruikt als invoer voor de scenario berekeningen.



Figuur 2.1. Overzicht van samenstelling van de emissiedata van de innovatieve scenario's

2.3 Innovatieve scenario's

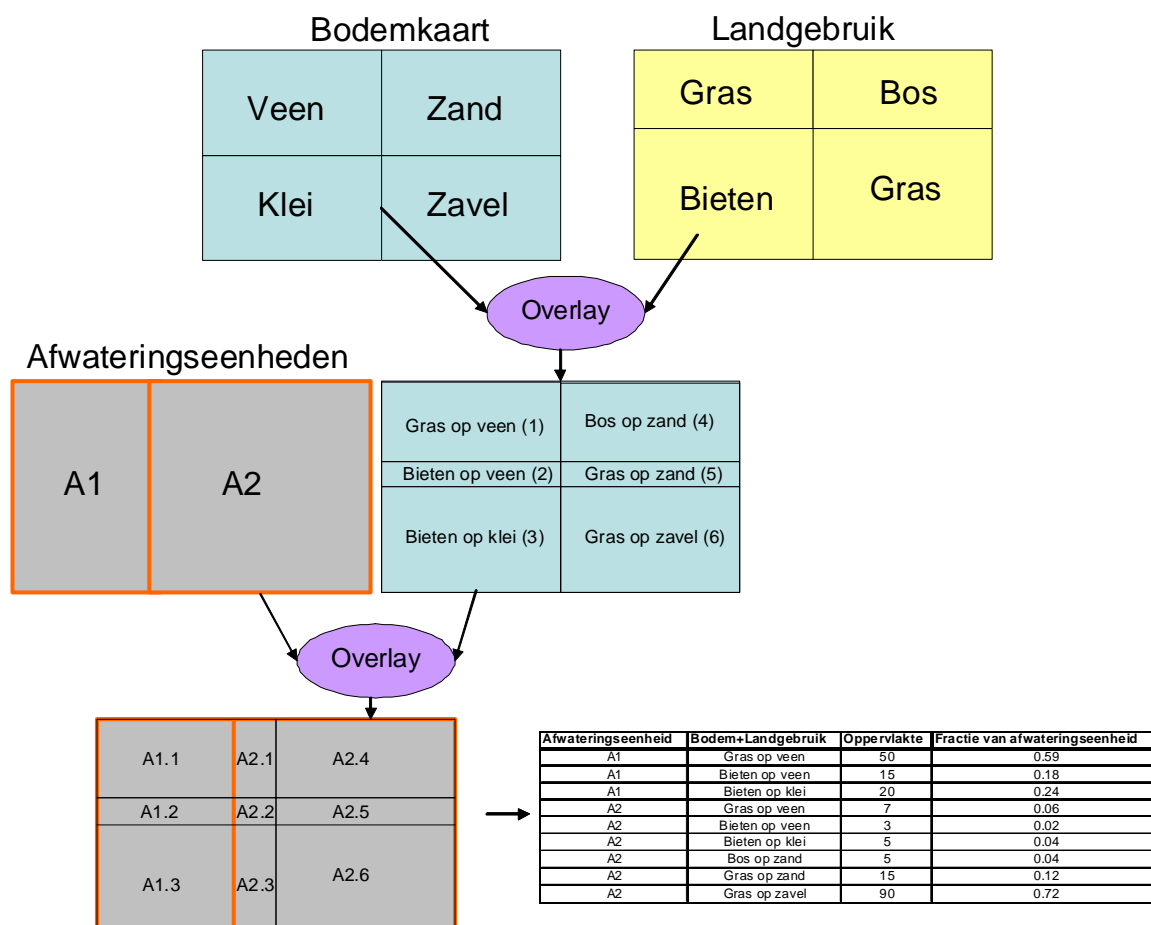
De overige scenario's (3 t/m 7) bevatten elk de effecten van een innovatieve maatregel bovenop het SGBP pakket van 2027. De emissie reducties van de STONE berekeningen uit 2027 (in percentages) zijn opgeteld bij het percentage emissiereductie zoals die berekend zijn per innovatief scenario. Vervolgens zijn de emissie reducties toegepast op de STONE emissiedata uit het referentiejaar 2000. De overige diffuse bronnen en emissies van RWZI's zijn overgenomen uit het SGBP 2027 scenario (Figuur 2.1). De berekening van de reductiepercentages van de innovatieve maatregelen is beschreven in hoofdstuk 3.

3 Berekening emissiereducties

Om de emissie reducties voor de innovatieve maatregelen te berekenen per afwateringseenheid zijn fracties berekend van het toepassingsgebied van de innovatieve maatregelen per afwateringseenheid (LSW) in de KRW-Verkenner. Vervolgens zijn deze fracties vermenigvuldigd met de rendementen van de maatregelen.

3.1 Selectie toepassingsgebieden

Om de fracties van de maatregelen te kunnen berekenen per afwateringseenheid is geografisch gekeken waar de toepassingsgebieden van de maatregelen zich bevinden. De toepassingsgebieden zijn geselecteerd aan de hand van een combinatie van een landgebruiktype en een bodemtype. Door de kaart met afwateringsgebieden van de KRW-Verkenner over de toepassingsgebieden te leggen, zijn de toepassingsgebieden verdeeld over de KRW-Verkenner eenheden (Figuur 3.1). Aan de hand van de oppervlakte die een toepassingsgebied van een maatregel inneemt in een afwateringseenheid is de fractie van bedekking berekend.



Figuur 3.1. Illustratie van een geografische overlay van landgebruik, bodem en afwateringseenheden voor het berekenen van fracties van het toepassingsgebied van een maatregel die vallen in een afwateringseenheid.

De geografische bewerkingen zijn uitgevoerd met ArcGIS (Esri, 2009). Als basisbestanden voor de GIS berekeningen zijn de volgende invoerkaarten gebruikt:

- Landgebruik kaart van Nederland in raster formaat met een resolutie van 25x25 meter (Lgn5).
- Bodemkaart van Nederland in polygoon formaat (Bodkrt50.shp).
- Kaart met alle afwateringsgebieden die de KRW-Verkenner gebruikt als rekeneenheden (KrwLdS_Basins_004_zonderDW0.shp). Er worden afwateringsgebieden gebruikt omdat diffuse bronnen zoals de maatregelen die in dit project zijn onderzocht, hierop aangrijpen.

De volgende acties zijn uitgevoerd met GIS.

1. Conversie van lgn5 rasterkaart naar polygoon op basis van het attribuut 'Class-names'.
2. Dissolve van de landgebruik kaart op field 'Class names'. Deze actie is uitgevoerd om de kaart handelbaar te maken voor vervolgacties.
3. Dissolve van de bodemkaart op field 'Tekst'. Deze actie is uitgevoerd om de kaart handelbaar te maken voor vervolgacties.
4. Intersect van bodemkaart en lgn kaart tot 'bodem_lgn.shp'. Met deze actie wordt een overlay gemaakt van de bodemkaart en de lgn-kaart zodat er bodem-lgn combinaties ontstaan.
5. Coördinaten stelsel ingesteld op Rijksdriehoek Stelsel. De lgn-kaart en de bodemkaart hebben geen coördinatenstelsels. Om een overlay te maken met de KRW-Verkenner kaart moeten de coördinatenstelsels van alle kaarten gelijk zijn.
6. Selectie relevante landgebruiktypen tot bodem_lgn _selectie.shp. De volgende attributes zijn geselecteerd uit 'Class_Names': veenweidegebied, aardappelen, bieten, bollen, granen, gras, mais en overige landbouwgewassen. Dit is om de kaart handelbaar te maken voor vervolgacties.
7. Inverse selectie van stap 5, export als bodem_lgn_reverse_selectie.shp. Dit is een voorbereiding stap voor de dissolve in stap 8.
8. Dissolve van bodem_lgn_reverse_selectie.shp op 'Class Name' tot bodem_lgn_reverse_selectie_D.shp. Deze actie is uitgevoerd om de kaart handelbaar te maken voor vervolgacties.
9. Aanmaken nieuwe kolom in attribuut tabel van bodem_lgn_reverse_selectie_D.shp met de naam 'Tekst' (bodemtypen) en gevuld met een type attribuut.
10. Merge van bodem_lgn_reverse_selectie_D.shp en bodem_lgn _selectie.shp tot merge_bodem_lgn_selectie.shp. De kaarten worden weer samengevoegd tot een kaart met lgn-bodem combinaties. Er zijn nu verschillende dissolve stappen uitgevoerd in de attributes die niet relevant zijn zodat de kaart aanzienlijk kleiner is geworden en beter bewerkt kan worden.
11. Intersect van merge_bodem_lgn_selectie.shp en KrwLdS_Basins_004_zonderDW0.shp tot merge_bodem_lgn_selectie_intersect.shp. Overlay van de lgn-bodem kaart met de KRW-Verkenner kaart. Nu is te zien welke lgn-bodem combinaties er in welke KRW-Verkenner eenheid vallen.
12. Berekenen van oppervlakten per polygoon in de kolom 'SHAPE_AREA'. Oppervlakten zijn noodzakelijk voor het berekenen van de lgn-bodem fracties per KRW-Verkenner eenheid.
13. Export van tabel als *.csv-file voor post processing.

3.2 Berekening Ign-bodem fracties

De geëxporteerde *.csv file met daarin combinaties van bodemtypen, Ign-typen, afwateringseenheden en oppervlakten is geïmporteerd in R (R Development Core Team, 2012). In R zijn verschillende databewerkingen uitgevoerd.

- 1 Reclassificeren van de bodemtype kaart in 5 klassen. De maatregelen die behandeld worden zijn van toepassing op de bodemtypen 'Zand', 'Klei', 'Veen', en/of 'Zavel'. Om de lijst overzichtelijk te houden is de bodemkaart ingedeeld in 5 klassen met de vier bovengenoemde bodemtypen en een bodemtype 'Overige' waar alle andere bodemtypen in vallen. Op basis van het voorkomen van de naam van één van de bodemtypen is een bodemtype toegekend. In sommige gevallen komen meerdere bodemtypen voor in de naam (bijvoorbeeld klei en zavel, of veen en klei). In deze gevallen is de volgende prioritering gehanteerd (1 is de hoogste prioriteit). Zand = 1, Klei = 2, Veen = 3, Zavel = 4. In Tabel 3.1 staat de nieuwe indeling in bodemtype en landgebruik na de aggregatiestap.
- 2 Berekenen van de oppervlakten van unieke bodem-Ign combinaties per afwateringseenheid. Per afwateringseenheid is de oppervlakte van de unieke Ign-bodem typen gesommeerd.
- 3 Berekenen fracties van Ign-bodem combinaties per maatregel. Per maatregel is de oppervlakte van de toepassingsgebieden per afwateringseenheid gesommeerd. De fracties zijn berekend door de gesommeerde oppervlakten te delen door de totale oppervlakte van alle landbouwgebieden per afwateringseenheid. Er is gekozen om te delen door de totale oppervlakte van landbouwgebieden omdat ervan is uitgegaan dat er geen landbouw emissies plaatsvinden in de overige delen van de afwateringseenheid.
- 4 Validatie fracties .Om te checken of een KRW-Verkenner eenheid volledig gedekt is met Ign-bodem combinaties is gecheckt of alle fracties binnen de KRW-Verkenner eenheden optellen tot 1. In de meeste gevallen dekken alle Ign-bodem combinaties de afwateringseenheid volledig. In een aantal gevallen wordt de afwateringseenheid niet volledig gedekt door de Ign-bodem combinaties. Dit wordt deels gecompenseerd doordat niet de totale oppervlakte van de afwateringseenheid wordt gebruikt, maar alleen de oppervlakte van de landbouwgebieden. Er wordt verwacht dat in de overige gevallen de effecten op de nutriënt concentraties in het oppervlaktewater gering zijn.

Tabel 3.1. Indeling van het toepassingsgebied van de maatregelen

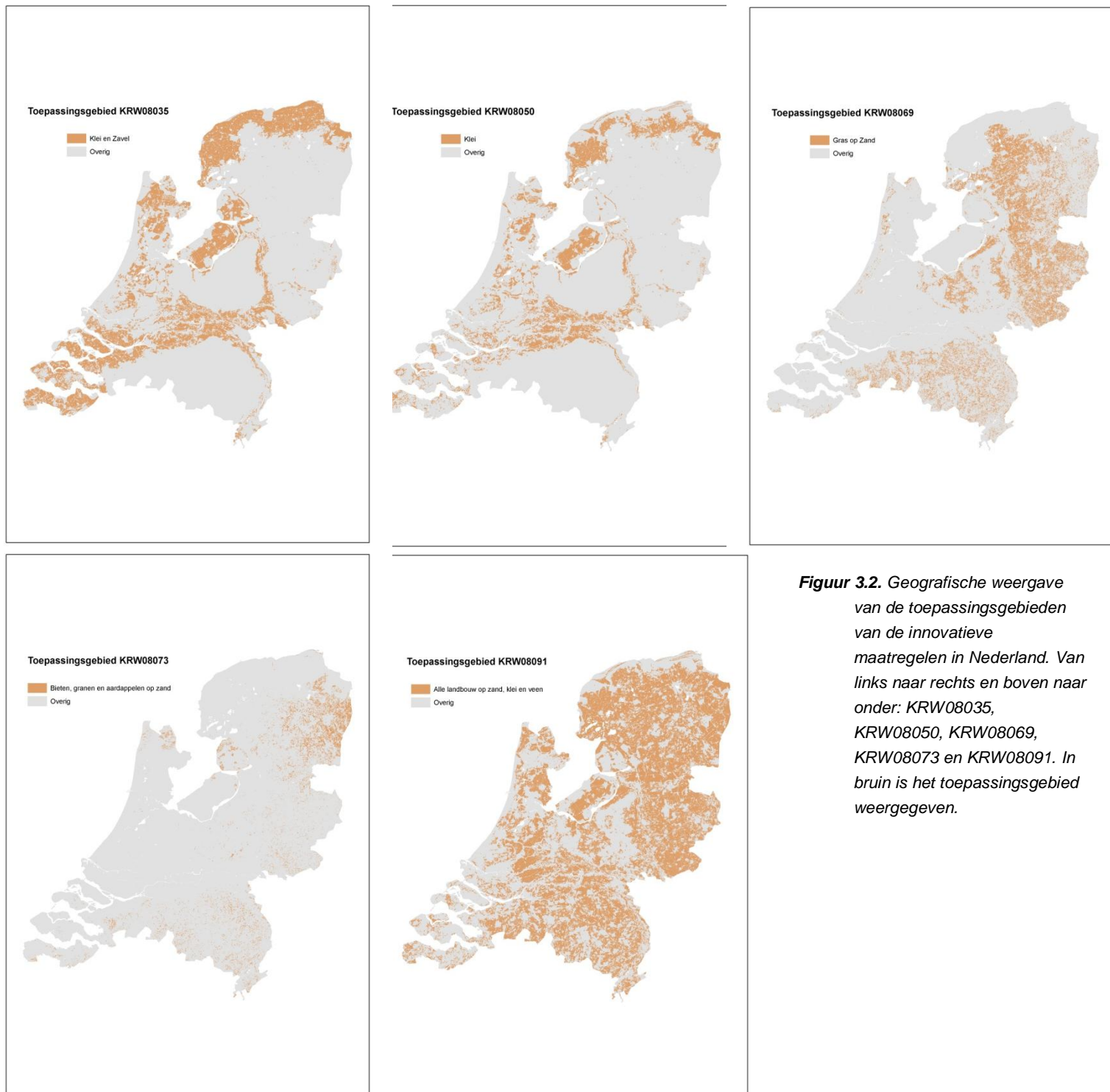
Maatregelcode	Stof	Toepassingsgebied	Selectie toepassingsgebied
KRW08035	Fosfaat	Akkerbouw op klei en zavel	Alles op bodemtype klei en zavel
KRW08050	Stikstof	Akkerbouw op klei	Alles op bodemtype klei
KRW08069	Stikstof	Grasland op zand	Gras op zand
KRW08091	Fosfaat	Gras op klei Mais op klei Bouwland overig op klei Gras op veen Mais op veen Bouwland overig op veen Gras op zand Mais op zand Bouwland overig op zand	Gras op klei Mais op klei Alles behalve mais en gras op Klei Gras op veen Mais op veen Alles behalve mais en gras op Veen Gras op zand Mais op Zand Alles behalve mais en gras op zand
KRW08073	Stikstof	Aardappel op zand Tarwe op zand* Haver op zand** Suikerbiet op zand***	Aardappelen op zand Granen op zand Granen op zand Bieten op zand

* Er wordt geen onderscheid gemaakt in de lgn kaart op tarwe

** Er wordt geen onderscheid gemaakt in de lgn kaart op haver

*** Er wordt geen onderscheid gemaakt in de lgn kaart op suikerbieten

Figuur 3.2 geeft per maatregel weer waar de toepassingsgebieden van de innovatieve maatregelen liggen in Nederland.



Figuur 3.2. Geografische weergave van de toepassingsgebieden van de innovatieve maatregelen in Nederland. Van links naar rechts en boven naar onder: KRW08035, KRW08050, KRW08069, KRW08073 en KRW08091. In bruin is het toepassingsgebied weergegeven.

3.3 Berekenen rendementen

Voor het berekenen van de rendementen van de maatregelen zijn verschillende getallen nodig:

1. Zuiveringsrendement van de maatregel (Z).
2. Percentage dat door de maatregel wordt opgevangen (M). In dit percentage zit het percentage dat effectief door de maatregel heen gaat (als bijvoorbeeld 50% van een akker bedekt is met ijzerzakken, is dit getal 50%) en de fractie van uitspoeling en afspoeling op verschillende bodemtypen (Tabel 3.2). Als bijvoorbeeld 100% van de afspoeling van fosfaat op zandgrond wordt tegengehouden door een maatregel (een akker is bijvoorbeeld voor 100% bedekt met ijzerzakken), dan wordt in totaal (de emissies van uitspoeling en afspoeling opgeteld) 88.9% van de emissie tegengehouden (11.1 % van de emissie gaat het oppervlaktewater in door uitspoeling en wordt dus niet door de maatregel opgevangen).
3. Realistisch toepassingspercentage door boeren (T). Dit is een inschatting van het percentage boeren dat de maatregel daadwerkelijk gaat toepassen. Dit is vaak moeilijk te schatten. Daarom is voor alle maatregelen een aanname gedaan voor een toepassingspercentage van 50%.
4. Fractie van toepassingsgebied. Dit zijn de lgn-bodem fracties die berekend zijn per afwateringseenheid (stap 3 in de paragraaf 'Berekening lgn-bodem fracties').

Tabel 3.2. Percentages uitspoeling en afspoeling van stikstof en fosfor op verschillende grondtypen

Nutriënt op grondtype	Afspoeling (%)	Uitspoeling (%)
Stikstof op zand	16.4	83.6
Stikstof op veen	14.3	85.7
Stikstof op klei	70.5	29.5
Fosfor op zand	88.9	11.1
Fosfor op veen	31.6	68.4
Fosfor op klei	75.0	25.0

Overgenomen uit Van de Weerd & Torenbeek (2007)

Het totale zuiveringsrendement (stap 1 t/m 3) wordt berekend met Formule 3.1.

$$\text{Totaal rendement} = 1 - (1 - T) + (T - (M * T)) + ((M * T) - (Z * M * T)) * 100\%$$

Formule 3.1. Berekening rendement van een maatregel in %

Waarin,

Z = Zuiveringsrendement

M = Percentage emissie dat door de maatregel wordt opgevangen

T = Realistisch percentage toepassing door boeren

Tabel 3.3 bevat een overzicht van de getallen die per maatregel zijn gebruikt voor het berekenen van het totaal rendement. Een gedetailleerde uitleg bij deze getallen is te vinden in Bijlage I.

Tabel 3.3 Overzicht van getallen om het rendement te berekenen van de maatregelen

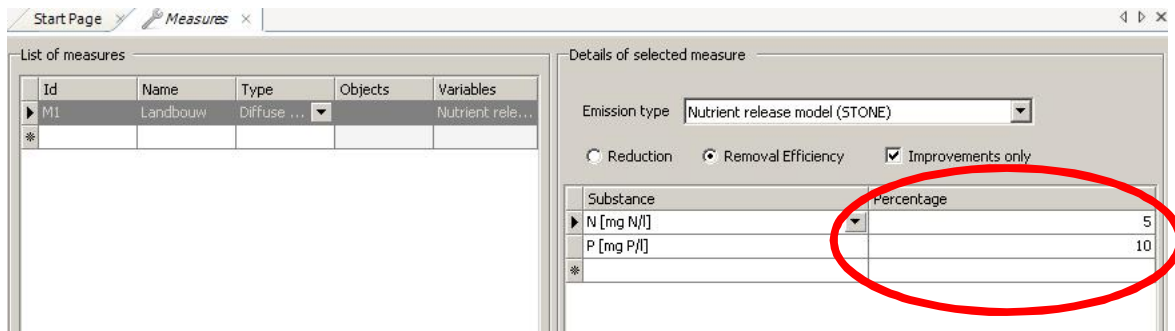
Maatregel-code	Toepassings-gebied	Zuiverings Rendement (Z)	Opvang door maatregel (M)	Toepassing (T)	Totaal rendement (%)
KRW08035	Alles op bodemtype klei en zavel	65	70	50	22.8
KRW08050	Alles op bodemtype klei	80	29.5	50	11.8
KRW08069	Gras op zand	7.5	83.6	50	3.2
KRW08091	Gras op klei	94	15	50	7.0
	Mais op klei	94	12	50	5.6
	Alles behalve mais en gras op klei	94	19	50	8.9
	Gras op veen	94	43	50	19.7
	Mais op veen	94	21	50	9.9
	Alles behalve mais en gras op veen	94	21	50	9.9
	Gras op zand	94	0.8	50	0.4
	Mais op zand	94	0.8	50	0.4
	Alles behalve mais en gras op zand	94	2	50	0.9
KRW08073	Aardappelen op zand	55	83.6	50	22.9
	Granen op zand*	48.5	83.6	50	22.5
	Granen op zand*	59	83.6	50	
	Bieten op zand	40	83.6	50	16.7

* Tarwe en haver zijn niet apart gekarteerd in de Ijn kaart, daarom wordt dit als granen beschouwd. De resulterende rendementen van deze maatregel zijn gemiddeld.

3.4 Berekenen removal efficiëncies

Maatregelen op emissies kunnen in de KRW-Verkenner ingevoerd worden door een 'removal efficiency' op te geven (Figuur 3.3). Dit is een reductie percentage van een emissie. Voor alle innovatieve maatregelen kan een removal efficiency berekend worden per afwateringseenheid door het totaal rendement berekend met Formule 3.1 te vermenigvuldigen met de fractie van het toepassingsgebied van de maatregel. Hierbij is rekening gehouden met het type emissie waar de maatregel op gericht is (N of P). Deze bewerking is uitgevoerd in R (R Development Core Team, 2012). Vervolgens zijn deze removal efficiëncies verwerkt in een invoer file. Per scenario is een invoerfile gemaakt. Het voordeel van het gebruiken van een invoerfile is dat alle reductiepercentages per afwateringseenheid in één keer ingelezen kunnen worden in de KRW-Verkenner.

Figuur 3.3. Invullen van Removal Efficiency als reductie percentage van een emissie in de KRW-Verkenner. Met een invoerfile gebeurt dit automatisch.



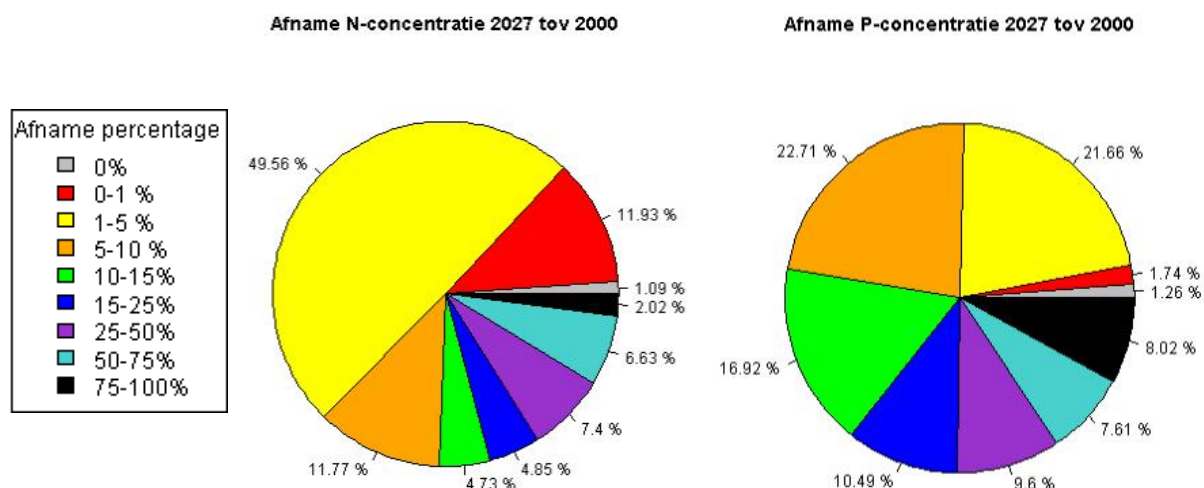
4 Resultaten

4.1 Validatie landelijke toepassing

Door Alterra zijn met de KRW-Verkenner validaties uitgevoerd voor de landelijke toepassing van de jaren 1996 tot en met 2006. Uit deze berekeningen komt naar voren dat de berekende concentraties per kwartaal lager uitvallen dan de kwartaalgemiddelde gemeten concentraties (van den Roovaart et al, 2012). Dit heeft te maken met de onzekerheden in debieten en emissies die zorgen voor een 'mismatch' tussen de gemeten en berekende concentraties. De berekende concentraties hebben echter over de gehele linie hetzelfde niveau. Er kan dus wel gekeken worden naar verschillen in de berekende concentraties tussen de scenario's. Om die reden zijn de resultaten uitgedrukt als relatieve verschillen. De relatieve verschillen zijn weergegeven in categorieën op basis van percentage verlagingen van de scenario's ten opzichte van het referentiescenario. Voor het SGBP 2027 scenario is het referentiejaar het jaar 2000. Voor de innovatieve scenario's is gekeken naar de verschillen ten opzichte van het SGBP 2027 scenario om naar de toegevoegde waarde van de scenario's bovenop de geplande maatregelen te kijken.

4.2 SGBP 2027 versus referentiejaar 2000

In Figuur 4.1 staan de resultaten weergegeven van de afname van N en P concentraties van het SGBP 2027 scenario ten opzichte van het referentiejaar 2000. De kleuren van het taartdiagram geven de categorieën van reductie weer. De percentages in het taartdiagram geven aan voor hoeveel procent van de oppvlaktewatereenheden deze reductie geldt. Als bijvoorbeeld 50% van het taartdiagram geel is, betekent dit dat de concentratie in 50% van de oppvlaktewatereenheden 1-5% is gedaald.

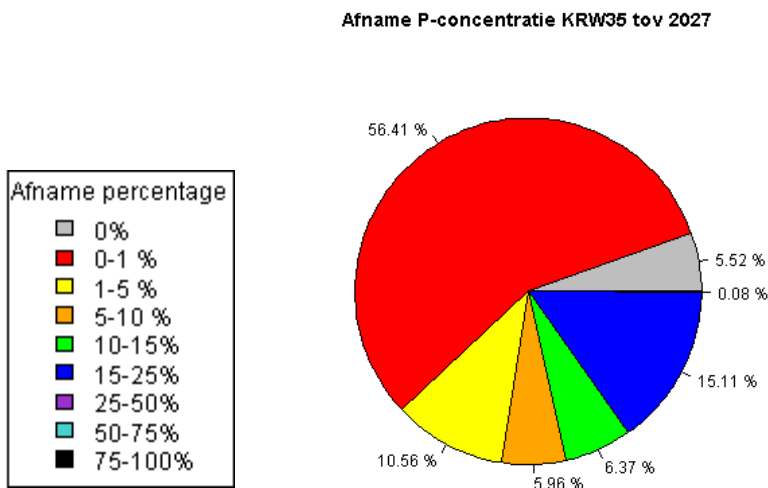


Figuur 4.1. In de figuren staat de relatieve afname van de N en P concentraties van het SGBP 2027 scenario ten opzichte van het referentiejaar 2000. In de legenda is de categorie van afname weergegeven. De percentages bij het taartdiagram geven aan in hoeveel procent van het waterlichaam een bepaalde afname categorie van toepassing is.

4.3 Innovatieve maatregelen versus SGBP 2027

KRW08035

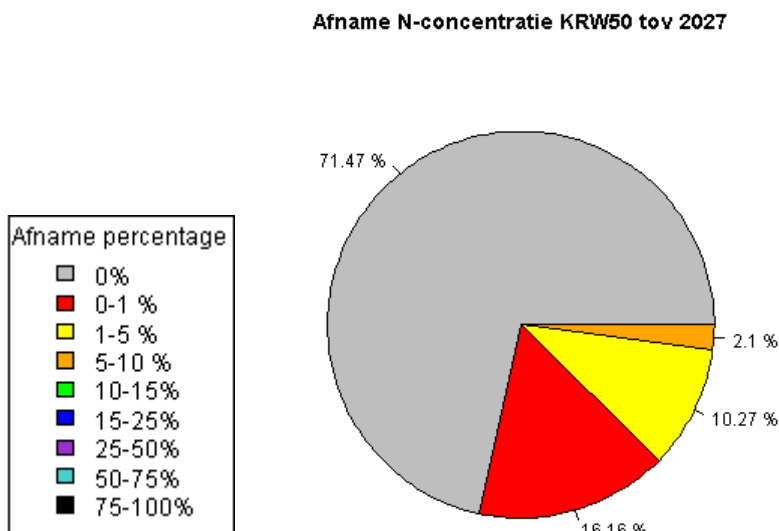
Figuur 4.2 geeft de afname van fosfaat in de oppervlaktewateren weer na het uitvoeren van maatregel KRW08035. De afname van de fosfaat concentratie in het oppervlaktewater zit bij de meeste oppervlaktewateren tussen de 0 en 1%. De grootste reductie categorie is 25%.



Figuur 4.2. De afname van fosfaat ten opzichte van het SGBP 2027 scenario voor de innovatieve maatregel KRW08035.

KRW08050

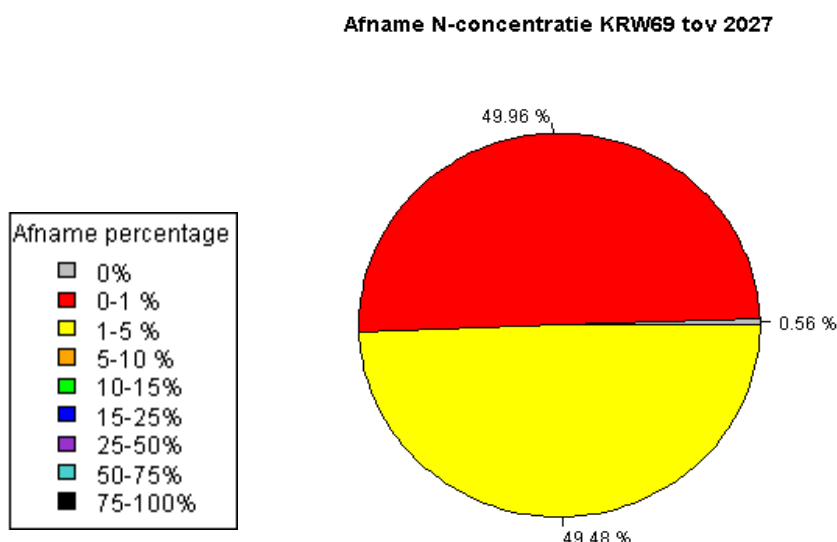
Figuur 4.3 geeft de afname van stikstof in de oppervlaktewateren weer na het uitvoeren van maatregel KRW08050. Bij de meeste oppervlaktewateren is geen afname in stikstofconcentratie te zien. De grootste categorie waar wel een afname te zien is, geeft een afname van 0 tot 1%. De grootste reductie categorie is 10%.



Figuur 4.3. De afname van stikstof ten opzichte van het SGBP 2027 scenario voor de innovatieve maatregel KRW08050.

KRW08069

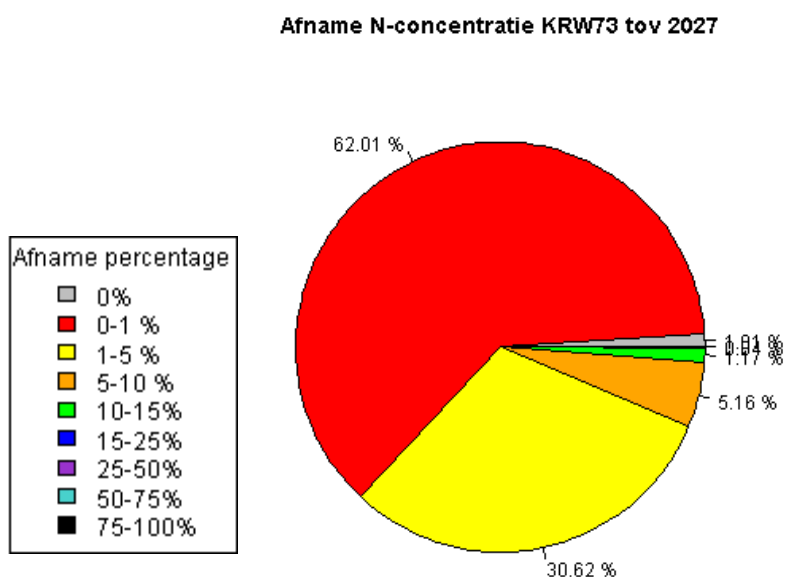
Figuur 4.4 geeft de afname van stikstof in de oppervlaktewateren weer na het uitvoeren van maatregel KRW08069. De afname van de stikstof concentratie in het oppervlaktewater zit bij de meeste oppervlaktewateren tussen de 0 en de 1 %. De grootste reductie categorie is 5%.



Figuur 4.4. De afname van stikstof ten opzichte van het SGBP 2027 scenario voor de innovatieve maatregel KRW08069.

KRW08073

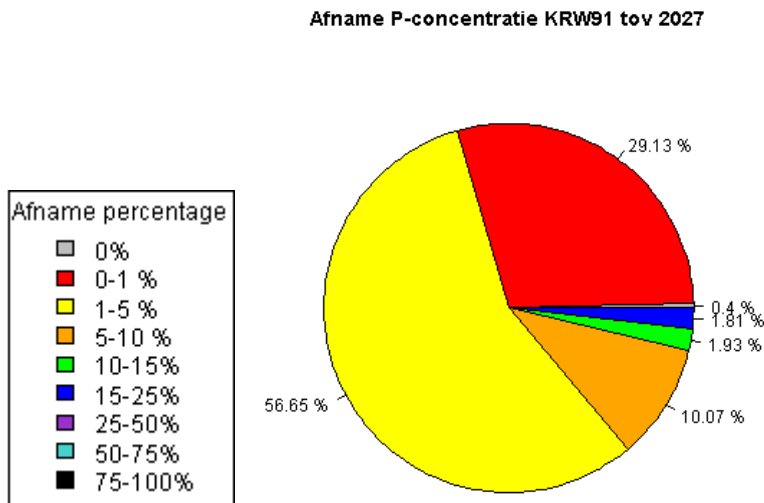
Figuur 4.5 geeft de afname van stikstof in de oppervlaktewateren weer na het uitvoeren van maatregel KRW08073. De afname van de stikstof concentratie in het oppervlaktewater zit bij de meeste oppervlaktewateren tussen de 0 en de 1 %. De grootste reductie categorie is 15%.



Figuur 4.5. De afname van stikstof ten opzichte van het SGBP 2027 scenario voor de innovatieve maatregel KRW08073.

KRW08091

Figuur 4.6 geeft de afname van fosfaat in de oppervlaktewateren na het uitvoeren van maatregel KRW08091. De afname van de fosfaat concentratie in het oppervlaktewater zit bij de meeste oppervlaktewateren tussen de 1 en de 5 %. De grootste reductie categorie is 25%.



Figuur 4.6.

De afname van fosfaat ten opzichte van het SGBP 2027 scenario voor de innovatieve maatregel KRW08091.

5 Conclusie & discussie

Het doel van dit project is een verkenning naar de mogelijke bijdrage van een aantal innovatieve landbouwmaatregelen bovenop het SGBP pakket aan de nutriënten reductie in het Nederlandse oppervlaktewater.

5.1 Algemene conclusies

Uit de resultaten komt naar voren dat de innovatieve maatregelen op landelijke schaal een klein effect hebben bovenop het SGBP pakket van 2027. De grootste afnamecategorie ligt tussen de 0 en de 1%. Hierbij moet wel benadrukt worden dat de effecten op lokale schaal wel degelijk groot kunnen zijn. Voor de maatregel 'terugdringen fosfaatafspoeling boerenland' (KRW08035) is in 374 oppervlaktewateren een fosfaat afname van 15-25% berekend. Voor de maatregel 'lekken dichten in nutriënten kringlopen' (KRW08091) is in 45 oppervlaktewateren een fosfaatafname van 15-25% berekend. Bij KRW08073 (inzet stikstof vanggewassen) is in 29 oppervlaktewateren een stikstof afname van 10-15% berekend, voor KRW08050 (Puridrain) is in 52 oppervlaktewateren een stikstof afname berekend van 5-10% en voor KRW08069 (dieper wortelen) is in 1226 oppervlaktewateren een afname van 1-5% berekend.

De resultaten pleiten dus voor lokale toepassing van extra maatregelen op hotspots. Als ze gericht en gecombineerd toegepast worden kunnen ze een bijdrage leveren aan het behalen van de KRW-doelen. Hoe groot deze bijdrage is kan pas bepaald worden na het toepassen van de KRW-maatlatten op gevalideerde en gecalibreerde modeluitkomsten.

5.2 Toepassingsgebied en zuiveringsrendement

De effecten van de maatregelen gericht op fosfaat zijn groter dan de maatregelen gericht op stikstof. Dit is vooral omdat het areaal van de toepassingsgebieden van de maatregelen die op fosfaat aangrijpen groter is dan die bij stikstof. Ook de zuiveringspercentages bij de maatregelen gericht op fosfaat zijn groter (zie Figuur 3.2 en Tabel 3.3). Het toepassingsgebied van de maatregel is van groot belang bij de effectiviteit. Deze gebieden zijn uitgekozen aan de hand van de grondtypen waarop de experimenten zijn uitgevoerd om het zuiveringsrendement te bepalen. Uit de interviews met de IP/KRW projectleiders is echter naar voren gekomen dat veel maatregelen ook op andere grondsoorten toegepast zouden kunnen worden. Als het toepassingsgebied van een maatregel vergroot kan worden, zullen de landelijke effecten groter zijn. Naast het toepassingsgebied zijn de zuiveringsrendementen van de maatregelen van belang. Dit getal is opgebouwd uit het effectieve zuiveringspercentage, de route die afgesloten wordt (uitspoeling of afspoeling) en het percentage toepassing door boeren. Het effectieve zuiveringspercentage is experimenteel bepaald per maatregel. Hier geldt logischerwijs dat een groter zuiveringspercentage een groter effect heeft. Het percentage van uitspoeling of afspoeling dat door de maatregel opgevangen wordt, laat grote verschillen zien in combinatie met het grondtype (Tabel 3.2). Zo levert een maatregel die zich richt op uitspoeling van fosfor de grootste reductie op. Het getal voor het percentage boeren dat de maatregel realistisch gezien zou gaan toepassen heeft de grootste onzekerheid. Hier zijn weinig tot geen getallen van bekend. Daarom is er een grove schatting gemaakt van een toepassingspercentage van 50%. Om een breder beeld te krijgen van de implicatie van dit getal zal een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd moeten worden waarbij met meerdere percentages geëxperimenteerd wordt.

5.3 Jaren en gemiddelden

De KRW-Verkenner berekent de waterkwaliteit per kwartaal. Voor het berekenen van de reducties van de nutriënten zijn jaargemiddelde concentraties gebruikt. Er kunnen echter grote variaties in emissies en natuurlijke verwijderingsprocessen van stikstof optreden per seizoen. Daarom is het aan te raden om de effecten van de maatregelen per seizoen te bekijken.

5.4 Onzekerheden

De resultaten die in dit rapport gepresenteerd worden zijn nadrukkelijk een eerste inventarisatie van de potentiële effecten van de innovatieve maatregelen. Voor de berekeningen van de effecten van de innovatieve maatregelen is een eerste versie van de schematisatie en de water- en stoffenbalans gebruikt die is opgezet in het kader van de landelijke pilot van de KRW-Verkenner. Deze basisversie bevat alle benodigde componenten om een berekening te maken van de effecten van KRW-maatregelen. Er zullen echter nog verschillende validatie en calibratieslagen uitgevoerd.

In het SGBP scenario van 2027 zijn de effecten van het maatregelenpakket op emissies van RWZI's en STONE plots berekend. Hierbij ontbreken de effecten op overige emissies zoals bijvoorbeeld atmosferische depositie van stikstof. Deze waarden zijn in het model overgenomen van beschikbare getallen van meest recente situatie (2009). Toekomstige KRW-maatregelen kunnen wel degelijk invloed hebben op overige diffuse emissies. Daarom kan er in sommige gevallen een onderschatting gedaan worden van de effecten van de maatregelen. In dit project zijn de overige diffuse emissies niet van belang omdat alleen een vergelijking wordt gemaakt tussen SGBP 2027 en de innovatieve maatregelen. Omdat deze scenario's dezelfde basisdata bevatten, heeft dit geen invloed op de onderlinge vergelijking. Pas als in detail gekeken wordt naar het verschil tussen het referentiejaar 2000 en het jaar 2027 zou dit van belang zijn.

Omdat op dit moment de berekende getallen nog enigszins afwijken van de gemeten getallen zijn de concentraties niet uitgedrukt in KRW-doelcategorieën. Om een idee te krijgen van de bijdrage van de innovatieve maatregelen aan de KRW-doelen, is een nieuwe berekening nodig met een gevalideerd en gecalibreerde modeltoepassing inclusief de waterlichaam afhankelijke KRW-maatlat grenzen.

5.5 Aanbevelingen

Uit bovenstaande discussie komen een aantal aanbevelingen naar voren.

1. De effecten van de voorgestelde maatregelen zijn nu doorgerekend met een nog niet gevalideerde modeltoepassing. Resultaten kunnen verfijnd worden door de berekening opnieuw te doen met een gevalideerde en gecalibreerde modeltoepassing.
2. Om de effecten van seizoensvariatie te kunnen bekijken moeten de resultaten opgesplitst worden in perioden. Om de effecten op de maatlat per seizoen te bekijken moet het metric model van de KRW-Verkenner uitgebreid worden met een jaargemiddelde invoer en een invoer per seizoen (in plaats van het huidige zomergemiddelde).
3. De effecten van de maatregelen kunnen na validatie en calibratie uitgedrukt worden in KRW doelcategorieën om te bekijken hoeveel ze bijdragen aan het behalen van KRW-doelen.
4. Door combinaties van maatregelen lokaal toe te passen op hotspots kan het effect vergroot worden.

5. De effecten van de maatregelen kunnen vergroot worden als het toepassingsgebied vergroot wordt. Om de effecten hiervan door te kunnen rekenen moeten zuiveringsrendementen beschikbaar komen van de maatregelen op overige grondtypen.
6. Het getal voor toepassing van de maatregelen door boeren bevat een grote onzekerheid. Om een beeld te krijgen van de invloed van dit getal, is een gevoeligheids analyse nodig.

6 Referenties

- ESRI 2009. ArcGIS Desktop: Release 9.3. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Groot, S., van den Roovaart, J. Meijers, E., Smit, R., Cleij, P., van Gaalen, F. (2012). Landelijke pilot KRW-Verkenner. Tussenrapportage. 120516-001
- Ligtoet, W., Beugelink, G., Brink, C., Franken, F., Kragt, F. (2008). Kwaliteit voor later. Ex ante evaluatie Kaderrichtlijn Water. PBL publicatienummer 50014001/2008
- R Development Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Van den Roovaart, J.C. et al, (2012). Landelijke Pilot KRW-Verkenner, Effecten van beleidsscenario's op de nutriëntenkwaliteit, rapportnr 1206111-004-BGS-0002-r.
- Van der Molen, D. T. en R. Pot (2007). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water. 32-018 RWS-WD, STOWA.
- Van de Weerd, R., & Torenbeek, R. (2007). Uitspoeling van meststoffen uit grasland.

A Bijlage: Factsheets maatregelen

1. Terugdringing fosfaatafspoeling boerenland (KRW08035)
2. Puridrain (KRW08050)
3. Dieper wortelen, beter benutten, minder verliezen (KRW08069)
4. Inzet stikstof vanggewassen (KRW08073)
5. Lekken dichten in nutriënten kringlopen (KRW08091)

A.1 Terugdringing fosfaatafspoeling boerenland (KRW08035)

Algemeen

Bij deze maatregel wordt een emissie afname van fosfaat teweeg gebracht door het aanbrengen van ijzerzakken in greppels. De afspoeling van fosfaat vanuit landbouwgronden wordt zo tegengegaan.

Toepassingsgebied

Er zijn verschillende veldproeven uitgevoerd op graslanden op zware klei, graslanden op lichte klei en akkerbouw op lichte klei. Er zijn verschillende aannames gedaan bij de verschillende grondtypen. De maatregel is toepasbaar op klei en zavelgronden.

Rendement

De percentages van de rendementen van de maatregel staan in Tabel 1. Van de afspoeling wordt aangenomen dat 100% door de ijzerzakken heen gaat. In dit project is ook gekeken naar de hoeveelheid fosfaat die door middel van afspoeling in het oppervlaktewater terecht komt (afsluiting routes). Om het percentage dat door de maatregel afgedekt wordt uit te rekenen wordt dit percentage (een gemiddelde van verschillende veldexperimenten = 70%) vermenigvuldigd met het percentage van de uitspoeling dat door de ijzerzakken heengaat. Dit percentage wijkt af van de percentages in Tabel 3.2 omdat in deze tabel de gemiddelden zijn opgenomen en het getal dat hier gebruikt wordt gebaseerd is op veldmetingen. De experimenten zijn in de loop der tijd geoptimaliseerd. Daarom is er een range in het zuiveringsrendement (Z). Ingeschat wordt dat de maatregel nog verder geoptimaliseerd kan worden in de toekomst. Daarom wordt de maximaal gerapporteerde emissieafname als maat genomen voor de berekeningen (65%). Met Formule 3.1 is het totale rendement van de maatregel berekend.

Tabel 1. Rendement van de maatregel IJzerzakken

Bodemtype ^{*1}	Adoptie maatregel (T)	Afsluiting routes	Door maatregel	Door maatregel afgedekt (M)	Zuiverings Rendement (Z)	Totaal rendement
Klei en zavel	50%	70%	100%	70%	65%	22.8%

*1 De veldexperimenten op verschillende bodemtypen zijn samengenomen.

Validatie

In het onderzoek van Twist *et al*, 2011 is berekend wat de maatregel kan bijdragen aan de waterkwaliteit en het GEP. Dit is opgesplitst in 2 categorieën. De eerste categorie is regionale wateren waarin de landbouw 50% van de fosfaatbelasting veroorzaakt (hier wordt een afname van 0.21 mg/P/L naar 0.14-0.20 mg/L voorspeld) en de tweede categorie is regionale wateren in landbouwgebieden waarin landbouw 100% van de fosfaatbelasting veroorzaakt (hier wordt een afname van 0.21 mg/P/L naar 0.07-0.20 mg/L voorspeld). Voor de tweede categorie wordt verwacht dat de maatregel zeker kan bijdragen aan het behalen van de GEP (0.15 mg/P/L)

Referenties

Contactpersoon: Rijke van de Weerd (rikje.vandeweerd@arcadis.nl)

- Verslag interview Kennis moet stromen (in archief S. de Rijk, Deltares)
- Website Kennis moet stromen (<http://www.kennismoetstromen.nl/?e=10&w=aanpak-nutriëntenkringloop>)
- Telefonisch contact met R. van de Weerd
- Twist, L. van, Bloemerts, M., & Weerd, R. van de. (2011). Fosfaat afspoeling boerenland. Deelrapport: opschaling boerenmaatregelen ijzerzakken. Netherlands International Law Review (Vol. 10). doi: 10.1017/S0165070X00028540.

A.2 Puridrain (KRW08050)

Algemeen

Puridrain is erop gericht om fosfaat en nitraat te zuiveren uit drainwater. Er zijn verschillende typen maatregelen geselecteerd die in het laboratorium zijn getest en vervolgens zijn er een aantal veldproeven gedaan. De twee maatregelen die het meest geschikt bleken te zijn waren:

1. Nitraatverwijdering door middel van houtsnippers
2. Nitraatverwijdering door middel van een ethanol reactor

Toepassingsgebied

De maatregel kan worden toegepast op 'hotspots' voor N uitspoeling. Dit is met name in het intensieve akkerbouw gebied op klei.

Rendement

In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de percentages die nodig zijn om het uiteindelijke rendement te berekenen. Er is ingeschat dat de adoptie van de maatregel (T) ongeveer 10% bedraagt. In dit percentage is ook rekening gehouden met het percentage gebied waar drains liggen. Puridrain is de enige maatregel waarvan een realistische schatting van toepassing door boeren is gemaakt. Desondanks is toch gekozen om uit te gaan van het scenario van 50% omdat deze maatregel dan vergeleken kan worden met de andere maatregelen die ook uitgaan van dit percentage.

De maatregel beoogt alle drains van een boerenland af te sluiten. Dit betekent dat 100% van de afspoeling gezuiverd wordt. De afsluiting van de stikstoftransport route is 29.5% (zie Tabel 3.2). Het percentage dat afgedekt is door de maatregel (M) wordt dan 29.5%. Het zuiveringsrendement van de maatregelen zelf is in beide gevallen 80% (Z). Met Formule 3.1 is het totale rendement van de maatregel berekend.

Tabel 2. Rendementen van de maatregelen in 'Puridrain'

Bodemtype	Adoptie maatregel (T)	Afsluiting N route	Door maatregel	Door maatregel Afgedekt(M)	Zuiverings Rendement (Z)	Totaal rendement
Akkerbouw gebied	50%	29.5%	100%	29.5%	80%	11.8%

Referenties

Contactpersoon: Stefan Jansen (stefan.jansen@deltares.nl)

- Verslag interview Kennis moet stromen (in archief S. de Rijk, Deltares)

- Website Kennis Moet Stromen (<http://www.kennismoetstromen.nl/?e=13&w=aanpak-nutriëntenkringloop>)
- Factsheets (in archief Kennis Moet Stromen op de p-schijf, Deltares)

A.3 Dieper wortelen, beter benutten, minder verliezen (KRW08069)

Algemeen

Het doel van dit project was om te onderzoeken hoe een diepere beworteling van gras door N-bemesting uiteindelijk een betere stikstof benutting op zou leveren met als resultaat een verminderde belasting naar het oppervlaktewater.

Toepassingsgebied

De maatregel kan toegepast worden in alle gebieden met grasland. De veldproef is uitgevoerd op zandgrond.

Rendement

In Tabel 3 staat een overzicht van de rendementen van de maatregel. Het zuiveringsrendement van de maatregel (Z) is gemiddeld 7.5%. Omdat de maatregel direct gerelateerd is aan het mestbeleid wordt aangenomen dat 100% van een toepassingsgebied door de maatregel gedekt wordt. Omdat de veldproef uitgevoerd is op zandgrond wordt voor het scenario aangenomen dat de maatregel actief is op zandgrond. Dan is het percentage van de stikstof route die afgesloten wordt (uitspoeling) 83.6%. Het percentage dat afgedekt wordt door de maatregel is dan ook 83.6%. Met Formule 3.1 is het totale rendement van de maatregel berekend.

Tabel 3. Rendementen van de maatregel 'dieper wortelen, beter benutten, minder verliezen'

Bodentype	Adoptie maatregel (T)	Afsluiting N route	Door maatregel	Door maatregel afgedekt (M)	Zuiverings Rendement (Z)	Totaal rendement
Grasland	50%	83.6%	100%	83.6%	7.5%	3.2%

Referenties

Contactpersoon: Nick vanEekeren (n.vaneeekeren@louisbolk.nl)

- Website Kennis Moet Stromen (<http://www.kennismoetstromen.nl/?e=25&w=innovaties-in-bedrijfsvoering>)
- Eekeren, N.J.M. van, J.G.C. Deru, H. de Boer, B. Philipsen. 2011. Terug naar de graswortel: Een betere nutriëntenbenutting door een intensievere en diepere beworteling. Rapport 2011-023 LbD. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 32 p.

A.4 Inzet stikstof vanggewassen (KRW08073)

Algemeen

Het doel van dit project is om te onderzoeken welke typen vanggewassen geschikt zijn om stikstof tijdens de winter vast te houden en niet zorgen voor aaltjesvermeerdering op het perceel. Vanggewassen kunnen worden toegepast na de hoofdteelt om te voorkomen dat stikstof uitspoelt. Een vanggewas neemt idealiter stikstof op tijdens de winter en geeft dit na de winter weer terug aan het volggewas.

Toepassingsgebied

Deze maatregel is het meest rendabel op percelen waarbij de hoofdteelt relatief vroeg geoogst wordt. Op deze manier kan het vanggewas nog voldoende groeien en meer stikstof opnemen. Geschikte landgebruiktypen zijn graanteelt en sommige groentegewassen. De uiteindelijke rendementen van de vanggewassen zijn bepaald op zandgronden.

Rendement

Tabel 4 geeft een overzicht van de rendementen voor verschillende invanggewassen. Het percentage wat door de maatregel wordt afgedekt is voor het innovatieve scenario geschat op 100% omdat aangenomen wordt dat het vanggewas op het volledige perceel geplant wordt. De afsluiting van de N-route is gericht op uitspoeling op zandgronden (83.6%). Het percentage dat door de maatregel afgedekt wordt (M), is met dit percentage berekend. De vermindering van stikstofemissie in het project is 30 tot 50 kg zoals gegeven in het IP/KRW-project. Dit kan zonder bekende beginvrucht niet direct omgezet worden in een zuiveringsrendement. Om een realistische inschatting te maken van het zuiveringsrendement (Z) van de maatregel wordt daarom geput uit het artikel van (Vos & van der Putten, 2004) over zuiveringsrendementen van nitraat door vanggewassen. De nitraatflux is berekend in kg per ha voor verschillende hoofdteelten gevolgd door een vanggewas. Per hoofdgewas en vanggewas combinatie is een gemiddelde genomen en dat is in Tabel 4 als zuiveringsrendement weergegeven. De kanttekening moet gemaakt worden dat de rendementen bewerkelijk zijn omdat ze van meerdere factoren (zoals seizoen, tijdstip van planten, tijdstip van oogsten etc.) afhankelijk zijn. Met Formule 3.1 is het totale rendement van de maatregel berekend.

Tabel 4. Rendementen van verschillende vanggewassen

Bodemtype	Adoptie maatregel (T)	Afsluiting N route	Door maatregel	Door maatregel afgedekt (M)	Zuiverings Rendement (Z)	Totaal rendement
Aardappel/Rogge	50%	83.6%	100%	83.6%	55%	22.9%
Tarwe/Koolzaad	50%	83.6%	100%	83.6%	48.5%	20.3%
Haver/Koolzaad	50%	83.6%	100%	83.6%	59%	24.7%
Suikerbiet/Rogge	50%	83.6%	100%	83.6%	40%	16.7%

Referenties

Contactpersoon: Bert Smit (bert.smit@wur.nl)

- Kennis moet stromen website (<http://www.kennismoetstromen.nl/?e=26&w=aanpak-nutriëntenkringloop>).
- Telefonisch interview met B. Smit.
- Vos, J., & Putten, P. E. L. van der. (2004). Nutrient cycling in a cropping system with potato, spring wheat, sugar beet, oats and nitrogen catch crops. II. Effect of catch crops on nitrate leaching in autumn and winter. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 70(1), 23-31. doi: 10.1023/B:FRES.0000049358.24431.0d.

A.5 Lekken dichten in nutriënten kringlopen (KRW08091)

Algemeen

Het doel van dit project was om de effectiviteit van een met ijzerzand omhulde drain op de fosfaatverwijdering uit de bodem te bepalen. Om de drain wordt een laag kokosdoek aangebracht met daarop een laag ijzerzand. Het ijzerzand is een restproduct voor de productie van drinkwater, waarbij ijzer uit het water wordt onttrokken door binding aan grof zand. Dit 'ijzerzand' heeft een sterke fosfaatbindende capaciteit.

Toepassingsgebied

De veldproef met de omhulde drains is gedaan in kalkrijke duinzandgronden met bollenteelt. De maatregel kan in principe toegepast worden in alle gedraineerde landbouwgronden in Nederland. Van verschillende combinaties bodemtype en bodemgebruik zijn berekeningen gemaakt van het percentage land dat gedraineerd is en het percentage van de uitspoeling dat daadwerkelijk door de drains gaat. De combinatie van duinzandgronden met bollenteelt wordt niet expliciet geschematiseerd in STONE, dus is verdisconteerd in de bodemtypes met zandgronden. Een kanttekening moet gemaakt worden dat het rendement nu berekend is op basis van een 1-jarige veldproef op kalkrijke duinzandgronden. Het is onduidelijk of de met ijzerzand omhulde drainagebuis op langere termijn dit rendement kan blijven leveren en of de resultaten uit de veldproef rechtstreeks kunnen worden vertaald naar andere combinaties van bodemtype en bodemgebruik.

Rendement

In Tabel 5 staat een overzicht van bodemtype, bijbehorend bodemgebruik, aantal hectare van deze combinatie, het oppervlak wat hiervan gedraineerd wordt en het percentage uitspoeling wat opgevangen wordt door de drains. Deze gegevens komen uit STONE (Wolf et al., 2003). In Tabel 6 staat een overzicht van de rendementen van de maatregel. Het percentage van de uitspoeling die door de maatregel gezuiverd wordt is afhankelijk van de combinatie bodemtype/bodemgebruik.

Tabel 5. Overzicht van oppervlakten van landbouwgronden met buisdrainage

Bodemtype	Bodemgebruik	Oppervlak (ha)	Oppervlak met buisdrainage (ha)	Afvoer via buisdrainage (%)
Klei	Gras	317219	285577(90)	65
Klei	Maïs	41376	33715(81)	59
Klei	Bouwland	467896	454034(97)	78
Veen	Gras	277832	247112(89)	71
Veen	Maïs	23979	11744(49)	62
Veen	Bouwland	109873	47860(44)	68
Zand	Gras	388492	58608(15)	48
Zand	Maïs	155700	20060(13)	54
Zand	Bouwland	191966	42839(22)	65
Totaal		1974333	1201549(61)	

De berekende emissieafname (Z) is berekend op 94%. Dit is het zuiveringsrendement voor totaal fosfaat, waaronder ook ortho-fosfaat, organisch opgelost fosfaat en particulier fosfaat zoals gemeten in een ongefiltreerd watermonstee wordt verstaan. Hierbij moet wederom de kanttekening gemaakt worden dat dit rendement berekend is met een ander bodemtype en bodemgebruik en het is onzeker of dit rechtstreeks toegepast kan worden op andere bodemtypen.

Het percentage 'Door maatregel' is het percentage uitspoeling dat opgevangen wordt in de drains ten opzichte van de totale oppervlakte van het bodemtype/bodemgebruik. Dus het percentage afvoer via buisdrainage van het oppervlakte met buisdrainage als percentage van het totale oppervlak (uit Tabel 5). De afsluiting van de P-route door drains verschilt per grondtype. Het deel dat afgedekt wordt door de maatregel (M) verschilt ook per grondtype. Met Formule 3.1 is het totale rendement van de maatregel berekend.

Tabel 6. Rendementen van de maatregel 'Lekken dichten in nutriënten kringlopen'

Bodemtype/ Bodemgebruik	Adoptie maatregel (T)	Afsluiting P route	Door maatregel	Door maatregel afgedekt (M)	Emissie afname	Totaal rendement
Klei/gras	50%	25%	59%	15%	94%	7%
Klei/mais	50%	25%	48%	12%	94%	5.6%
Klei/bouwland	50%	25%	76%	19%	94%	8.9%
Veen/gras	50%	68.4%	63%	43%	94%	19.7%
Veen/mais	50%	68.4%	30%	21%	94%	9.9%
Veen/bouwland	50%	68.4%	30%	21%	94%	9.9%
Zand/gras	50%	11.1%	7%	0.8%	94%	0.4%
Zand/mais	50%	11.1%	7%	0.8%	94%	0.4%
Zand/bouwland	50%	11.1%	15%	2%	94%	0.9%

Referenties

Contactpersoon: Gerwin Koopmans (Gerwin.Koopmans@wur.nl)

- Verslag interview Kennis moet stromen (in archief S. de Rijk, Deltares)
- Website Kennis Moet Stromen (<http://www.kennismoetstromen.nl/?e=12&w=nieuwe-teelten-of-teeltsystemen>)
- Tussenrapportage 'Verwijdering van fosfaat uit bodemwater met ijzerzand, De omhulde drain'.
- Wolf, J., Beusen, a H. W., Groenendijk, P., Kroon, T., Rötter, R., & Zeijts, H. van. (2003). The integrated modeling system STONE for calculating nutrient emissions from agriculture in the Netherlands. *Environmental Modelling & Software*, 18(7), 597-617. doi: 10.1016/S1364-8152(03)00036-7.