

Proefpolder Kringloop- landbouw



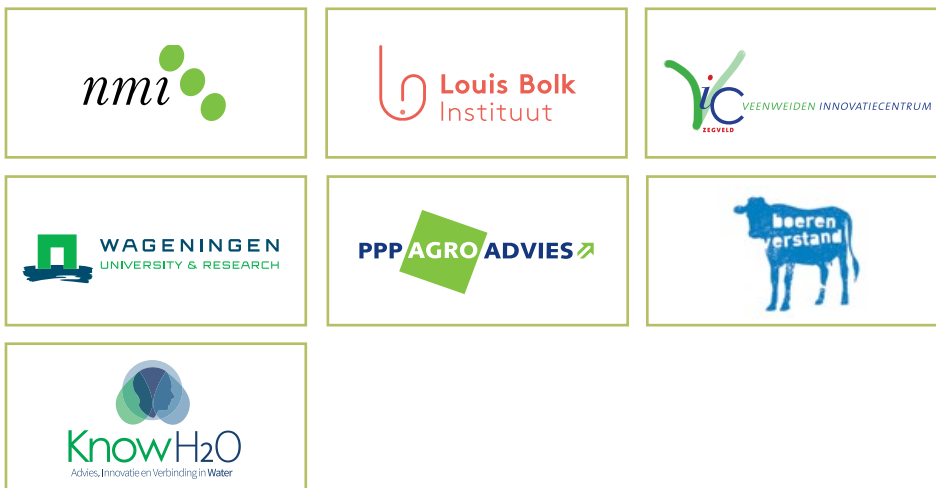
Debby van Rotterdam (NMI)
Gerard Ros (NMI/Waternet)
Jeroen Pijlman (LBI)
Frank Verhoeven (Boerenverstand)
Wim Honkoop (PPP-Agro Advies)
Peter Schipper (WEnR)
Rob Hendriks (WEnR)
Luuk van Gerven (WEnR)
Gé van den Eertwegh (KnowH2O/VIC)

**Verbeteren waterkwaliteit door
landbouwmaatregelen ter
reductie van nutriëntenbelasting
in veenweidegebieden**

Casestudie in polder Groot Wilnis-Vinkeveen

Referaat

Debby van Rotterdam (NMI), Gerard Ros (NMI/Waternet), Jeroen Pijlman (LBI), Frank Verhoeven (Boerenverstand), Wim Honkoop (PPP-Agro Advies), Peter Schipper (WEnR), Rob Hendriks (WEnR), Luuk van Gerven (WEnR) en Gé van den Eertwegh (KnowH2O/VIC), 2021. Proefpolder Kringlooplandbouw – Verbeteren waterkwaliteit door landbouwmaatregelen ter reductie van nutriëntenbelasting in veenweidegebieden – Casestudie in polder Groot Wilnis-Vinkeveen. Projectteam Proefpolder Kringlooplandbouw, 2021.



Financiering: provincie Utrecht, waterschap AGV en HDSR.



Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	9
1.1	Aanleiding en doel	9
1.1.1	Doelstelling	9
1.2	Kringlooplandbouw	9
1.3	Waterkwaliteit in het westelijk veenweidegebied	10
2	De polderaanpak	15
2.1	Gebiedsopgave in beeld	15
2.2	Op zoek naar bestaande én nieuwe inzichten	16
2.3	Kansen en maatwerk in beeld	16
2.4	Waardering en beloning	17
3	Gebiedsanalyse Proefpolder Gagelweg	19
3.1	Proefpolder Gagelweg	19
3.2	Betrokken partijen bij elkaar brengen	20
3.3	Inhoud - inzicht in bodem-, water-, landbouwsysteem	21
3.4	Oplossingsrichting en aanpak	25
4	Detailanalyse Proefpolder Gagelweg	27
4.1	Methode	27
4.2	De agrarische bedrijfsvoering	27
4.3	Stikstofleverend vermogen van de bodem	29
4.4	Fosfaatleverend vermogen van de bodem	30
4.5	Modellering nutriëntenverliezen naar het watersysteem	31
4.6	Effectiviteit maatregelen	35
5	Maatwerk en kansen Proefpolder Gagelweg en opschaling	41
5.1	Introductie	41
5.2	Succesvolle maatregelen in de proefpolder	42
5.3	Opschalen van maatregelen	44
5.4	Waardering en inbedding in verdienmodellen	47
6	Potentie kringlooplandbouw voor verbeteren waterkwaliteit	49
	Literatuur	54



Samenvatting

Polderaanpak

Op basis van een casestudie in de Proefpolder Gagelweg, onderdeel van Polder Groot Wilnis-Vinkeveen, is een aanpak ontwikkeld om gebiedsgericht duurzaamheidsopgaves aan te pakken op het vlak van waterkwaliteit. Door te focussen op een afgebakend gebied kunnen met een integrale aanpak en goede samenwerking tussen boeren en overige stakeholders daadwerkelijk stappen worden gezet.

De algemeen toepasbare 'polderaanpak' omvat de volgende bouwstenen:

1. met alle actoren samen invulling geven aan de gebiedsopgave, door eerst gezamenlijk inzicht in het gebied te verschaffen en van daaruit de doelen en werkwijze te formuleren;
2. (indien nodig) een detailanalyse, om beter inzicht te krijgen in processen en om maatwerk maatregelen te onderbouwen;
3. uitwerking van kansrijke maatregelen;
4. gezamenlijk verkennen van en zo mogelijk invulling geven aan 'waardering en beloning', zodat de inspanningen beklijven.

De 'polderaanpak' is schaalbaar naar andere regio's, of beter, naar andere grond- en oppervlaktewaterlichamen. De polderaanpak is ook vertaalbaar richting andere thema's zoals klimaat of biodiversiteit. Er is intensief samengewerkt tussen agrariërs en de bedrijfsadviseur, en met waterbeheerders en onderzoekers. De Proefpolder Kringlooplandbouw bevindt zich aan de Gagelweg en is onderdeel van de polder Groot Wilnis-Vinkeveen. In dit rapport spreken we daarom over Proefpolder Gagelweg, daarmee bedoelen we de Proefpolder Kringlooplandbouw. Proefpolder Gagelweg is geen bestaande eigenaam voor dat deel van de polder.

Gebiedsanalyse Proefpolder Gagelweg

Centraal in het casestudiegebied Proefpolder Gagelweg staat de opgave om de ecologische en chemische waterkwaliteit verder te verbeteren. Er wordt daarom een reductie van de emissie van nutriënten van de landbouwpercelen naar het oppervlaktewater beoogd. Om gericht aan de opgave voor waterkwaliteit te werken zijn twee peilvakken gekozen waar vijf melkveehouders meer dan 80% van het bodemoppervlak in beheer hebben. De melkveehouders zijn divers in hun type bedrijfsvoering. De polder bevat een vrij grote variatie in de hydrologische situaties. De lokale veenbodems zijn heterogeen qua bodemsamenstelling en nutriëntenhuishouding. Door al deze variatie staat de Proefpolder 'model' voor de diversiteit in andere gebieden in Nederland.

Detailanalyse landbouw - bodem - watersysteem

Uit de detailanalyse blijkt dat met een goed inzicht in het landbouw - bodem - watersysteem de heterogeniteit van de Proefpolder kan worden benut. Zo variëren het stikstof leverend vermogen (NLV) van de veenbodem en de fosfaattoestand van de bodem tussen laag en (zeer) hoog. Een model is afgeleid en getoetst om het NLV te schatten op basis van het organische stofgehalte en temperatuur. De fosfaatopname door het gewas kon ook worden geschat op basis van de fosfaattoestand, zuurgraad en kalitoestand van de bodem en de mestgift. Deze nieuwe inzichten zijn toegepast in de berekening van de bodemoverschotten per bedrijf voor de periode 2016 t/m 2019. Jaargemiddeld bedragen deze voor stikstof zo'n 250 tot 300 kg/ha, voor fosfor bedragen deze -20 tot 10 kg/ha (P2O5). Kenmerkend voor de polder is het grote aandeel snelle afvoerroutes van water over het maaiveld en door de ondiepe veenbodem, waarmee water en nutriënten naar het oppervlaktewater wordt getransporteerd. De bijdrage van snelle afvoerroutes aan de totale waterafvoer varieert binnen de polder, afhankelijk van de ligging van

het maaiveld van de percelen (bol, vlak, hol; greppel aanwezig) en krimpscheuren in het kleiige toemaakdek tijdens en na een droge periode. De snelle afvoerroutes zijn sterk bepalend voor de N- en P-emissies naar het oppervlaktewater. Via de snelle afvoerroutes komt een deel van de nutriënten uit dierlijke mest, kunstmest en uit de gemineraliseerde organische stof van de veenbodem in de sloten terecht. In gemiddelde jaren komt op polderniveau ongeveer de helft van de stikstof en fosfor uit- en afspoeling via de snelle routes tot afvoer. De uit- en afspoeling van stikstof wordt naast de perceleigenschappen die bepalend zijn voor de snelle afvoerroutes sterk bepaald door de mestgiften. De uit- en afspoeling van fosfor wordt naast de snelle afvoerroutes vooral bepaald door de mate waarin de bodem is opgeladen met fosfor door bemesting, niet alleen de bovenste 10 cm, maar ook in de onderliggende diepere bodemlagen.



Landbouwmaatregelen en onderbouwing

Met veldproeven is onderbouwd dat bij een hoge NLV de toepassing van minder N-kunstmest weinig tot geen nadelig effect heeft op de grasopbrengst en –samenstelling. De modelstudie laat zien dat lagere N-kunstmestgiften een beperkt positief effect hebben op de af- en uitspoeling naar het water. Dit effect neemt toe naarmate de N-gift lager wordt.

De grote variatie in fosfaattoestand tussen percelen biedt kansen om binnen de gebruiksnormen de fosfaatgift beter af te stemmen op de fosfaatonttrekking. Percelen met een hoge fosfaattoestand dragen onevenredig veel bij aan de fosfaatverliezen naar het watersysteem. Voor percelen met een lage fosfaat-toestand is het van een landbouwkundig belang dat deze niet verder daalt en zo mogelijk wat stijgt. Een variabele verdeling van dierlijke mest speelt in op zowel de verliezen naar het watersysteem als op de graskwaliteit.

Water bij de mest is een effectieve maatregel om de emissie van ammoniak tijdens het toedienen van dierlijke mest te beperken. De maatregel leidt vrijwel niet tot reductie van N- en P-verliezen naar het oppervlaktewater.

Door de belangrijke bijdrage van snelle afvoerroutes van nutriënten naar de sloot is het aanleggen van 2 m brede onbemeste bufferstroken langs de sloten in de Proefpolder effectief. Uit- en afspoeling van N en P nemen af met bijna 10%. In de Proefpolder komt het aanleggen van 2 m brede bufferstroken langs alle sloten neer op ongeveer 10% van het perceeloppervlak.

Onderwaterdrainage (OWD) is een effectieve maatregel om bodemdaling in het agrarisch beheerde veenweidegebied te beperken. Binnen de Proefpolder varieert het berekende effect van reguliere OWD op de N- en P-emissies naar het oppervlaktewater van 'geen effect' tot een 'geringe toename' in met name het oostelijke deel, tot een 'afname' van 35 tot 50% voor deelgebieden in het westelijk deel. De verschillen tussen deelgebieden worden voor stikstof vooral bepaald door drooglegging, klei- en organisch stofgehalte, de totale N-bemesting en wegzijging. Voor fosfor wordt de variatie voor meer dan de helft bepaald door de verhouding (ratio) tussen de P-voorraad in de top laag (0-10 cm-mv) en de P-voorraad dieper in het bodemprofiel (10-220 cm-mv).

Waarderen en belonen

In de Proefpolder Gagelweg zijn praktijkervaringen van boeren en bedrijfsadviseurs, gebieds- en proceskennis van waterschappers en wetenschappers bij elkaar gebracht. Dit heeft geleid tot betere inzichten in graslandbeheer, nutriëntenkringlopen en verliesroutes naar het watersysteem. Met deze inzichten zijn bovenwettelijke landbouwmaatregelen onderbouwd, die effectief kunnen bijdragen aan een betere nutriëntenbenutting en minder verliezen naar het watersysteem. Deze onderbouwing is een goede basis voor een waardering van effectieve maatregelen die bijdragen aan een betere waterkwaliteit en aan andere belangrijke opgaves zoals bodemdaling en ammoniakemissies. Deze waardering kan tot uiting komen in een stimulerings- of beloningssystematiek. Daarvoor lijkt het stikstofbodemschot vanuit de KringloopWijzer een interessante Kritische Prestatie Indicator (KPI). Wanneer alle stakeholders rondom de boer, zoals regionale en landelijke overheden, commerciële (keten)partijen op basis van dezelfde KPI "waarderen en belonen", dan worden melkveehouders gestimuleerd om verdere stappen te zetten om de waterkwaliteit te verbeteren. Kennis en advies worden benut om de boer te ondersteunen de prestatie te behalen. Effectieve maatregelen komen voort uit de gebiedsopgave en vergen detailanalyse op perceelniveau. Met "Maatregel op de Kaart" kunnen met de boer specifieke maatwerk-pakketten afgesproken worden, op weg naar een betere waterkwaliteit in de periode 2021-2027.





Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In 2013 is een bestuursakkoord 'Nutriënten Veenweidegebieden' gesloten tussen agrarische organisaties, waterschappen en provincies in het Westen van Nederland. In dit bestuursakkoord is een aantal maatregelen opgenomen om de nutriëntenbelasting vanuit de veenweidegebieden te reduceren. Kringlooplandbouw lijkt een perspectiefvolle aanpak om de belasting van het watersysteem te verlagen. Maatregelen die de efficiëntie in het gebruik van voer, meststoffen, hulpbronnen binnen de kringloop en de benutting van de bodem verbeteren, en de verliezen naar de omgeving beperken, zouden onder andere een positieve stimulans kunnen geven aan de waterkwaliteit. Bijna alle kansrijke maatregelen uit het bestuursakkoord vallen ook binnen de context van kringlooplandbouw. Tegelijk was en is de daadwerkelijke impact van maatregelen op de waterkwaliteit nog een grote onbekende.

In 2016 heeft dit vorm gekregen in de 'Proefpolder Kringlooplandbouw'. Een breed consortium van private en publieke partijen, van waterschappers en ondernemers, adviseurs en onderzoeksinstituten heeft het initiatief genomen om een 'proefpolder' in te richten om de potentie van kringlooplandbouw te beproeven, te evalueren, en bij positieve resultaten breed uit te rollen naar alle agrarische ondernemers in het veenweidegebied. De primaire focus lag bij de verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit en het agrarisch nutriëntenmanagement. Het project 'Proefpolder Kringlooplandbouw' is gestart in 2017 en liep tot en met 2020 in een deel van Polder Groot Wilnis-Vinkeveen rondom de Gagelweg.

1.1.1 Doelstelling

Het doel van de 'Proefpolder Kringlooplandbouw' is om de potentie van kringlooplandbouw aan te tonen voor een betere waterkwaliteit in het agrarisch beheerde veenweidegebied. Het gaat daarbij om twee dingen: aan de ene kant het leren hoe dit concept concreet gemaakt kan worden voor individuele agrarische bedrijven. En daarnaast het bepalen van de effectiviteit en bijdrage van de som van de individuele en bedrijfsspecifieke maatregelen aan het verminderen van de N- en P- belasting van het water, binnen één polder in het veenweidegebied. Door uitvoerbare maatregelen die bijdragen aan het verbeteren van de waterkwaliteit in te bedden in kringlooplandbouw kunnen deze onderdeel worden van de agrarische bedrijfsvoering en zo bijdragen aan een duurzame(re) landbouw.

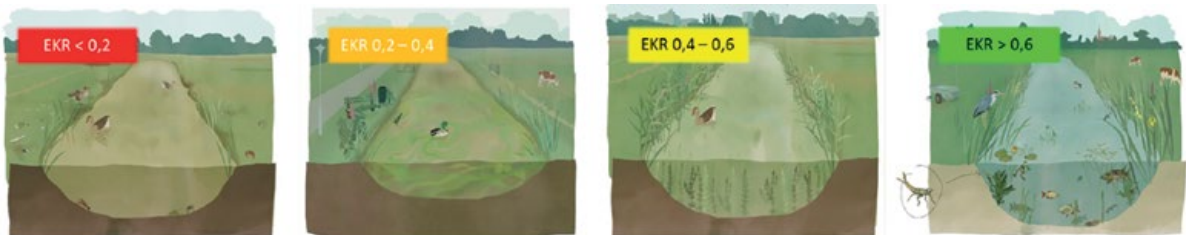
1.2 Kringlooplandbouw

Kringlooplandbouw is een veelbelovende aanpak om de eerder benoemde uitdagingen integraal aan te pakken. Erisman & Verhoeven (2020) kwamen op basis van praktijkervaringen van voorlopers binnen de landbouw tot de volgende definitie van kringlooplandbouw:

"Kringlooplandbouw is het optimaliseren van het bedrijfsrendement in de brede zin (economisch en sociaal-maatschappelijk) door zoveel mogelijk gebruik te maken van eigen hulpbronnen, in evenwicht en met respect voor de natuurlijke omgeving (de kwaliteit van de bodem, de lucht, het watersysteem en aanwezige natuur, de landschappelijke waarde, klimaat en dierenwelzijn)".

Door het verder sluiten van de nutriëntenkringloop op het bedrijf, het verbeteren van de efficiëntie van bemesting kan de bedrijfsvoering worden verbeterd en tegelijkertijd de milieukundige voetafdruk worden verkleind.

Voor het huidige beleid op het gebied van waterkwaliteit, de Delta-Aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater (DAWZ), werken overheden, maatschappelijke organisaties en kennisinstututen samen om de waterkwaliteit te verbeteren en de doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in 2027 te bereiken. Een van de zorgpunten voor het bereiken van de KRW-doelen voor de ecologische waterkwaliteit is de nutriëntenbelasting van het watersysteem (Van Gaalen et al., 2020). De uit- en afspoeling uit landbouwgronden heeft hierin een belangrijk aandeel.

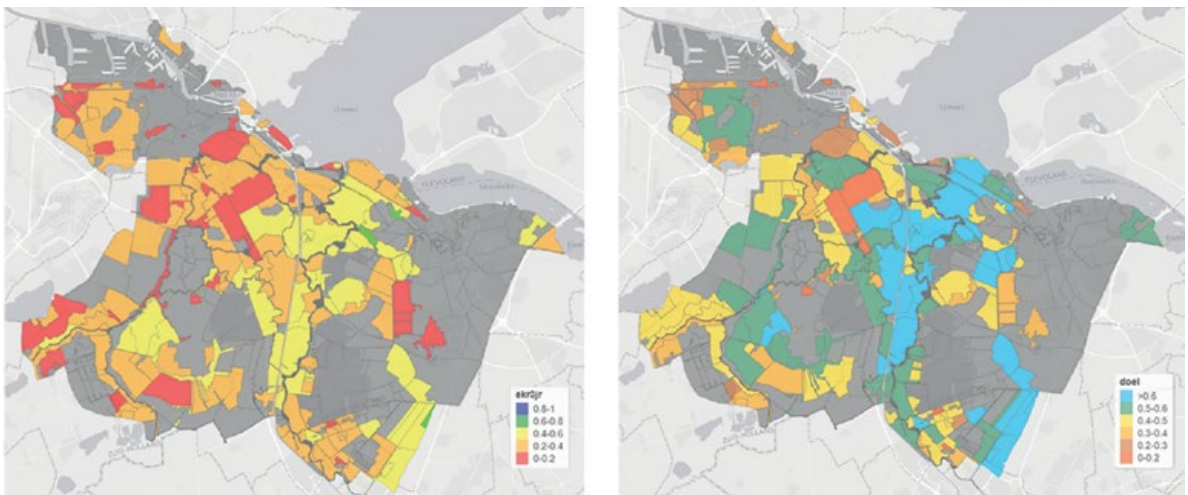


Figuur 1-2. Ecologische doelen voor oppervlaktewater in beeld. EKR is getal tussen 0 en 1 als indicator voor score op kwaliteit.

De ecologische kwaliteit van het water wordt jaarlijks beoordeeld door de ecologische toestand te vergelijken met de doelen. De nutriënten zijn ondersteunend aan deze beoordeling. Om inzicht te krijgen in de belangrijkste factoren die van invloed zijn op de ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater wordt er veel gemeten. Op honderden meetpunten wordt jaarlijks gemonitord en dat al meer dan 10 jaar lang. Op basis van deze metingen, als ook inzicht in het bodem en watersysteem, wordt helder op welke manier bijgedragen kan worden aan een levendige boerensloot. Per polder is bekend wat de huidige situatie is qua ecologische biodiversiteit, de slootdiepte, als ook de aan- en afvoer van water en nutriënten. De huidige en gewenste kwaliteit wordt in Figuur 1-3 weergegeven voor het beheergebied van waterschap Amstel, Gooi en Vecht.

EKR huidig: Gemiddelde van metingen in laatste drie jaar

EKR doel: gebaseerd op de 90-percentiel van metingen



Figuur 1-3. De huidige en gewenste ecologische waterkwaliteit van KRW-waterlichamen binnen het beheergebied van waterschap Amstel, Gooi en Vecht.

Bij het bepalen van de ecologische doelen wordt rekening gehouden met (natuurlijke) fysieke randvoorwaarden, zoals de achtergrondbelasting van nutriënten via fosfaatrijke kwel. Dit betekent dat in gebieden met een bepaalde achtergrondbelasting voor stikstof en/of fosfaat een minder zware norm zou kunnen gelden dan in gebieden zonder die belasting. Voor de KRW-waterlichamen geldt dat het doel de huidige toestand is plus het effect van de mogelijk te nemen maatregelen. Het doel is dus afgestemd op wat haalbaar is. En de mogelijke maatregelen zijn maatregelen die gerekend kunnen worden tot de drie goede praktijken: de goede landbouwpraktijk, de goede waterbeheerderspraktijk en de goede praktijk voor het stedelijk water. Daarnaast zijn voor de KRW-watervaten veel specifieke maatregelen gedefinieerd zoals het omleiden van waterstromen of fosfaat-verwijdering. Voor het 'Overig Water' (water dat geen KRW waterlichaam is) wordt in 2021 samen met het gebied het proces doorlopen van 'formele doelafleiding', inclusief het vastleggen van haalbare maatregelen.

Het waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) zet voor het hele beheergebied in op een totale reductie van de nutriëntenbelasting van 10% in de periode 2021-2027. Wanneer alle boeren werken volgens 'de goede landbouwpraktijk' (GLP) zal deze reductie naar verwachting al haalbaar zijn. Het doel van 10% geldt echter voor het cumulatieve effect van alle drie genoemde goede praktijken (landbouw, waterbeheerders en stedelijk water), waarmee ruimte is gelaten voor een marge en deze 10% haalbaar wordt geacht. Deze reductie van 10% is echter geen absoluut einddoel. Wanneer met nieuwe technieken of nieuwe inzichten een extra vermindering van uit- en afspoeling kan worden gehaald, dan is dit voor het waterschap aanleiding om te kijken of en hoe hiermee de ecologische kwaliteit kan worden verbeterd. De bedoeling hiervan is om met elkaar samen te leren en te blijven werken aan een levendige boerensloot. Het is hierbij expliciet niet de bedoeling om altijd maar verder te streven naar perfectie: gezamenlijk wordt zowel het doel als de weg ernaartoe besproken.

De GLP richt zich voornamelijk op het efficiënt omgaan met meststoffen, het 'voerspoor' en het op orde houden of brengen van de bodem ten behoeve van het vasthouden van water, een goede beschikbaarheid van nutriënten en een goede zuurgraad van de bodem. Ook maatregelen om erfafspoeling tegen te gaan vallen onder de GLP en kunnen gezien worden als generieke en praktijkgerichte maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren. Dit zijn in zekere zin allemaal bovenwettelijke maatregelen.

Centraal bij de aanpak van goede praktijken staat het gezamenlijk werken aan een streefbeeld voor de 'goede' ecologische sloot. De omschrijving die het waterschap hierin hanteert is:

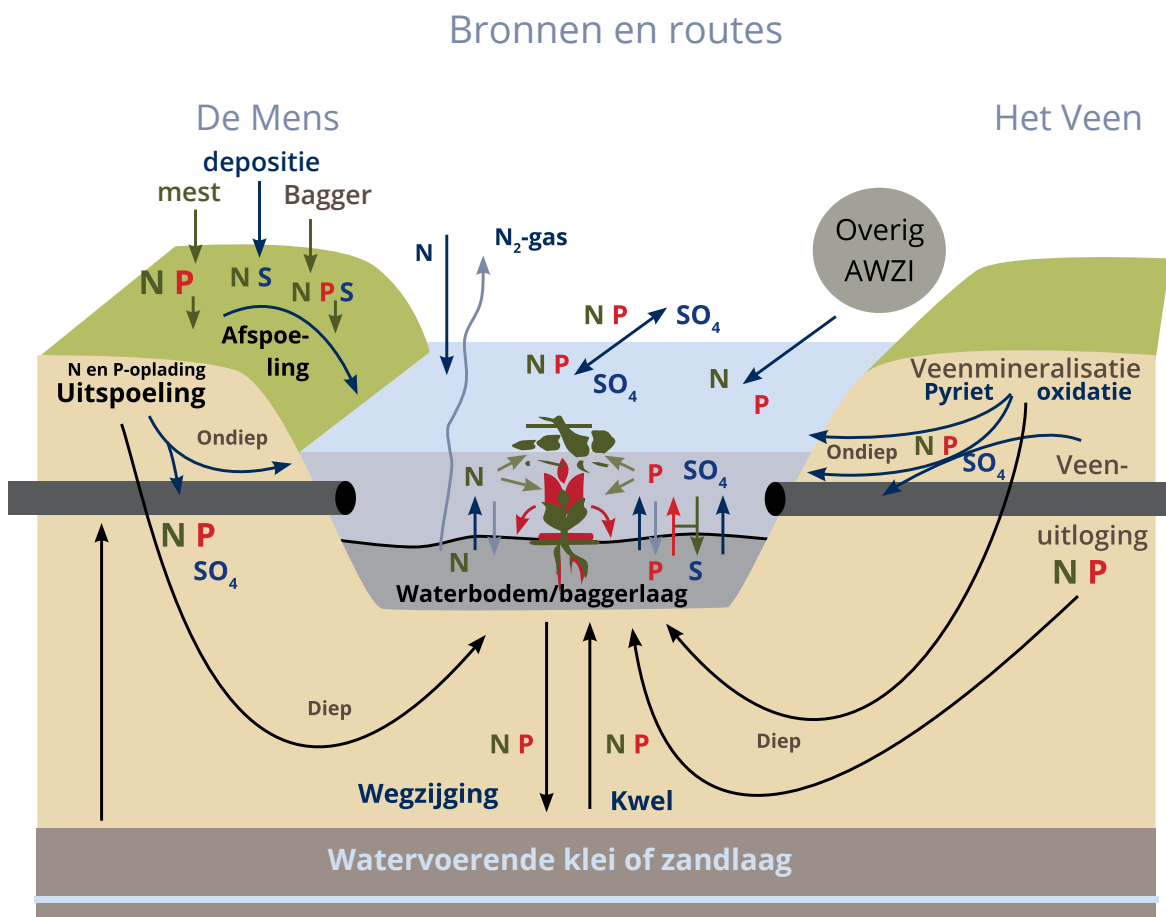
"Een goede sloot is voldoende diep, wordt geschoond op een wijze die goed genoeg is voor de waterhuishouding, maar niet te intensief, is laag belast met nutriëntenverliezen van het perceel, het erf en door inlaat. Belasting door extreme kwel kan hierin een beïnvloedbare factor zijn."

Het westelijk veenweidegebied kenmerkt zich door een organische bodem met op veel plaatsen een minerale toplaag. Het agrarisch gebruik is vooral grasproductie ten behoeve van de melkveehouderij. De veenbodem is zeer gevoelig voor het peilbeheer. Bodemdaling door onder andere mineralisatie van organische stof wordt sterk bepaald door de ontwatering van de veenbodem. Daarom sturen waterbeheerders in het westelijk veenweidegebied op een drooglegging in de winter tussen 40 en 60 cm-mv. Veenweiden zijn daardoor nat in winter en voorjaar, en tijdens hevige zomerbuien en kwetsbaar voor uit- en afspoeling van (vooral organische) meststoffen. In droge zomermaanden zakt het grondwaterpeil, terwijl het oppervlaktewaterpeil wel hoog blijft. De beperkte drooglegging leidt tot minder veenafbraak.

Voor de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater zijn zowel de bronnen als uit- en afspoelroutes belangrijk. In Figuur 1-4 zijn de belangrijke bronnen door menselijk handelen en de natuurlijke bronnen en transportroutes schematisch weergegeven.

Bronnen van stikstof en fosfor

De natuurlijke bronnen hangen samen met de aard van het veen en de ontstaansgeschiedenis daarvan als veenmoeras. Afhankelijk van het type veen is de veenbodem van nature rijk aan de nutriënten stikstof (N) en fosfor (P). Ontwatering van de veenweiden ten behoeve van de landbouw leidt tot bodemdaling door inklinking en door de snelle afbraak van het veen. Veenafbraak wordt sterk versneld door het ontstaan van zuurstofrijke omstandigheden in de bodem. De inklinking gaat het snelst in de eerste jaren na ontwateren. Hoe lager het grondwater staat in de zomer, hoe dieper zuurstof in het bodemprofiel kan dringen. Veenmineralisatie is afhankelijk van de grondwaterstand, vochtgehalte en temperatuur. Bij mineralisatie verdwijnt de koolstof naar de atmosfeer (broeikasgasemissie), komen nutriënten (N en P) vrij en blijven geoxideerde mineralen, zoals ijzer en aluminium als (hydr)oxide, in de toplaag van de bodem achter (Smolders et al., 2012). Het fosfaat dat bij mineralisatie vrijkomt blijft ook grotendeels achter in de toplaag van de bodem, door de binding aan deze aluminium- en ijzer(hydr)oxides. Het is typisch voor veengronden dat de bindingscapaciteit voor P (zeer) hoog is. De totale hoeveelheid P is ook hoog, maar tegelijk is de P-beschikbaarheid relatief laag. Bij het periodiek vernatten van deze bodemlaag kan een deel vrijkomen en uitspoelen naar de sloot.



Figuur 1-4. Stromen van stikstof (N) en fosfor (P) met bronnen en routes in een uitspoelings situatie in een veenweidesysteem. Voor de veenweidebodern is onderscheid gemaakt tussen natuurlijke bronnen als 'Het Veen' en antropogene bronnen als 'De Mens'.

Bemesting (actuele en in het verleden opgebrachte mestgiften) is de grootste externe bron van nutriënten in de agrarisch beheerde veenweiden. Het veenweidegebied heeft in het algemeen een relatief hoge bemesting, waaronder een vrij continue aanvoer uit weidemest tijdens het beweidingseizoen. De dierlijke mest wordt voor een groot deel oppervlakkig toegediend en is daardoor gevoelig voor afspoe-ling. Naast bemesting zijn ook nutriëntenrijke kwel en het inlaten van gebiedsvreemd nutriëntrijk water externe nutriëntenbronnen. Kwel is vooral van belang in het zomerhalfjaar. Nutriëntenrijke kwel komt in de Proefpolder met uitsluitend wegzijging niet voor.

Transportroutes naar het watersysteem

Ondiepe en snelle transportroutes naar sloten en greppels zijn de belangrijkste routes voor de emissie van nutriënten in veenweiden naar het oppervlaktewater (Figuur 1-4). Ze bestaan uit oppervlakte-afstroming over het maaiveld ('runoff') en ondiepe oppervlakkige (5-15 cm diep), horizontale uitstroming ('interflow' of tussenstroom). Beide situaties treden op onder natte omstandigheden met hoge grondwaterstanden en/of bij hevige neerslagbuien. Oppervlakte-afstroming over het maaiveld treedt vooral op als de grondwaterstand tot (bijna) aan het maaiveld staat, of als de intensiteit van de bui groter is dan de infiltratiecapaciteit van de bodem. Via deze route zullen vooral pas op het maaiveld toegediende meststoffen worden afgevoerd. De tweede ondiepe oppervlakkige route treedt op in een situatie met eveneens hoge grondwaterstanden in combinatie met een verschil in de doorlatendheid tussen de toplaag en diepere bodemlagen. Dit kan optreden in een rulle wortelzone of bij een toplaag met krimp-scheuren in combinatie met waterafstotendheid (hydrofobie) van het veen tijdens en na een (lange) droge periode.

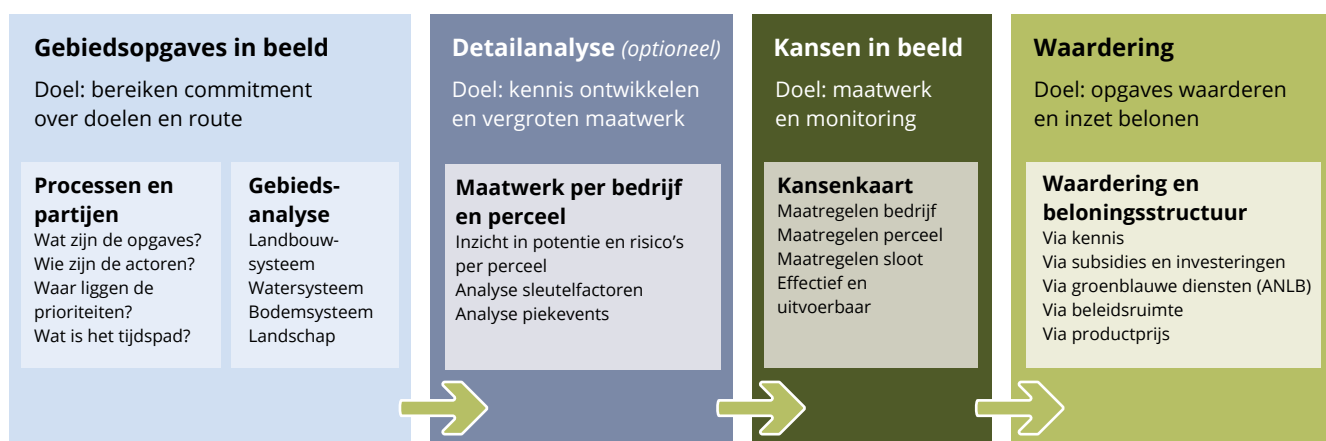
Diepere transportroutes gaan eerst verticaal door het veenprofiel en wanneer het grondwater wordt bereikt horizontaal naar sloten en andere waterlopen. Hoe diep deze transportroutes gaan ligt aan de eigenschappen van het verzadigde veenpakket en de daaronder liggende minerale lagen (maximaal $\frac{1}{4}$ van de slootafstand, volgens Ernst, 1956). Ook het vóórkomen van kwel of wegzijging is van belang. Kwel drukt stroombanen naar de sloten omhoog en veroorzaakt daardoor ondiepere routes dan wegzijging, die stroombanen en afvoerroutes doet afbuigen naar het diepere grondwater.

Bij diepe routes stroomt het grondwater in de bodemlaag onder de diepste grondwaterstand, de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) genoemd, die permanent met water is verzadigd. Het gereduceerde veen heeft in deze bodemlaag nooit blootgestaan aan oxidatie, maar alleen aan zeer langzame afbraak onder anaerobe omstandigheden. Hierdoor en door de ontstaansgeschiedenis bevat het bodemwater hoge concentraties opgelost organisch-N en -P, en ammonium en fosfaat. De laatste twee zijn in evenwicht met het bodemcomplex, waaraan vooral fosfaat in grote hoeveelheden is geadsorbeerd. Deze nutriënten vormen de grootste N- en P-bron van deze zone. Nutriënten in mest spelen in deze diepere bodemlaag nauwelijks nog een rol. Wel kunnen aanvoer van nutriënten via kwel en infiltratie van belang zijn. In de Proefpolder is sprake van wegzijging naar het diepere grondwater.



De polderaanpak

In de Proefpolder Kringlooplandbouw is een systematische aanpak ontwikkeld om gebiedsgericht duurzaamheidsopgaves stap voor stap aan te pakken. Deze 'Polderaanpak' is in Figuur 2-1 schematisch weergegeven. Idealiter vindt een integrale aanpak plaats richting alle thema's om zo de synergie tussen landbouw (productie), bodemkwaliteit, waterkwaliteit, natuur en klimaat te versterken. De aanpak bestaat in essentie uit vier stappen, waarvan de detailanalyse optioneel is: gebiedsopgaves in beeld, detailanalyse, kansen in beeld en waardering. De stappen worden in dit hoofdstuk nader toegelicht.



Figuur 2-1. Aanpak gebiedsgerichte duurzaamheidsopgaves via de 'Polderaanpak'

2.1 Gebiedsopgave in beeld

Invulling geven aan regionale en/ of maatschappelijke opgaves in een gebied vraagt om een systematische aanpak waarin betrokken partijen in een gezamenlijk proces doelen en een mogelijke aanpak formuleren. Hiervoor is inzicht en (basis) kennis nodig over de opgaves in relatie tot de specifieke kenmerken van een gebied. Specifieke kenmerken zijn het landbouw-, bodem-, watersysteem, het historische landgebruik en de geschiedenis van het gebied. Innovaties en transities in het agrarisch landgebruik die bijdragen aan maatschappelijke opgaves komen alleen tot stand als er overeenstemming is over het te bereiken doel en bijbehorende aanpak en tijdspad.

Wanneer binnen een gebied een (urgent) knelpunt ligt, bijvoorbeeld op het gebied van nutriënten, betekent dit dat betrokken partijen met elkaar in gesprek moeten over de opgaves, de te realiseren doelen en de gewenste aanpak. Voor opgaves die zijn gerelateerd aan nutriëntenbenutting en -verliezen vereist dit inzicht in het huidige bodem- en watersysteem als ook in het beheer van percelen en sloten. Met dit inzicht kunnen op basis van generieke kennis doelstellingen en oplossingsrichtingen worden geformuleerd. De ervaringen van boeren, adviseurs, onderzoekers en beleidsmakers tijdens de proefperiode in deze polder laten zien dat het delen van visies en van meetgegevens het gesprek stimuleert richting de vraag: "Hoe kunnen we samen aan de slag?".

Om draagvlak te krijgen voor de doelen en de route worden in deze stap gesprekken gevoerd tussen betrokken partijen en wordt een gebiedsanalyse uitgevoerd op basis van bestaande informatie, data en

kennis. Product van deze stap is een gezamenlijk beeld van de betrokken partijen over de opgaves, de onderliggende doelstellingen en de oplossingsrichting. Wanneer in deze stap consensus wordt bereikt over opgaves, doelen en er voldoende informatie beschikbaar is om een effectieve aanpak te formuleren kan de detailanalyse (stap 2 in Figuur 2-1) worden overgeslagen.

2.2 Op zoek naar bestaande én nieuwe inzichten

Als er voor een gebied weinig gegevens beschikbaar zijn, is het lastig de exacte opgave te bepalen. Daarnaast kunnen er inhoudelijke vragen zijn over mogelijke oplossingsrichtingen en/of verschillende inzichten bestaan over opgaves, doelen, aanpak en verantwoordelijkheden. Met elkaar kan dan worden nagedacht hoe meer gedetailleerd inzicht in het functioneren van het gebied bereikt kan worden.

Binnen de Proefpolder is deze fase heel gedetailleerd uitgewerkt door perceel- en bedrijfsgegevens van de agrariërs te combineren met veldproeven, extra metingen en modelberekeningen van het grond- en oppervlaktewatersysteem. Dit heeft geleid tot een inhoudelijke onderbouwing van de effectiviteit van kringloopmaatregelen op het beperken van nutriëntemissies naar het watersysteem. De detailanalyse van de Proefpolder heeft tot inzichten en algemeen toepasbare rekenregels geleid die ook in andere veenweidepolders kunnen worden toegepast.

2.3 Kansen en maatwerk in beeld

Wanneer op basis van de gebiedsopgave helder is wat de doelstellingen en oplossingsrichtingen zijn, kunnen op basis van beschikbare informatie over het gebied de maatregelen concreet worden gemaakt; waar kan wie wat doen? Hoe nauwkeuriger de gebiedsopgave is uitgevoerd, des te gedetailleerder kunnen de maatregelen worden uitgewerkt. Voorbeelden waar het technisch inhoudelijke deel concreet is gemaakt op het schaalniveau van Nederland, zijn instrumenten zoals “Maatregel-Op-De-Kaart” en het “BedrijfsBodemWaterPlan” (Van Gerven et al., 2019; Ros et al., 2020). Uitgevoerde maatregelen kunnen worden gemonitord om zo de bijdrage van agrariërs aan een duurzame leefomgeving in beeld te brengen.

Een maatregel die technisch inhoudelijk klopt, betekent niet automatisch dat deze ook door de boer wordt uitgevoerd of dat deze uitgevoerd kan worden. Op een melkveebedrijf werkt het draaien aan één knop door op vele processen binnen de bedrijfsvoering. Daarnaast zijn door de sterke afhankelijkheid van het weer (grote) veiligheidsmarges ingebouwd. Veranderingen kosten tijd, aandacht én een goede onderbouwing. Aantonen waar en voor wie maatregelen meer of minder relevant zijn helpt bij het verkrijgen van het draagvlak voor zo'n maatregel. Daarom is het belangrijk om al in een vroeg stadium een gezamenlijk beeld te ontwikkelen over de gebiedsopgave(n), de betekenis van de beschikbare data en de mogelijke oplossingsrichtingen.

Binnen de Proefpolder is veel aandacht besteed aan de onderbouwing van maatregelen. De inzichten uit de proeven, extra metingen en modelresultaten zijn gebruikt om maatregelen te onderbouwen. Een goede manier om deze resultaten te presenteren is door een kanskaart van de polder op te stellen. Op deze kaart is voor elk bedrijf te zien hoe groot de risico's zijn in relatie tot de opgave (voor de proefpolder is dit waterkwaliteit) als ook welke maatregelen inzetbaar zijn om een positieve bijdrage te leveren aan de opgave. Wetenschappelijke kennis en praktijkkennis is gebruikt om rekenregels op te stellen, zodat we op eenvoudige wijze ook voor andere veenweidepolders inzichtelijk kunnen maken welke maatregelen haalbaar, toepasbaar en effectief zijn. Daarnaast kunnen deze rekenregels ook in andere studies worden gebruikt.

2.4 Waardering en beloning

In veel situaties is een verandering van het huidig agrarisch management of zelfs in de bedrijfsopzet nodig om een significante bijdrage aan de gewenste regionale en/of maatschappelijke opgaves te realiseren. Tegelijkertijd is er vanuit de maatschappij, bijvoorbeeld vanuit het waterschap, een bepaalde urgentie om aan bepaalde opgaves te werken. Daarmee kan hier ook een bepaalde waardering tegenover staan. Soms zijn maatregelen eenvoudig te realiseren of kunnen ze zelfs een kostenverlaging teweegbrengen (laaghangend fruit). Voor andere maatregelen is onduidelijk wat het effect is op de bedrijfsvoering of op de betreffende opgave. Tegelijkertijd ontbreekt voor een deel van de maatregelen een economisch perspectief om een mogelijke verandering te bewerkstelligen, omdat ze leiden tot extra kosten of een vergroot risico op opbrengstderving. Door de grote afhankelijkheid van het weer zijn veiligheidsmarges ingebouwd in het agrarisch management. Soms leiden maatregelen daarom niet direct tot een opbrengstderving maar wel tot een groter risico.

Het is goed om in beeld te brengen wat de maatregelen voor invloed hebben op het inkomen en de werkdruk van de boer en welke compensatiebronnen er mogelijk zijn en/of beschikbaar moeten komen. Betrokken partijen (uit stap 1) kunnen met elkaar om tafel om de waardering van geleverde diensten te concretiseren via bijvoorbeeld kennis, subsidies (risicofonds), beleidsruimte of verhoging van productprijzen. Ter ondersteuning kan de uitvoering of de effecten van maatregelen worden gemonitord (resultaat stap 3). Waardering en beloning gaat niet alleen over het belonen van de agrariër in euro's maar ook over de waardering voor diens geleverde diensten. Het waterschap heeft in het onderdeel 'Waardering en beloning' vanuit haar rol als waterbeheerder ook een rol en belang.

In de Proefpolder is relatief weinig aandacht besteed aan de effecten op verdienmodellen. Wel is veel aandacht besteed aan de onderbouwing van de maatregelen voor de specifieke bedrijven, zowel vanuit de motivatie en drijfveren van betrokken melkveehouders om maatregelen uit te voeren, als ook de onderbouwing van de effectiviteit, arbeidsvraag en economie van maatregelen. Dit kan als input worden gebruikt voor het formuleren en valoriseren van maatregelen. Daarnaast is kennis ontwikkeld, bijvoorbeeld over het NLV, die kan worden ingebed in de KringloopWijzer en zo door alle melkveehouders in Nederland worden gebruikt.

De aanpak die binnen de Proefpolder is ontwikkeld, maakt het mogelijk om gebiedsgericht oplossingen te vinden voor de waterkwaliteit en maatwerkoplossingen te definiëren met het benodigde draagvlak voor individuele bedrijven. Deze aanpak noemen we hier de 'polderaanpak'. In potentie is deze aanpak ook vertaalbaar naar andere gebieden en andere maatschappelijke thema's zoals bodemdaling, klimaat of biodiversiteit.

In de volgende hoofdstukken wordt de 'polderaanpak' beschreven aan de hand van de opgedane kennis en ervaringen in de Proefpolder Kringlooplandbouw in de Proefpolder Gagelweg, als onderdeel van de Polder Groot Wilnis-Vinkeveen.





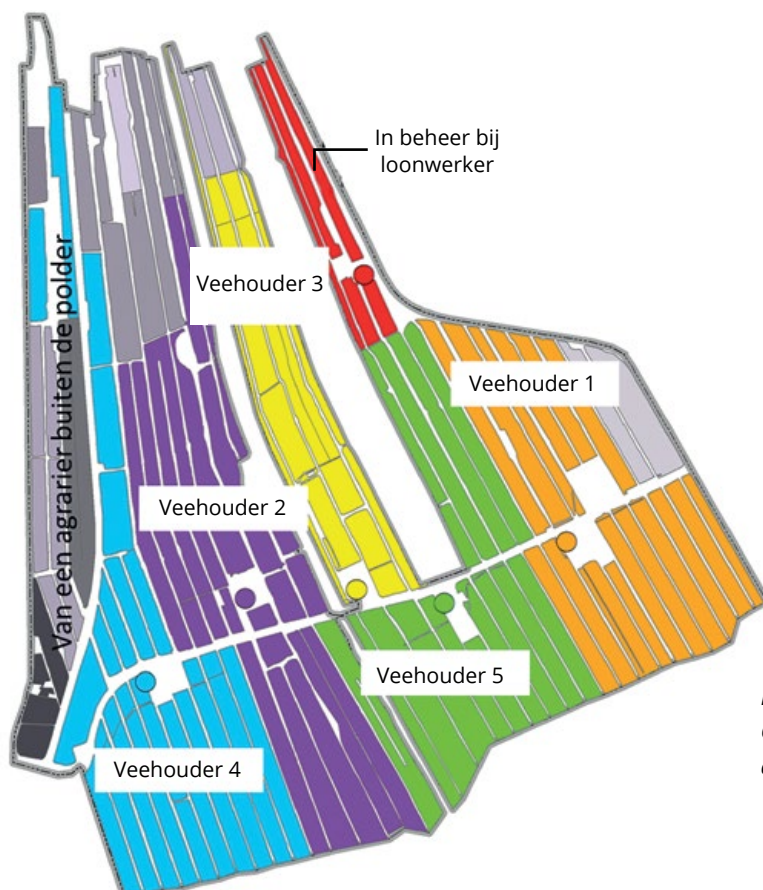
Gebiedsanalyse Proefpolder Gagelweg

In dit hoofdstuk worden de verschillende stappen uit de gebiedsanalyse één voor één doorlopen door een schets te geven van de Proefpolder Gagelweg, de verschillende betrokkenen, het proces, de inhoudelijk gebiedsanalyse, en de hieruit volgende aanpak.

3.1 Proefpolder Gagelweg

Een groot deel van het veenweidegebied heeft te maken met een slechte tot matige ecologische waterkwaliteit. Het verminderen van de verliezen van nutriënten naar sloot draagt bij aan een verbetering van de ecologische waterkwaliteit. Doel van dit project was om te concretiseren en te onderbouwen hoe kringlooplandbouw bij kan dragen aan het verbeteren van deze situatie door vermindering van de verliezen van nutriënten naar het watersysteem. De keuze voor de Proefpolder Gagelweg, binnen de polder Groot Wilnis-Vinkeveen is bepaald door een combinatie van factoren:

- Een afgebakend gebied met beperkte invloeden van buitenaf;
- Een klein gebied om de onderzoekskosten voor gedetailleerde veldmetingen en aansluitende detailmodellering beperkt te houden;
- Een homogene groep grondgebruikers in het gebied, voornamelijk melkveehouders;
- De bereidheid van alle boerenbedrijven om kringlooplandbouwmaatregelen uit te voeren en om mee te werken aan onderzoek dat voor de detailanalyse is uitgevoerd (hoofdstuk 4).



Figuur 3-1. Landgebruik in de Proefpolder Gagelweg en de verdeling van het land over de melkveehouders.

Proefpolder Gagelweg is een kenmerkende polder uit het westelijk veenweidegebied. De polder bestaat uit twee peilvakken en is volledig in gebruik voor blijvend grasland met relatief hoge grondwaterstanden. Het veenpakket is zo'n 6 meter dik. De polder bevindt zich in de gemeente De Ronde Venen, die in het noordwesten van de provincie Utrecht ligt. De polder valt onder het beheergebied van waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV).

In de polder boeren vijf melkveehouders die samen zo'n 80% van het polderoppervlakte beheren (Figuur 3-1). Samen met beleidsmedewerkers van het waterschap, experts, adviseurs en boeren is de ambitie uitgesproken om na te gaan welke kringloopmaatregelen die betrekking hebben op de N- en P kringloop genomen kunnen worden en wat daarvan de effecten zijn op de verliezen naar het watersysteem.

3.2 Betrokken partijen bij elkaar brengen

Om de gebiedsopgave goed in beeld te krijgen, zijn betrokken partijen bij elkaar gebracht. Vervolgens is gezamenlijk inzicht verkregen in het bodem- en watersysteem, het landgebruik en het landbouwkundig functioneren. Binnen de Proefpolder is intensief samengewerkt met beleidsmedewerkers van het waterschap (met systeemkennis over het watersysteem), met landbouwkundige experts en adviseurs (met kennis over bedrijfsvoering, bodemprocessen, bemesting, graslandmanagement), met boeren (als belangrijkste beheerder van de bodem), en met onderzoekers (met kennis van hoe water en nutriënten zich door de bodem verplaatsen). De betrokken partijen en hun rol in de casestudie zijn in Tabel 3-1 toegelicht.

Tabel 3-1. Betrokken partijen en hun rol in de casestudie.

Partij	Verantwoordelijkheden
Waterschap AGV	Monitoring waterkwaliteit, financiering, watersysteem problemen aanpakken. Eindverantwoordelijk
Waterschap HDSR	Inhoudelijke ondersteuning, financiering
Veehouders	Streven naar een hoge benutting van nutriënten, toepassen van maatregelen in de praktijk. Registreren en beschikbaar stellen van kennis en data
LBI	Onderzoeken van gewasopbrengsten in relatie tot bodemprocessen en bemestingsniveaus. Uitvoeren en begeleiden proeven en onderbouwen maatregelen
NMI	Data-analyse van bestaande en nieuwe bodem- en bemestingsdata, op zoek naar kansen voor verhogen bodembenutting en beperken verliezen
WEnR	Inzicht in de processen die in de proefpolder de verliezen naar het watersysteem bepalen en berekenen wat de effecten van maatregelen zijn op de waterkwaliteit
PPP-Agro Advies	Borging dataregistratie, data verzameling, veehouders adviseren en begeleiden in implementatie maatregelen. Verbinding tussen onderzoek en praktijk faciliteren. Data-analyse bedrijven
Boerenverstand	Resultaten en uitkomsten vertalen naar een opschaalbare aanpak
VIC	Advies, klankbord, communicatie, projectleiding

Procesmatig bleek het in kaart brengen van het bodem-water-bedrijfssysteem in de polder waardevolle informatie op te leveren om het gesprek tussen melkveehouders, adviseurs, hydrologen en ecologen van het waterschap te stimuleren. De gehouden bijeenkomsten boden mogelijkheden om het gesprek over de huidige toestand als ook de gewenste situatie met elkaar te delen en concreet te maken in doelstellingen en het formuleren van oplossingsrichtingen. De gesprekken stimuleerden de bewustwording en de duiding van knelpunten.

In de praktijk bleken er in de proefpolder allerlei uitdagingen te zijn rondom de aan- en afvoer van water, de realisatie van de vastgestelde peilen, het in- of uitlaten van water en het onderhoud van slootbodemp en slootkanten. Inbreng van landbouwkundige data (vanuit bodemkundige analyses, KringloopWijzer of graslandgebruikskalender) en het combineren van data tussen waterschappen en agrariërs bood veel potentie om de problematiek en eventuele oplossingen helder te krijgen. Agrariërs hebben veel kennis over aanwezige verschillen binnen een polder (of afwateringsgebied) en de inbreng van deze inzichten vergroot de gezamenlijke kennis van het bodem- en watersysteem. En daarmee ook het handelingsperspectief voor maatregelen die ingrijpen op sloot(kant)beheer, bodembeheer of bemesting maar ook op de verdere agrarische bedrijfsvoering.

Een belangrijke vraag die naar voren kwam is in welke mate het toepassen van een bepaalde (combinatie aan) maatregel(en) daadwerkelijk bijdraagt aan het beperken van de verliezen naar het oppervlaktewater en het verbeteren van de waterkwaliteit. Bij zowel de melkveehouders als de waterschappen bestond daarom sterk de behoefte aan kennis over de effectiviteit van maatregelen.

3.3 Inhoud - inzicht in bodem-, water-, landbouwsysteem

De resultaten van de analyse van het water-, bodem- en landbouwsysteem worden hier kort toegelicht en zijn in meer detail beschreven in een aantal deelpublicaties van Ros & Hondebrink (2020), Van Rotterdam et al., (2019), Honkoop (2019) en Hendriks et al., (2021).

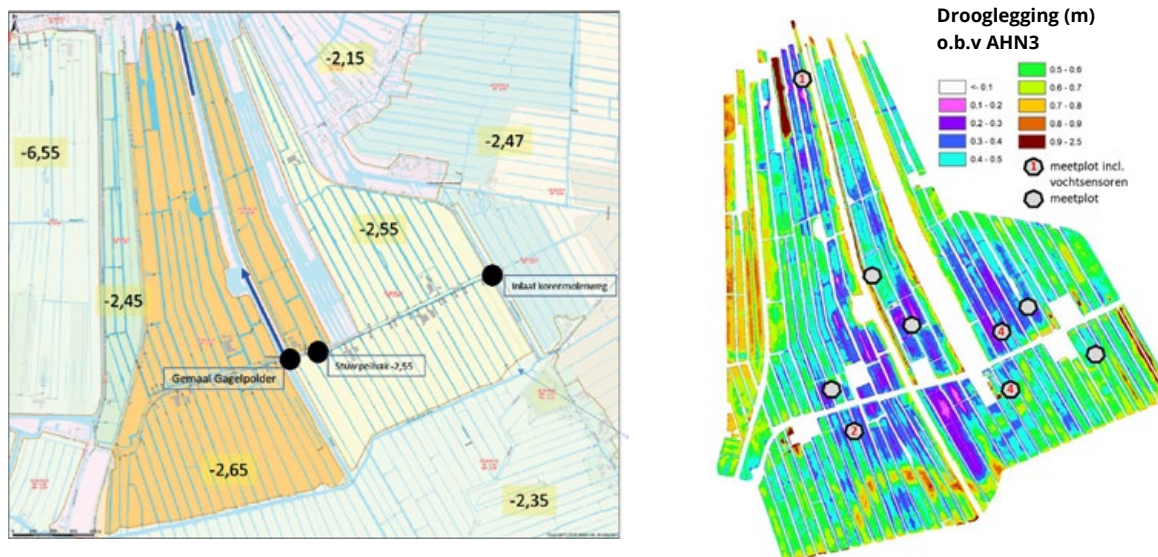
3.3.1 Bodem

De bodemsamenstelling varieert sterk binnen de Proefpolder. De bodemkwaliteit is in (in eerste instantie) in beeld gebracht op basis van resultaten van de bodemanalyses die de melkveehouders beschikbaar hebben gesteld. Het grootste deel van de agrarische percelen heeft een goede landbouwkundige kwaliteit. Binnen de polder bestaat een grote variatie in de bodemsamenstelling; het organische stofgehalte in de bovenste 10 cm varieert bijvoorbeeld tussen 25 en 50%. Dit heeft effect op de N-levering van de bodem aan het gewas. De pH is landbouwkundig op orde maar is op de percelen met een hoger kleigehalte in de bovenste 10 cm (ten zuiden van de Gagelweg) net voldoende en wat lager dan op de percelen met een lager kleigehalte. De fosfaattoestand varieert sterk tussen de percelen binnen de polder. Binnen de Proefpolder Gagelweg is er een relatief grote variatie in zowel het N- als het P-leverend vermogen van de bodem.

Handelingsperspectief is om de bemesting (nog) beter af te stemmen op de levering van nutriënten uit de bodem (en de gewenste gewasopname) door onderscheid te maken tussen percelen en de dierlijke mestgift daarop aan te passen.

3.3.2 Hydrologie

In de Proefpolder worden twee verschillende streefpeilen van het oppervlaktewater gehanteerd; in het oostelijke deel van de polder 2,55 m-NAP en het westelijke deel 2,65 m-NAP. Ten westen van de provinciale weg (N212) wordt een peil van 2,45 m-NAP gehanteerd. Het water uit het oostelijk deel stroomt over de stuw naar de centraal gelegen tussenboezem, waar het samen met het water uit het westelijk deel wordt weggepompt naar de noordelijk gelegen Vinkeveense Plassen. De afvoer van dit gemaal wordt geregistreerd en de waterkwaliteit wordt op maandbasis gemeten. Het water in de tussenboezem stroomt altijd naar het noorden. In het oosten wordt water bij de Korenmolenweg ingelaten. In de hele polder is sprake van wegzijging (geen kwel), maar deze wegzijging is in het noordelijk deel beduidend groter dan in het zuidwesten.



Figuur 3-2. Peilvakken (m NAP), gemaal, stuw en waterinlaat proefpolder (links) en de drooglegging (rechts) op basis van AHN2 (Massop, update 2017). De meetlocaties van de proefpercelen staan op de kaart rechts.

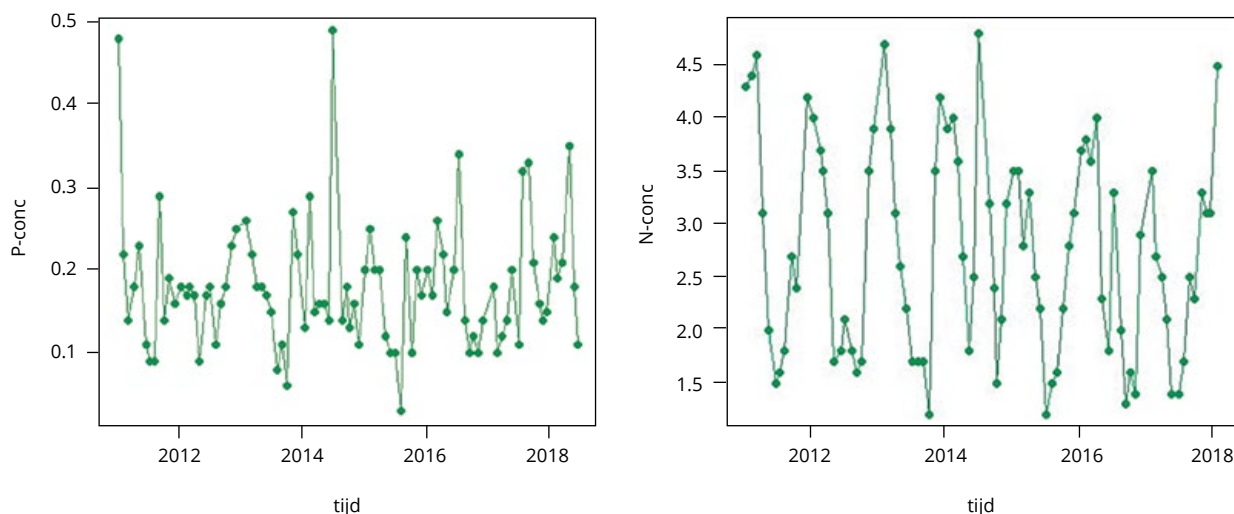
Binnen de percelen van de Proefpolder varieert de drooglegging (afstand tussen de perceelgemiddelde maaiveldhoogte en het oppervlaktewaterpeil) van ca. 75 cm-mv tot minder dan 20 cm (zie Figuur 3-2.1). De ondiepere drooglegging komt vooral voor in het centrale deel van de polder. In het grootste deel van de proefpolder varieert de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van 80 tot 100 cm-mv en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) ligt rond 20 tot 40 cm-mv. Op veen en veengronden met een kleidek betekent dit een potentiële opbrengstdepressie van 10%, waarbij het grootste effect veroorzaakt wordt door vertraagde groei in het voorjaar en droogte in de zomerperiode (KWIN-Veehouderij, 2020).

Tot 2016 was er veel invloed van gebiedsvreemd water. Bijna 80% van het water bij het gemaal kwam van buiten de Proefpolder Gagelweg via dijklekken en inlaten. Door verbeteringen aan de waterscheiding rondom deze polder en de omgeving is sindsdien de invloed van de dijklekken sterk verminderd.

3.3.3 Waterkwaliteit

Bij het gemaal worden verschillende parameters maandelijks gemeten die iets zeggen over de chemische waterkwaliteit, waaronder fosfor (P), fosfaat (PO_4) en stikstof (meetpunt WVO002). De P-concentraties bij het gemaal zijn het resultaat van de uit- en afspoeling van de nutriënten in de polder, de toestroom van gebiedsvreemd water (inlaat Korenmolenweg en enige invloed uit de zuidelijke en noordelijke polder door lekstromen rond de afgedamde sloten), en de processen in het oppervlaktewater (vastlegging en vrijkomen uit de slootbodem, opname door waterplanten en denitrificatie (Ros & Hondebrink, 2020).

De fosforconcentraties in het polderwater schommelen tussen de 0,1 en 0,5 mg/L en zijn gemiddeld hoger in de winter dan in de zomer (Figuur 3-3). De stikstofconcentraties schommelen tussen de 1,5 en 4,5 mg/L. Stikstof laat een zeer sterke seizoenvariatie zien; de concentraties zijn in de winter gemiddeld twee keer hoger dan in de zomer.



Figuur 3-3. Fosfor (links) en stikstof (rechts) concentraties gemeten bij het gemaal over de periode 2010-2017.

De chemische kwaliteit van het water dat via de inlaat aan de Korenmolenweg wordt ingelaten - afkomstig van het Amsterdam-Rijnkanaal - kent de laatste jaren een relatief goede waterkwaliteit door de vele maatregelen die in het hele stroomgebied van de Rijn zijn genomen (verlaging zoutconcentratie en afname N- en P-concentraties). Water afkomstig uit de Ringvaart, dat vanuit het noorden via enige dijklekage en infiltratie nog wat invloed heeft, is van slechtere kwaliteit. Dit komt grotendeels door het (ijzer- en ammoniumrijke) kwelwater dat vanuit de droogmakerij Wilnis-Veldzijde hierop wordt geloosd.

De chemische waterkwaliteit is in de Proefpolder over het algemeen goed. Door verbeteringen aan het watersysteem zelf (zoals de beperking van de lekstromen uit het noorden) is de fosforbelasting van het oppervlaktewater de laatste jaren substantieel gedaald. Ondanks deze daling is de berekende bijdrage van fosfor (P) uit de landbouwbodem over de afgelopen 10 jaar echter constant gebleven (berekend met de water- en stoffenbalans van Waternet). Ondanks de relatief goede chemische waterkwaliteit, moet de ecologische waterkwaliteit wel verbeteren om aan de KRW-doelstelling te voldoen. De chemische waterkwaliteit is de laatste decennia verbeterd, maar veldonderzoek tussen 2006 en 2017 geeft aan dat het ecologisch gezien in een arme staat verkeert, ondanks dat het water in de poldersloten overwegend helder is. Als graadmeter voor de (ecologische) toestand in de polder wordt door het waterschap frequent de hoeveelheid en soortensamenstelling van de aanwezige vegetatie (waterplanten) gemonitord.

Gegeven de huidige ecologische toestand en de niet afgenomen bijdrage uit de landbouwbodem, ligt er een opgave voor de waterkwaliteit. Het doel is een goede ecologie. Een verlaging van de belasting met nutriënten draagt bij om dit doel te bereiken. Het is onduidelijk welke maatregelen, en op welke termijn, leiden tot een betere ecologie. Ook de invloed van maatregelen uit het verleden als het intensieve en te diepe baggeren hebben mogelijk de ecologie negatief beïnvloed. Herstel van dergelijke maatregelen kost tijd.

3.3.4 Landgebruik en landbouw

Landbouw

In totaal hebben de vijf veehouders 271,4 ha land in gebruik, waarvan 40,95 ha buiten de Proefpolder ligt (in 2018). In de polder wordt uitsluitend gras geteeld en geen andere gewassen, zoals snijmais. De vijf melkveehouders variëren sterk in hun type bedrijfsvoering. De samenstelling van de bedrijven geeft best een aardige weerspiegeling van melkveehoudend Nederland. Van de 5 bedrijven is er één biologisch. Dit bedrijf beslaat in oppervlakte een relatief groot deel van de polder ten opzichte van de 4 gangbare melkveebedrijven.

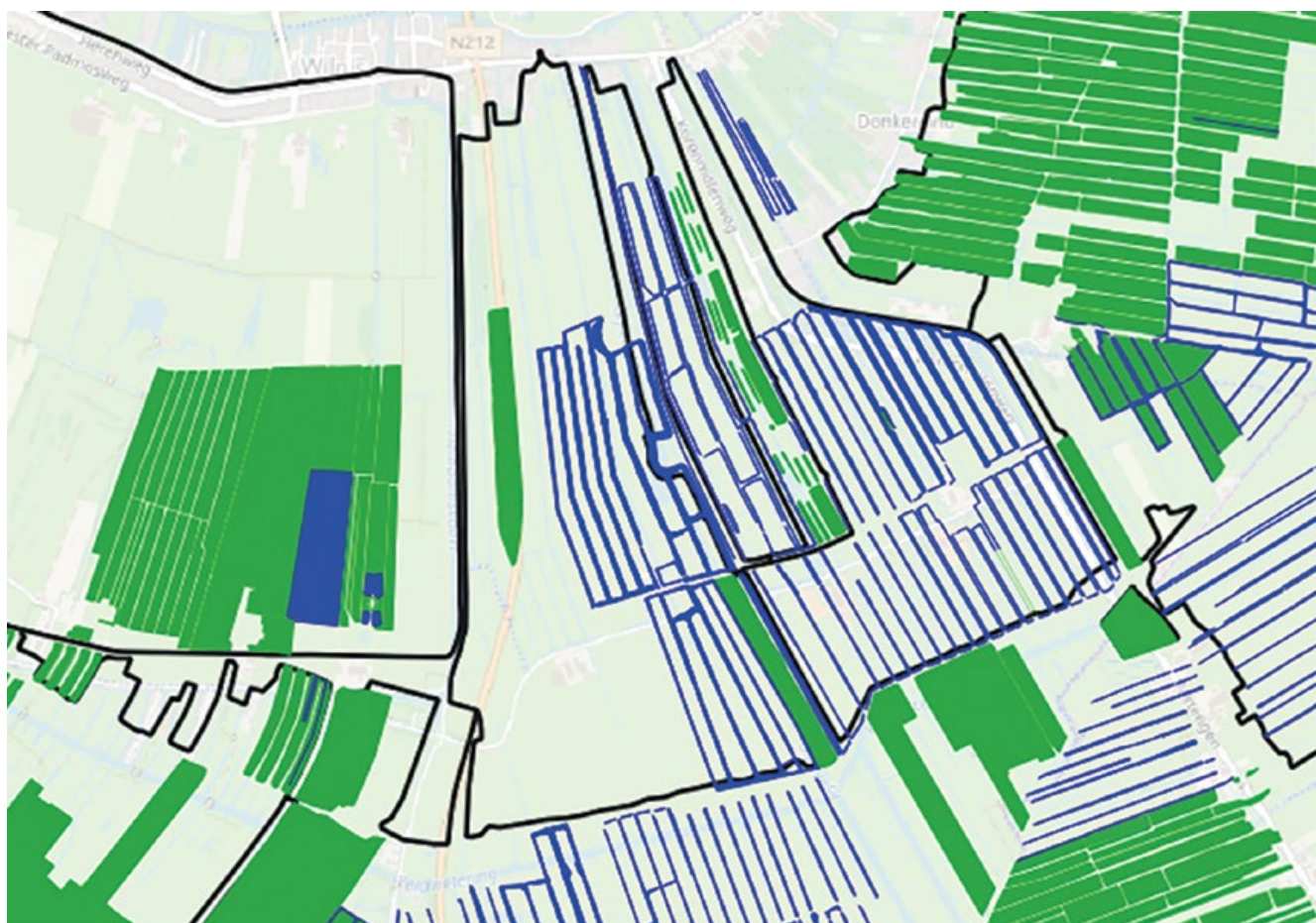
Van de 4 gangbare melkveebedrijven is één van de bedrijven een kleiner bedrijf, dat tegen het einde van het project is gestopt. De drie andere bedrijven hebben allemaal een eigen houding ten aanzien van de maatregelen waar zij in de Proefpolder mee aan de gang kunnen. Eén veehouder wil alleen maatregelen nemen als het moet en was zijdelings bij het project betrokken. Eén veehouder wil wel stappen zetten, maar alleen als de overtuiging er is dat het wat oplevert en er bredere goede ervaringen mee zijn. Het derde bedrijf vindt het leuk om af en toe eens wat te proberen, maar blijft de afweging maken of de baten hoger zijn dan de kosten en of het voldoende werkplezier oplevert. Daarmee zijn de bedrijven in typering een afspiegeling van wat over de breedte van alle bedrijven voorkomt in het veenweidegebied, maar wellicht niet in dezelfde verhouding.

In Honkoop (2020) is een aantal bedrijf- en milieukeurmerken van de melkveehouders in de Proefpolder getoond. Enkele opvallende zaken zijn:

- Een van de bedrijven gebruikt het ene jaar geen kunstmest en het andere wel. Dit is het bedrijf dat in 2019 is gestopt. Hier is suboptimaal bemest, omdat de aandacht lag op afbouwen van het bedrijf en niet op optimaal bemesten.
- De drie gangbare bedrijven zijn wat betreft intensiteit (kg melkproductie per ha) redelijk vergelijkbaar: 1 bedrijf is wat intensiever dan de andere 2 bedrijven.
- Op het biologische bedrijf is het bodem fosfaatoverschot per ha hoger dan de andere bedrijven. Dit wordt veroorzaakt door het ontbreken van stikstof kunstmest. De groei is daardoor minder en dus de onttrekking aan de bodem ook lager. De dierlijke mestgift is ook lager, maar dit corrigeert niet voldoende voor de lagere onttrekking.
- De kunstmestgift per ha is op de 3 gangbare bedrijven over de jaren gedaald. Dit was één van de maatregelen waar de boeren mee aan de slag zijn gegaan.
- Het aantal uur weidegang is op de bedrijven die in 2017 hier laag op scoorden, toegenomen. Bij de bedrijven met veel Weidegang is het beeld wat wisselender.
- De NH₃-emissie is stevig gedaald door het toepassen van water bij de mest. Dit leidt er wel toe dat het bodemoverschot minder daalt dan anders het geval zou zijn geweest (meer N komt op en in de bodem terecht).
- Door het verbod op fosfaatkunstmest en de inzet van het voerspoor wordt het fosfaatoverschot op de bedrijven negatief. Dit speelt breder en kan over enkele jaren tot problemen gaan leiden in gewasgroei en diergezondheid. In 2020 hadden veel kuilen een zeer laag P-gehalte. Dit is in de proefpolder ook goed zichtbaar. De P norm in het krachtvoer gaat daarom landelijk ook weer omhoog.

Groen-Blauwe diensten

Een belangrijk kenmerk van de polder is dat op diverse percelen pakketten zijn afgesloten binnen het agrarisch natuurbeheer, zoals mestvrije zones. Via het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb) zijn verschillende maatregelpakketten ontwikkeld die de waterkwaliteit kunnen verbeteren.



Figuur 3-4. Groene en blauwe diensten in de polder (situatie in 2019). In blauw de blauwe diensten zoals slootbaggeren, slootkantbeheer, bemestingsvrije zones en bufferzones. In groen de natuurlijke diensten, vooral rond weidevogel-beheer.

De belangrijkste zijn: ecologisch slootschonen, bemestingsvrije zones en de aanleg en onderhoud van natuurvriendelijke oevers. In het grootste deel van de Proefpolder Kringlooplandbouw zijn deze pakketten ook afgesloten, vooral in het centrale en oostelijke deel van de polder (Figuur 3-4). In 2019 was er binnen de proefpolder 33 km sloot dat regelmatig op diepte wordt gehouden via het pakket sloot-baggeren, was er 2,18 hectare (ha) natuurvriendelijke oever en was er 8,58 ha aan bufferzones. Uitgaande van een bufferstrook van circa 2 m breed, betekent dit dat bijna 43 km watergang een onbemeste bufferstrook heeft, die het risico op uit- en afspoeling van nutriënten vermindert.

3.4 Oplossingsrichting en aanpak

De laatste stap van het onderdeel 'in beeld brengen van de gebiedsopgaves' uit de polderaanpak (Figuur 2-1) was om een gezamenlijke aanpak te formuleren op basis van de opgaves, doelstelling en de specifieke kenmerken van de polder. In de proefpolder is de doelstelling geformuleerd om de ecologische waterkwaliteit te verbeteren door het verlagen van de stikstof (N) en fosfor (P) belasting van het oppervlaktewater uit de bodem door middel van kringloopmaatregelen. De meeste P-verliezen uit de bodem treden op via ondiepe uitspoeling en oppervlakkige afstroming. Oplossingsrichtingen zijn maatregelen die daarop ingrijpen door een verlaging van de nutriëntenbelasting als ook goed slootkantbeheer.

De aanpak in de Proefpolder was gericht op drie zaken. Allereerst het formuleren van maatregelen waar de melkveehouders mee aan de slag zouden gaan. Daarnaast moest de aanpak enerzijds invulling geven aan de kennishiaten en anderzijds effecten van de maatregelen op de nutriëntenverliezen onderbouwen door het uitvoeren van gedetailleerd onderzoek in de polder. Dit laatste wordt uitgebreid besproken in het volgende hoofdstuk.

Voor de start van het project is er een voorstudie gedaan waarin potentiële maatregelen in kaart zijn gebracht (Schipper et al., 2015) en een inschatting gemaakt van het effect van de maatregelen op het bodemoverschot. Op basis van deze maatregelen is de landbouw-adviseur in het project met de betrokken ondernemers in gesprek gegaan om te kijken welke maatregelen waar op de individuele bedrijven toepasbaar zijn. Uitgangspunt daarbij was dat de maatregelen naast een milieueffect, kostenneutraal waren of zelfs een besparing op zouden leveren. Of, en in welke mate, de maatregelen kosten besparen was daarbij regelmatig onderwerp van het gesprek. Eén van de veehouders gaf duidelijk aan geen maatregelen te willen treffen, maar zijn eigen plan te willen trekken. Met de andere veehouders is regelmatig een gesprek (of dialoog) geweest rond de maatregelen, de resultaten op het bedrijf en de resultaten uit breder onderzoek en de praktijkproeven in de polder.

Voor het veenweidegebied geldt over het algemeen dat de N-levering uit mineralisatie hoog is en dat de kunstmestgift in het najaar niet nodig is. Specifiek voor de proefpolder bleek gedurende het project dat de N-levering uit de veenbodem zo hoog was, dat bemesten met kunstmest na de 2^e snede nauwelijks meer effect had op grasopbrengst en -kwaliteit. Het handelingsperspectief ligt in het verbeteren van de N-benutting, het verlagen van de N-kunstmestgift en een betere spreiding van de dierlijke mestgift om te voorkomen dat de P-toestand van de bodem te laag wordt.

Binnen het project ontstonden wat betreft maatregelen een aantal speerpunten waaraan gewerkt is. De belangrijkste was sturen op minder N-kunstmest. Enerzijds om het bodemoverschot te verlagen en de N-levering uit de bodem beter te benutten, maar ook omdat het eiwitgehalte in het gras hoog was. De discussie die hiermee gepaard ging betrof de vraag wat de gevolgen hiervan zouden zijn voor de grasopbrengst.

Een ander belangrijk speerpunt was om in samenhang met de daling van de N-kunstmestgift de benutting van de drijfmest te verhogen. Dit is gedaan door een optimale verdeling van de drijfmestgift over het seizoen en tussen de weide- en maaipercelen én door het toevoegen van water aan de mest. Met minder kunstmest en water bij de mest zijn ook praktijkproeven bij één van de melkveehouders aangelegd. Het doel hiervan was dat de melkveehouders zelf ervaring konden opdoen met experimenteren in de eigen polder. Onderzoek uit een rapport is toch anders dan onderzoek in de eigen polder of bedrijf. Naar het einde van het project toe is de inzet verschoven naar het verlagen van de eiwit aankoop. Dit is een uitdaging, omdat het rantsoen moet blijven kloppen en eiwit een behoorlijk effect kan hebben op melkproductie. Daarnaast werden regelmatig nieuwe inzichten gedeeld om via de beweidingsstrategie, het graslandmanagement (maaieren of weiden, bekalking, baggerspuit) als ook bemesting (wanneer, hoeveel, welke soort) te sturen op een hogere benutting van nutriënten.



Detailanalyse Proefpolder Gagelweg

4.1 Methode

Kringlooplandbouw heeft de potentie om de emissie van N en P naar het watersysteem te verlagen. Welke maatregelen wel of niet of meer of minder bijdragen aan een verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit en hoe effectief deze maatregelen zijn, leverde nog grotendeels openstaande vragen op. Om hiervoor kennis op te bouwen is in 2017 het onderhavige onderzoek opgezet. Het onderzoek bestond uit de volgende onderdelen:

- **Intensief contact met boeren** over management en de implementatie van maatregelen.
- **Verzamelen van bedrijfsdata** (KringloopWijzer, graslandgebruikskalender), vertaling naar opbrengsten en bemesting op perceelniveau, bodemdata van de toplaag en het bodemprofiel, aangevuld met sensordata grondwaterstand en vochtgehalte op percelen binnen de polder.
- **Driejarig veldexperiment** op 9 proefpercelen met drie verschillende niveaus van kunstmest-giften (verder aangeduid als kunstmesttrappen) om de levering van N- en P uit de bodem en het bemestings-effect op de gewasopbrengst en gewaskwaliteit te bepalen. Meetgegevens van deze veldexperimenten zijn gebruikt om de relatie tussen bodem- en weerskenmerken, en het stikstof leverend vermogen (NLV) van de bodem in beeld te brengen.
- **Demonstratieproef** rond de impact van i) water bij de mest, ii) reductie van N-kunstmest en iii) onderwaterdrainage.
- **Laboratoriumexperimenten** met bodemmonsters ter bepaling van fysische en chemische bodemeigenschappen en kalibratie van de vochtsensoren die op proefpercelen zijn geplaatst.
- **Gedetailleerde modellering** van de water - en nutriëntenhuishouding in de proefpolder waarbij state-of-the-art kennis en modelprogramma's zijn toegepast om gedrag van vocht en nutriënten in detail te kunnen simuleren (Hendriks et al., 2021). De data van de bodem, (grond)water, geschatte gewasopbrengsten, bodembewerkingen en mestgiften zijn verwerkt in de modellering. In de modellering is de Proefpolder Gagelweg ingedeeld in 19 deelgebieden (clusters van percelen).
- **Metingen in het extreme weerjaar 2018** met de uitzonderlijk lange droge periode en daaropvolgende extreme neerslaggebeurtenis in september 2018 (79 mm in 2 dagen) gaven aanleiding om het modelconcept te verfijnen; in het bijzonder rond de rol van macro-poriën door krimpscheuren in combinatie met hysteresis van de doorlatendheid bij herbevochtiging en toenemende infiltratieweerstanden bij het diep uitzakken van grondwaterstanden.
- **Detailberekeningen** van de effecten van maatregelen zoals onderwaterdrainage, water bij de mest, bufferstroken en toepassing van minder kunstmest.
- **Herleiden van eenvoudige rekenregels** uit modelsimulaties om inzicht te krijgen in de nutriëntenverliezen naar het oppervlaktewater en in het effect van maatregelen op deze verliezen in het westelijk veenweidegebied.

Voor een schematische weergave van het modelconcept waarmee de vocht- en nutriëntenhuishouding van de bodems zijn gesimuleerd, wordt verwezen naar (Hendriks et al., 2021).

4.2 De agrarische bedrijfsvoering

Uit de analyse van de gegevens uit de KringloopWijzers van de vijf bedrijven (Honkoop, 2020) blijkt dat in de periode 2016 tot en met 2019 het areaal grasland is gestegen, de dieraantallen zijn afgenomen en de productie per koe is toegenomen. Uitgedrukt per ha is de geproduceerde hoeveelheid melk afgenomen. De hogere productie per koe van de afgelopen jaren leidt dus niet tot een intensivering, omdat er extra

areaal is bijgekomen en dieraantallen zijn gedaald. In feite is de polder in de periode 2017 t/m 2020 geëxtensiverd.

Eén van de uitkomsten is dat op bodemniveau er over de afgelopen jaren een toenemend negatieve fosfaatbalans is ontstaan (zie Tabel 4-1). In tegenstelling tot stikstof, wordt voor fosfaat de fosfaatlevering uit de bodem niet meegenomen in de berekening van de fosfaatbalans. De negatieve fosfaatbalans wordt veroorzaakt door een daling in de fosfaat aanvoer en een hoge onttrekking. Derogatiebedrijven mogen meer dierlijke mest van graasdieren gebruiken. De uiteindelijke hoeveelheid nutriënten die derogatiebedrijven mogen toedienen is hetzelfde als niet-derogatiebedrijven. Alleen de verhouding dierlijke en kunstmest is anders. Fosfaat kunstmest is niet toegestaan op derogatiebedrijven sinds 2014 en een aantal jaren erna (2017) is door de implementatie van het fosfor voerspoor (minder fosfor in aangekocht veevoer) ook de aanvoer via het aangekochte voer gedaald. Alleen 2018 is een uitzondering met een fosfaat overschot door de lage gewasproductie.

De verwachting is dat de fosfaattoestand van de bodem op termijn gaat dalen als gevolg van de negatieve P-balans. Doordat op veenweidebedrijven stikstof beperkend is voor de dierlijke mestgift, is er geen ruimte om meer fosfaat met dierlijke mest aan te voeren, ook niet als de fosfaattoestanden in de categorie laag komen. Wanneer de fosfaattoestand daalt en meer P toegediend mag of moet worden om de P-toestand van de bodem op niveau te houden, dan heeft een veehouder momenteel alleen de mogelijkheid om voer aan te voeren met meer fosfor.

Tabel 4-1. Het N- en P-bodemoverschot en benutting van de proefpolder (gewogen gemiddelde voor de vijf bedrijven)

	2016	2017	2018	2019
Bodemoverschot N incl. N-N ₂ O (kg N/ha)	279	251	299	246
Benutting N in %	51	58	49	57
Bodemoverschot P ₂ O ₅ (kg P ₂ O ₅ /ha)	-5	-10	11	-20
Benutting P ₂ O ₅ in %	106	112	83	125

Het N-bodemoverschot varieert tussen 250 en 300 kg N/ha. Dit overschot is hoog, mede omdat voor het veenweidegebied de mineralisatie in de KringloopWijzer is opgenomen: mineralisatie en depositie beslaan samen 268 kg N/ha. Deze mineralisatie komt voor een belangrijk deel ook in het najaar beschikbaar, wanneer het niet meer volledig te benutten is door het gras. Als gevolg daarvan varieert de N-benutting van de bodem tussen de 49 en 58%. De variatie tussen de vijf bedrijven is daarbij tussen de 50-80 kg N ha/jaar. Dit biedt mogelijkheden om van elkaar te leren hoe je de N-benutting kunt vergroten, maar geeft ook aan dat de N-benutting in de veenweiden verhogen naar 70% moeilijk is.

Voor zowel N als P zijn de bodemoverschotten hoog in 2018 en is de benutting van N en P relatief laag. In 2018 is minimaal een snede minder geoogst vergeleken met eerdere jaren, met ook nog eens minder eiwit. In 2018 was de input van dierlijke mest grotendeels hetzelfde, ook de kunstmestgift was nagenoeg gelijk. Hogere balansen zijn dus het gevolg van nagenoeg gelijke giften en lagere onttrekking.

Het uitrijden van de drijfmest is op de meeste bedrijven nodig om voldoende opslag voor de winter te hebben. Tijdens de extreme droogte van 2018 is er nauwelijks mest uitgereden op de bedrijven, maar vervolgens is dit eind augustus en september alsnog gedaan omdat de kelders leeg moesten voor de winter. Vanuit benutting gezien was dit een suboptimaal moment. Iets vergelijkbaars speelde bij kunstmest. De meeste kunstmest gaat naar de 1^e en 2^e snede, daarna zijn de giften normaal niet hoog of

afwezig. De 1^e snede is gewoon bemest en geoogst, de 2^e snede is wel bemest maar vervolgens door de ingevallen droogte nauwelijks geoogst. Ook met optimaal management was het gegeven de omstandigheden nauwelijks mogelijk geweest een beter resultaat te halen, alleen intensief beregenen had kunnen helpen om de overschotten te beperken.

Het N-bodemoverschot kan niet alleen worden beïnvloed door de (kunst)mestgift maar ook door het voerspoor. De twee grootste aanvoerposten op een melkveebedrijf zijn namelijk kunstmest en voeraankoop. Als op die twee posten de aanvoer omlaaggaat, met gelijkblijvende producties, daalt ook de bodeminput en gaat de benutting omhoog. Een belangrijke uitkomst van het onderzoek is dat het optimaliseren (en verlagen) van de aankoop van eiwit volop mogelijkheden biedt, maar tegelijk ook een grote uitdaging is (zie hoofdstuk 5.2).

Op het gebied van fosfor is in het voerspoor een sprong voorwaarts gemaakt. Dit is te danken aan afspraken tussen de zuivel- en de voerindustrie. In dit voerspoor is het mengvoer aan een maximum P-gehalte gebonden. Deze norm is in de loop van 2017 verlaagd en de effecten hiervan zijn vanaf 2018 zichtbaar.

4.3 Stikstofleverend vermogen van de bodem

Voor de achtergronden, aanpak en resultaten van de hier beschreven resultaten wordt verwezen naar het achtergrondrapport en gerelateerde artikelen (Pijlman, 2020; Pijlman et al., 2020a; Pijlman et al., 2020b). Uit de resultaten van de veldproef met negen meetveldjes en drie bemestingstrappen (0, 125 en 250 kg N/ha) bleek er binnen de polder een grote variatie te bestaan in grasopbrengsten, stikstoflevering van de bodem en respons op N bemesting tussen jaren (3 jaren) en percelen. Droge stof producties varieerden binnen hetzelfde melkveebedrijf met enkele honderden kilo's tot ruim 3 ton per hectare per jaar, bij alle bemestingsniveaus. Uit de metingen bleek verder dat het verhogen van de bemesting van 0 naar 125 kg N gemiddeld 0,7 tot 1,5 ton extra opbrengst opleverde, en van 125 naar 250 kg N gemiddelde 0,8 tot 0,9 ton extra opbrengst opleverde. De stikstof vastlegging uit kunstmest in het gras varieerde ook tussen jaren en velden, en lag gemiddeld rond 65% - hetgeen gebruikelijk is in veenweiden - in het eerste jaar van meten. Daarna leek de N-benutting te dalen maar dit was mogelijk deels te verklaren door de extreme weersomstandigheden in 2018 (zeer droog).

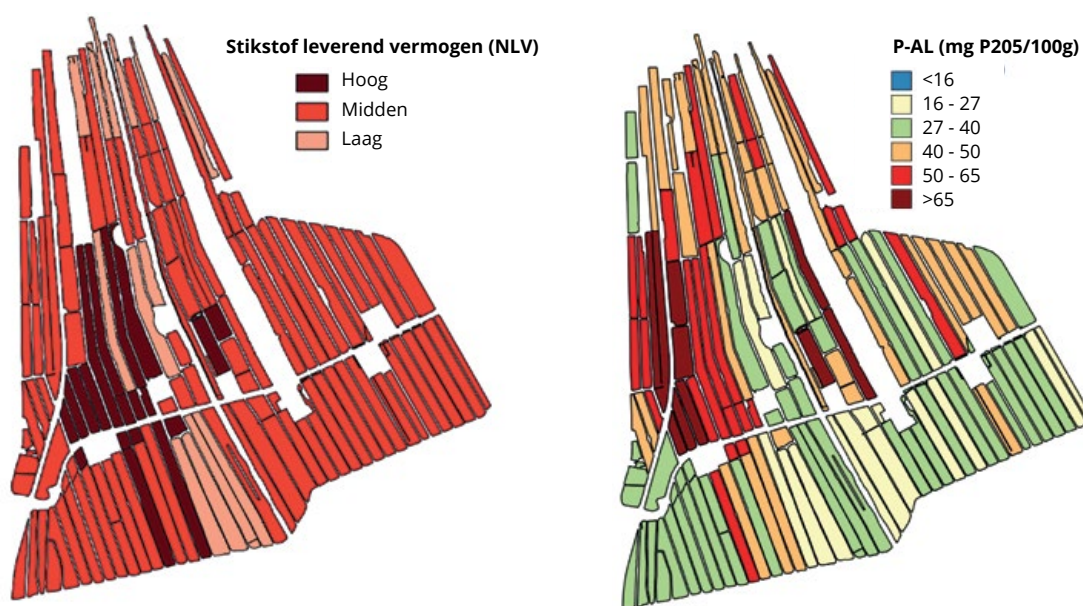
Uit de demonstratieproef bleek dat na het gedeeltelijk of geheel weglaten van een kunstmestgift het eiwitgehalte van het gras daalde en de benutting van N uit (kunst)mest toenam, in een perceel met een hoog NLV. Dit gaf als positieve effecten dat de N-benutting door de bodem verbeterde en dat het eiwit uit het gras (potentieel) beter te benutten was door melkkoeien. Het weglaten van kunstmest na de eerste snede gaf 4% minder droge stof opbrengst op het perceel waar de demonstratieproef plaatsvond. Het extra verdunnen van drijfmest (DM) met water (W) (1W:1DM ten opzichte van 1W:2DM) had geen significante effecten op de grasopbrengst en -samenstelling op het proefperceel.

Uit de bredere analyse van meetgegevens van grasopbrengsten uit de Proefpolder KLL en de Westelijke Veenweiden bleek dat het NLV in de proefpolder hoog was; ca. 50 tot 100 kg hoger dan in 'gemiddelde' veenweidepercelen. Daarnaast kon worden bevestigd dat het NLV varieert gedurende het groeiseizoen: het is het laagst in het vroege voorjaar, het hoogst in het midden van het groeiseizoen en zakt weer in najaar. Het verloop van het NLV gedurende het groeiseizoen blijkt geschat te kunnen worden aan de hand van de temperatuur en het bodem organische stofgehalte.

Met dit inzicht kunnen bemesting, beweiding en oogst verder worden afgestemd op het verloop van de stikstoflevering van de bodem. Specifiek voor de Proefpolder, betekent een hogere NLV dat minder (kunst)mest N kan worden bemest zonder een groot effect op de grasopbrengst en -samenstelling. Concreet betekent dit dat er minder of geen kunstmest na de 2^e/3^e snede nodig is. De proefresultaten

laten ook zien dat de 'constante' NLV van 235 kg N per ha per jaar in de KringloopWijzer beter vervangen zou kunnen worden door een jaarlijks variabele waarde op basis van weercondities in specifieke jaren en het organische stofgehalte van de bodem. Ook kan binnen een bedrijf of gebied een indicatie worden gegeven waar naar verwachting het NLV juist lager of hoger zal zijn dan de geschatte standaardwaarde van de KringloopWijzer. Voor de Proefpolder is dit getoond in Figuur 4-1.

Om maatwerk te leveren blijft het van belang vooral ook te kijken naar de historische bemesting, grasopbrengsten en graskwaliteit, omdat er vaak lokale variaties zijn. Samen met de variatie in NLV, en andere parameters zoals benutting van bemesting, de fosfaattoestand van de bodem, en het risico op af- en uitspoeling kan dit gebruikt worden om het graslandmanagement te verfijnen en de N-benutting te optimaliseren.



Figuur 4-1. Relatieve inschatting van het stikstof leverend vermogen (NLV) van percelen in de proefpolder (links), op basis van het model beschreven in Pijlman et al., (2020). Elke klasse (Hoog, Midden, Laag) heeft een gelijke klassenbreedte van 30 kg NLV per hectare per jaar. Dit betekent dat het gemiddelde verschil tussen de klassen 30 kg NLV per hectare per jaar is. Rechts is de fosfaattoestand van de bodem zoals bepaald met P-AL.

4.4 Fosfaatleverend vermogen van de bodem

De belangrijkste conclusies voor fosfaat zijn dat binnen het gebied een grote variatie bestaat in P-beschikbaarheid en P-reserves in de bodem (Figuur 4-1), en dat deze kennis gebruikt kan worden om efficiënter om te gaan met de beschikbare nutriënten. De grote variatie is niet alleen zichtbaar in de bovenste 10cm maar ook in de diepere bodemlagen. Ook gedurende de looptijd van de proef hebben enkele percelen een grote variatie: een sterke toename als gevolg van reparatiebemesting en een daling bij een hoge fosfaattoestand als gevolg van intensief maaien. Echter, voor de meeste percelen bleek deze variatie binnen de looptijd gering, vooral waar de fosfaattoestand neutraal tot laag is.

Het P-gehalte in het gras is in een normaal weerjaar voldoende om als ruwvoer gebruikt te worden voor melkvee. Het P-gehalte van gras kan goed voorspeld worden door een rekenkundige combinatie van de N- en P-gift, de P-beschikbaarheidsindex van de bodem, de kali-toestand en de pH van de bodem. Wanneer de fosfaattoestand laag tot neutraal is volgens de landbouwkundige beoordeling, dan is het handhaven van een voldoende hoge pH door onderhoudsbekalking belangrijk voor een goede benutting van de P in de bodem en in de mestgift.

Maatregelen die bijdragen aan lagere verliezen van P naar het watersysteem richten zich enerzijds op het beperken van de relatief grote invloed van percelen met een hoge fosfaattoestand (hot-spots) en anderzijds op het opvangen van P-verliezen via korte transportroutes richting de sloot tijdens piek-events. Dit laatste kan bijvoorbeeld door onbemeste bufferstroken die als buffer dienen tussen perceel en sloot. De hot-spots met een hoge fosfaattoestand dragen enerzijds sterk bij aan de P-verliezen maar anderzijds is het in de bodem beschikbare P (meer dan) voldoende voor het gewas en is het gewas slechts (zeer) beperkt afhankelijk van de P-gift. Een zinvolle maatregel zou daarom zijn om de grote variatie in fosfaattoestand tussen percelen te benutten om de verdeling van de dierlijke mestgift en de aanvullende N-kunstmestgift te sturen. Waar de fosfaattoestand hoog is, zou minder bemest moeten worden met dierlijke mest (minder P) en waar deze laag is zou meer bemest mogen worden met dierlijke mest (meer P). Om dit verschil voor N te compenseren kan het worden aangevuld met kunstmest.

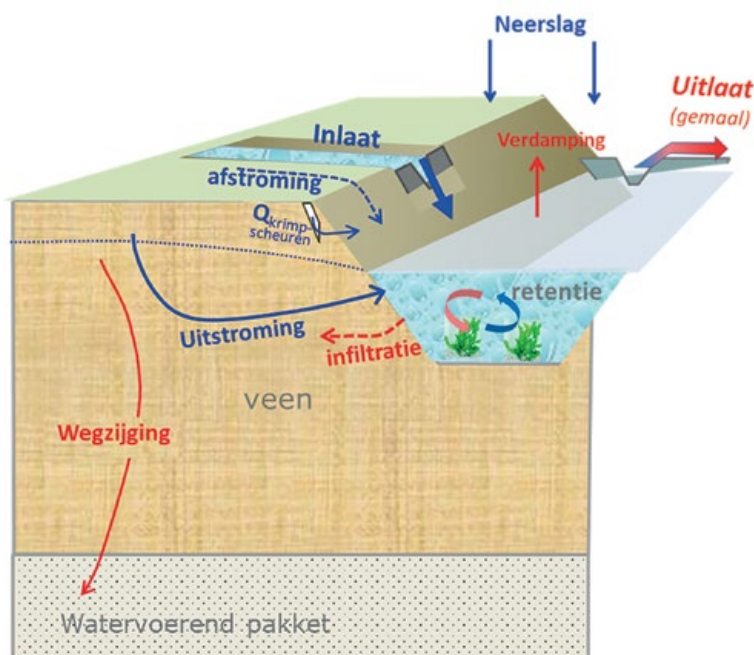
4.5 Modelling nutriëntenverliezen naar het watersysteem

In de volgende paragrafen worden de conclusies besproken uit de metingen en aansluitende gedetailleerde modellering worden de conclusies in de volgende paragrafen besproken (Hendriks et al., 2021). Deze conclusies zijn ook van toepassing op veenweidepercelen van melkveehouders in het Groene Hart, waar de bodemopbouw bestaat uit een 6 m dik veenpakket (meso- en eutroof) met een dun (10-20 cm) klei- of kleiig toemaakdek met wegzijging. Tenzij anders vermeld zijn de model-resultaten berekend voor de jaren 2007-2016 en zijn deze representatief voor het huidige klimaat.

4.5.1 Waterhuishouding - bodemvocht, grondwater en afvoer naar oppervlaktewater

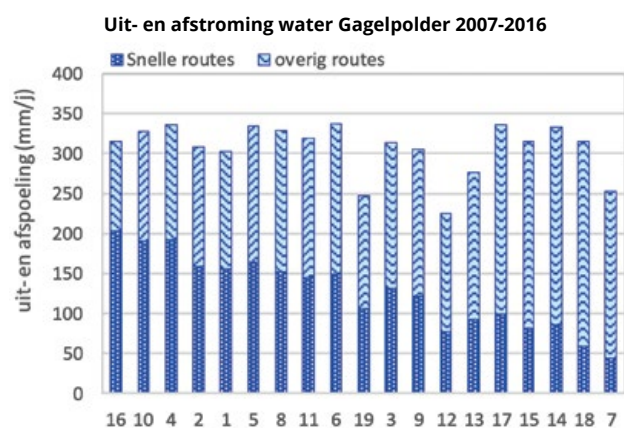
De waterbalanstermen en bijbehorende routes van en naar de sloot zijn schematisch weergegeven in Figuur 4-2. De snelle routes zijn de som van oppervlakte afstroming over het maaiveld (oppervlakteafspoeling), ondiepe (5-20 cm-mv of iets dieper via greppels) horizontale uitstroming (tussenstroom) en kortsluitroutes naar de sloot via (krimpscheuren). Deze snelle routes zijn van belang voor de risico's van een verhoogde hoge uit- en afspoeling van nutriënten naar de sloot, vooral als kort voor het optreden van deze routes kunstmest of weidemest is toegepast.

De snelle waterafvoer wordt allereerst bepaald door de hoeveelheid en intensiteit van de neerslag, de infiltratiecapaciteit van de bodem en de mate waarin het bodemprofiel al (vrijwel) geheel met water is gevuld. Een belangrijke veldfactor die dit proces sterk bevordert in de polder, is de overwegende bolligging van de percelen. Daarnaast bevordert de aanwezigheid van krimpscheuren in het waterafstotende droge minerale dek in zomer en najaar de waterafvoer via de tussenstroom (5 tot 20 cm diepte) ten koste van de oppervlakteafspoeling. In de berekende waterafvoer verschillen tussenstroom en oppervlakteafspoeling gemiddeld weinig (als mediaan 70 vs. 63 mm/j).



Figuur 4-2. Schematische weergave waterbalanstermen en bijhorende transportroutes van en naar de sloot.

Hoewel de Proefpolder Gagelweg vrij homogeen lijkt qua infiltratie en wegzijging, de afwezigheid van kwel, de nagenoeg homogene bodem (volgens bodemkartering, met een deklaag van 4-6 m dikte), is de variatie in uit- en afspoeling groot. De berekende waterafvoer varieert van 226 tot 337 mm/j (gemiddeld 315 mm/j). Figuur 4-3 toont per deelgebied de berekende totale waterafvoeren per jaar en de verschillende uit- en afspoelingsroutes naar het oppervlaktewater.



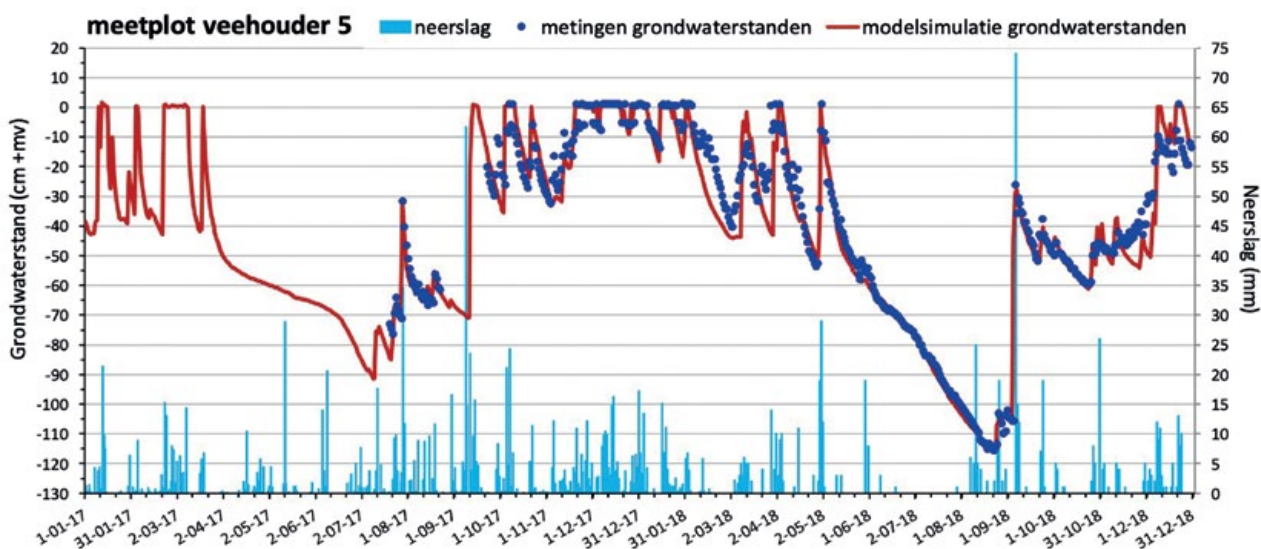
Figuur 4-3. Berekende jaargemiddelde waterafvoeren door uit- en afstroming van percelen naar het oppervlaktewater voor de periode 2007-2016. De snelle routes zijn oppervlakte-afstroming en oppervlakkige horizontale (ondiepe) uitstroming vooral via krimpscheuren. De gebieden zijn geordend naar de omvang van de snelle routes.



Kenmerkend voor de polder is het grote aandeel van de snelle afvoerroutes waarmee water van het perceel naar het oppervlaktewater wordt getransporteerd (Figuur 4-3). Dit komt onder andere doordat bijna alle percelen in de polder bol liggen en door de aanwezigheid van krimpscheuren in het kleiige toemaakdek. Gemiddeld is 40% van de totale waterafvoer in de polder via deze snelle afvoerroutes, maar deze verhouding verschilt sterk per deelgebied: van 45 (18%) tot 203 (65%) mm/j. De omvang van de totale waterafvoer en het deel dat snel wordt afgevoerd is afhankelijk van perceeleigenschappen.

Effect extreem droog weerjaar

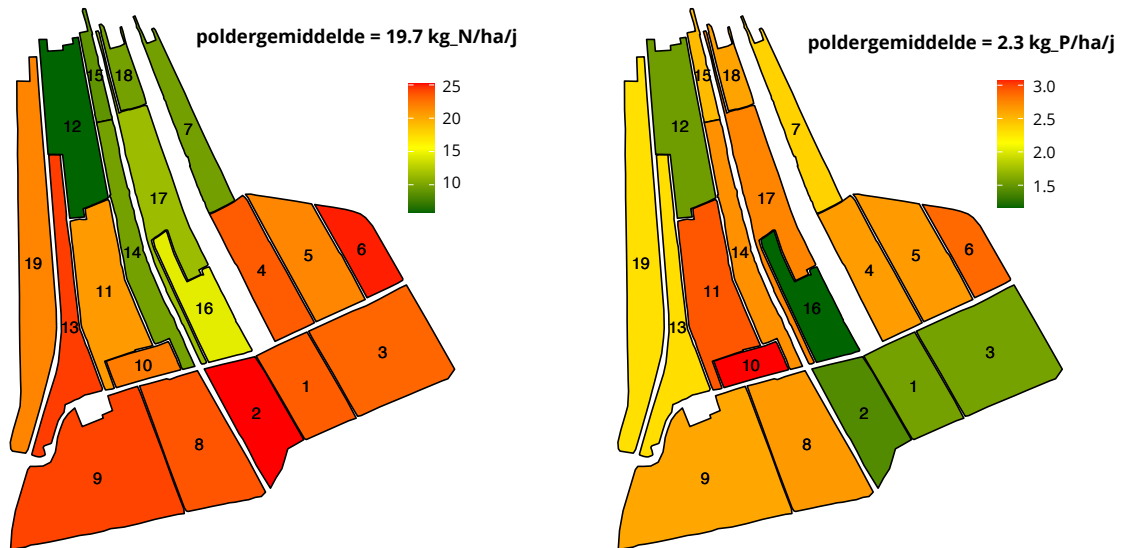
In het extreme weerjaar 2018 zijn de grondwaterstanden zeer diep uitgezakt. Figuur 4-4 toont de gemeten en berekende grondwaterstanden van een van de percelen. Het diepe uitzakken in de zomer van 2018 en de daaropvolgende vrij snelle stijging van de grondwaterstand in september heeft nieuw inzicht gegeven in hoe veenbodems met een waterafstotend kleiig toemaakdek en krimpscheuren zoals in de Proefpolder Gagelweg, reageren op droogte gevolgd door hevige neerslag. Bij de eerste hevige neerslag in de nazomer (5-6 september met 79 mm) stroomde veel neerslagwater direct af naar het oppervlaktewater. Het grondwater werd snel via krimpscheuren in het waterafstotende toemaakdek aangevuld, maar de bui was zo hevig dat daarbij lucht werd ingesloten waardoor nog meer neerslag snel ondiep werd afgevoerd.



Figuur 4-4. Gemeten en berekende grondwaterstanden op het perceel Veehouder 5.

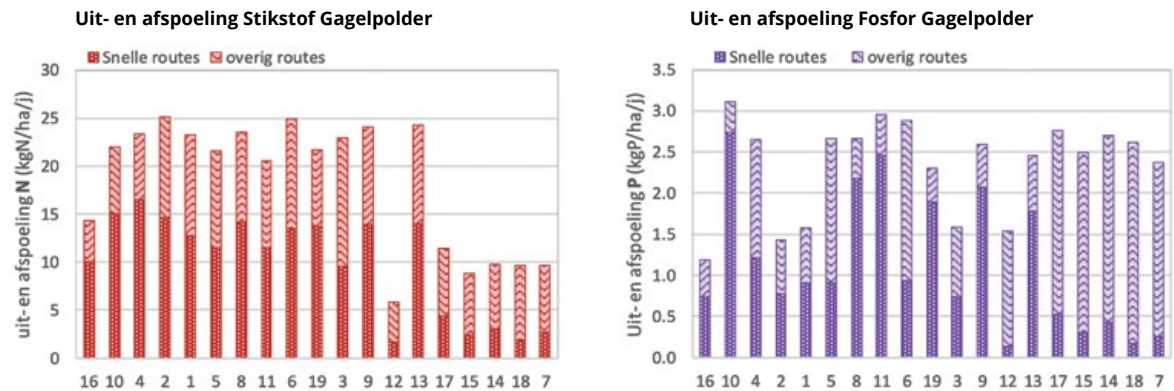
4.5.2 Uit- en afspoeling N en P naar oppervlaktewater

De ruimtelijke variatie in de polder wat betreft de berekende uit- en afspoeling van N en P naar het oppervlaktewater is voor de langjarig gemiddelde periode weergegeven in Figuur 4-5. De combinatie van de nutriëntenbronnen en routes geven grote verschillen in de uit- en afspoeling van de nutriënten naar het oppervlaktewater. De berekende langjarig gemiddelde uit- en afspoeling varieert tussen de deelgebieden voor N van 6 tot 25 kg N/ha/j en voor P van 1,2 tot 3,2 kg P/ha/j.



Figuur 4-5. Berekende uit- en afspoeling voor N (links) en P (rechts) in de periode 2007-2016.

Figuur 4-6 toont dezelfde uit- en afspoeling voor de 19 deelgebieden waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de snelle- en de diepe afvoerroutes. De uit- en afspoeling van N wordt sterk bepaald door de mestgiften en perceeleigenschappen die bepalend zijn voor de snelle afvoerroutes. De omvang van de snelle afvoerroutes van stikstof wordt vooral bepaald door de drooglegging, wegzijging en het kleigehalte (als maat voor krimpscheuren). Een relatief hoge uit- en afspoeling wordt berekend voor percelen met een geringe drooglegging, een geringe wegzijging en veel krimpscheuren. Het aandeel van de snelle uit- en afspoeling is in het merendeel van de gebieden meer dan de helft. Met de snelle routes spoelt een deel van de weide- en kunstmest die niet in de bodem zijn aangebracht uit naar de sloot.



Figuur 4-6. Uit- en afspoeling van N (links) en P (rechts) berekend voor de periode 2007-2016 (jaargemiddelde). De gebieden zijn geordend naar de omvang van de snelle routes (som oppervlakte afstroming, oppervlakkige laterale uitstroming, in aanwezigheid van macro-porieren en krimpscheuren).

De uit- en afspoeling van P verschilt sterk binnen de proefpolder (1,2 tot 3,1 kg P/ha/j). Deze variatie wordt enerzijds sterk bepaald door de snelle routes en daarnaast ook door de mate waarin de bodem is opgeladen met P, niet alleen de bovenste 10 cm, maar ook in de onderliggende diepere bodemlagen. De oplading van deze diepere bodemlagen met P komt niet alleen door de mestgiften (die vooral in het verleden hoog waren), maar zeker ook door de langjarig durende mineralisatie sinds de drooglegging van de veengebieden. Anders gezegd zorgt de maaiveldval van het veen ook voor de oplading van de overblijvende veenbodem met fosfaat.

De mate waarin de snelle uit- en afspoeling van P bijdraagt aan de P-verliezen naar het oppervlaktewater verschilt sterk per perceel, en dus ook per deelgebied (Figuur 4-6). Uit de analyse van de modelresultaten volgt dat deze verschillen vooral worden bepaald door de perceeleigenschappen, fosfaattoestand van de bodem (fosfaatverzadiging), drooglegging, en het kleigehalte. De grootste snelle routes voor P in de Proefpolder komen voor bij percelen met een hoge fosfaattoestand, veel krimpscheuren en een geringe drooglegging.

Effect extreem droog weerjaar

In de droge zomer heeft een zeer sterke mineralisatie plaatsgevonden waardoor veel stikstof als nitraat is vrijgekomen. Tijdens de hevige piekbui begin september 2018 is daarom veel nitraat uitgespoeld en is de uit- en afspoeling van stikstof in 2018 zo'n 3 keer hoger dan het langjarig gemiddelde. Ook voor fosfor was de uit- en afspoeling in 2018 hoger dan langjarig gemiddeld (namelijk ruim 25% hoger), maar niet zo extreem als voor stikstof.

4.6 Effectiviteit maatregelen

Met de voor de Proefpolder geoptimaliseerde modellen zijn effecten van maatregelen onderzocht die gericht zijn op het verminderen van de uit- en afspoeling van N en P. De totale nutriëntenbelasting wordt vooral bepaald door deze uit- en afspoeling, overige bronnen zijn externe wateraanvoer om de slootpeilen op niveau te houden, lekstromen vanuit het zuiden en noorden langs de afgedamde sloten en atmosferische depositie op open water. Voor de proefpolder is berekend hoe de uit- en afspoeling verandert door het 1) toedienen van minder N-kunstmest, 2) toepassen van onderwaterdrainage, 3) water toevoegen bij het uitrijden van dierlijke mest en 4) bufferstroken. Met de modellen en tools waarmee de waterschappen de nutriëntenbalansen berekenen, kunnen zij de effecten op de totale nutriëntenbalansen berekenen (Spanjers et al., 2015, Boekel et al., 2013, Schipper et al., 2021, Mandemakers et al., 2019).

4.6.1 Effectiviteit 'Lagere kunstmestgiften'

Met de veldproeven (3 jaar, 9 meetplots van elk 10x10 m²) is onderzocht wat de stikstoflevering is van de veenbodem bij verschillende niveaus van kunstmestgiften (N). De inzichten uit deze proef zijn gebruikt om op perceelniveau het effect van minder N-kunstmest te bepalen op basis van gedetailleerde modelberekeningen. In de periode 2017-2019 was de kunstmestgift circa 95 tot 160 kg N/ha bij 4 van de 5 bedrijven. Uit de veld- en demoproeven blijkt dat het mogelijk is om dezelfde gewasopbrengsten te kunnen realiseren met lagere kunstmestgiften op percelen met een hoge NLV.

Voor het berekenen van de effectiviteit van de maatregel 'lagere N-kunstmestgift' op de verliezen naar het watersysteem is onderscheid gemaakt tussen twee type bedrijven. De bedrijven waar ruime stikstof kunstmestgiften werden gegeven (circa 160 kg N/ha), verminderden hun kunstmestgift met 50 kg N/ha. Op bedrijven waar circa 100 á 130 kg N/ha werd toegepast, werd gerekend met 15 à 20 kg N/ha minder kunstmest. Uitgangspunt is dat vanaf juni geen kunstmest meer zou worden toegediend. Tabel 4-2 geeft de wijze waarop de maatregel is doorgerekend en de hierbij berekende effecten op de uit- en afspoeling van stikstof.

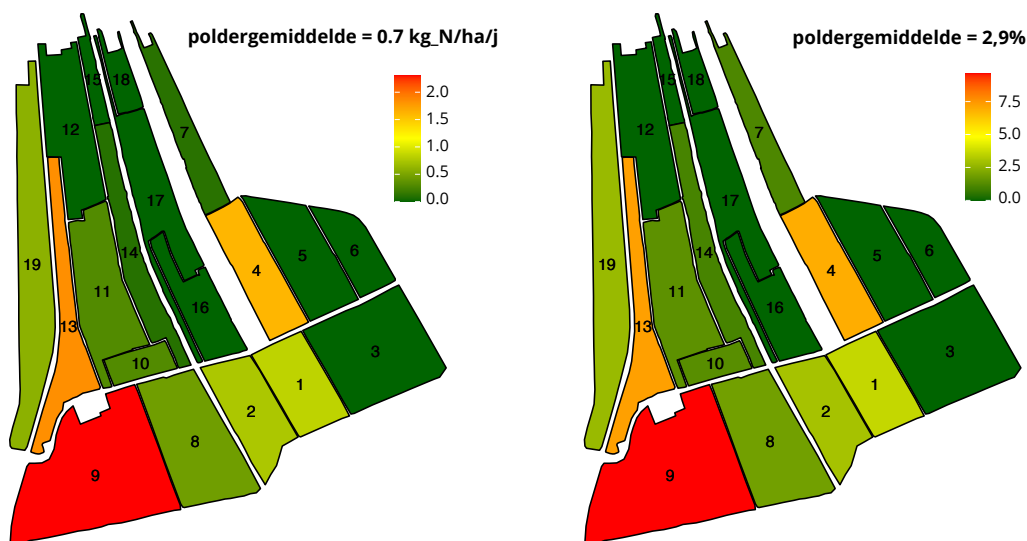
Tabel 4-2. N-kunstmestgiften en berekende N-uitspoelingsvrachten door het verminderen van het N-bodemoverschot van de tien deelgebieden van de Proefpolder waarin deze maatregel is toegepast.

Deelperiode 2007 - 2016

Deelgebied nummer	N-kunstmest giften			N uit & afspoeling	
	referentie kgN/ha/j	maatregel kgN/ha/j	afname kgN/ha/j	referentie kgN/ha/j	afname door maatregel kgN/ha/j
1	96	80	16	23	0.8
2	96	80	16	25	0.8
4	133	111	22	23	1.6
7	133	111	22	10	0.1
8	143	119	24	24	0.5
9	146	98	48	24	2.3
10	105	88	17	22	0.3
11	105	88	17	21	0.3
13	160	107	53	25	1.8
14	105	88	17	10	0.1
19	133	111	22	22	0.6
gem.	123	98	25	21	0.8

Extreem jaar 2018

Deelgebied nummer	N-kunstmest giften			N uit & afspoeling	
	referentie kgN/ha/j	maatregel kgN/ha/j	afname kgN/ha/j	referentie kgN/ha/j	Afname door maatregel kgN/ha/j
1	90	75	15	80	3.1
2	90	75	15	75	2.9
4	136	114	23	59	3.4
7	136	114	23	81	6.2
8	55	46	9	58	1.3
9	142	95	47	91	16.9
10	137	114	23	59	0.9
11	137	114	23	71	2.9
13	156	104	52	105	16.6
14	137	114	23	62	2.9
19	136	114	23	103	6.6
gem.	123	98	25	71	6.8



Figuur 4-7. Afname van de N-uitspoelingsvrachten door het verlagen van het N-bodemoverschot via lagere N-kunstmestgiften. Links: absolute weergave van de afname in kg N/ha/jaar; rechts in % van de oorspronkelijke N-gift.

De berekende afname van de uit- en afspoeling voor de periode 2007-2016 is ruimtelijk weergegeven in Figuur 4-7. Uit de modellering volgt dat de verlagingen van de kunstmestgiften op het polderniveau een gering effect hebben op de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater.

De berekende afname van de uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater is in een gemiddeld weerjaar, gemiddeld 0,8 kg N/ha/j. Dit komt enerzijds doordat de kunstmestgiften in het merendeel van de deelgebieden niet hoog waren en daar dus een vrij geringe (15 à 20 kg N/ha) verlaging van de kunstmestgiften is aangehouden. Anderzijds neemt de uitspoeling ook op de gebieden waar circa 50 kg N/ha minder kunstmestgift is doorgerekend, maar zo'n 2 kg N/ha af. De afname van de uit- en afspoeling naar water is in een gemiddeld weerjaar ongeveer 3% ten opzichte van de hoeveelheid kunstmest die minder wordt gegeven.

De maatregel 'Lagere kunstmestgift' heeft dus een gering effect op de N-emissie en nauwelijks een effect op de gewasopname. Verschillen in de effecten tussen deelgebieden wordt bepaald door de verlaging van de kunstmestgiften en de perceelkenmerken N-voorraad in de bodem en de drooglegging.

Effect extreem droog weerjaar

In het extreme jaar 2018 is de uit- en afspoeling van stikstof groter. Daardoor wordt voor dat jaar een groter absoluut effect van de maatregel berekend, i.c. bijna 7 kg N/ha/j. Bij een lagere gift van 50 kg N/ha, daalt de uit- en afspoeling in het extreme jaar 2018 met 17 kg N/ha/j. De maatregel 'Lagere kunstmestgift' leidt in een extreem weerjaar tot een grotere afname van de N-emissie naar het oppervlaktewater dan in een gemiddeld weerjaar.

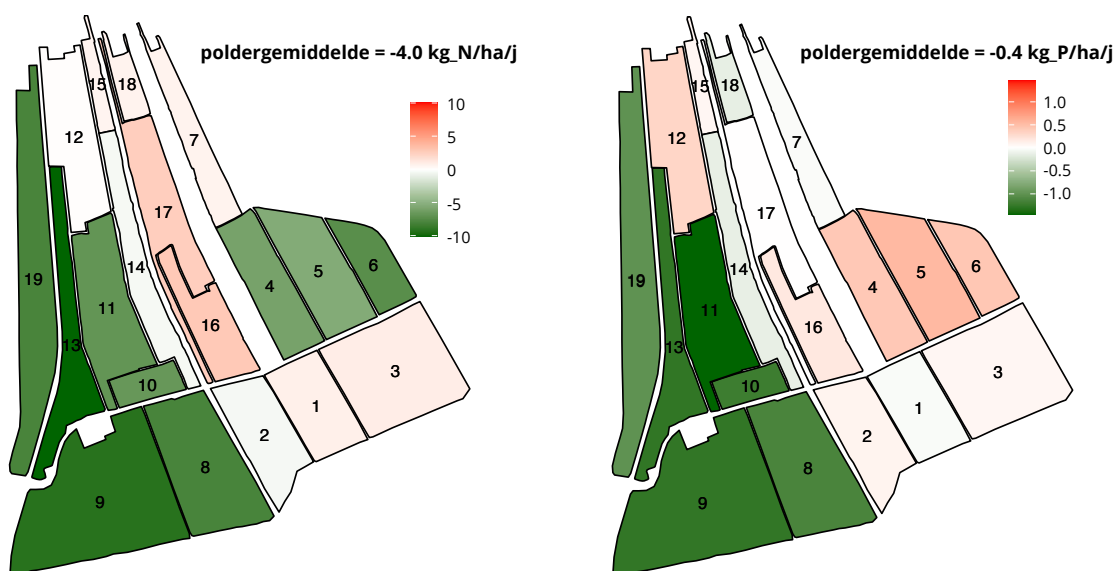
Opschalen

Voor het opschalen van deze bevindingen naar andere polders in het veenweidegebied kon vanuit de gedetailleerde modellering een simpele en betrouwbare formule worden afgeleid, op basis van de parameters, in volgorde van belangrijkheid: 1) afname van de totale mestgift, 2) drooglegging, 3) N-voorraad in de bodem en 4) afname van de kunstmestgift. Voor zowel een gemiddeld weerjaar als het extreme weerjaar 2018 wordt het effect vooral bepaald door de afname van de kunstmest gift (4) en daarmee de afname van de totale mestgift (1).

4.6.2 Effectiviteit 'Onderwaterdrainage'

Onderwaterdrainage (OWD) aanleggen heeft in veenweidepercelen veelal tot doel om maaiveldddaling tegen te gaan, maar heeft ook andere, vaak gunstige, effecten op het milieu (Woestenburg et al., 2009; Hendriks et al., 2012; STOWA Deltafact OWD). De aanleg vergt maatwerk en voor een goede werking is onderhoud van de drains belangrijk (zie kader). Voor alle percelen in de proefpolder is in principe de aanleg van reguliere OWD mogelijk, gelet op algemene randvoorwaarden; drooglegging tussen de 35–60 cm en geen sterke kwel. In de modelberekeningen zijn overal reguliere drains op 70 cm diepte gelegd en is de bestaande drooglegging en dus het oppervlaktewaterpeil gehandhaafd. De resultaten voor een gemiddeld weerjaar zijn samengevat in Figuur 4-8.

Voor het merendeel van de percelen neemt zowel de N- als de P-uitspoeling (sterk) af door OWD in een gemiddeld weerjaar. Voor N levert OWD op polderniveau een afname van gemiddeld 4 kg N/ha/j op een gemiddelde totale N-uitspoeling van 17,6 kg N/ha/j. Poldergemiddeld is het effect van OWD een reductie van 19% in N-verliezen naar het oppervlaktewater. Voor P levert OWD op polderniveau een afname van gemiddeld 0,4 kg P/ha/j. Poldergemiddeld is het effect van OWD een reductie van 18% in P-verliezen naar het oppervlaktewater.



Figuur 4-8. Effectiviteit van het aanleggen van onderwaterdrainage (OWD) op de verandering in de uitspoelings-vrachten voor N (links) en P (rechts).

Binnen de polder kan het effect van OWD echter sterk verschillen. Voor diverse percelen in met name het oostelijke peilvak, wordt nagenoeg geen effect of een toename (tot 21%) van de uitspoeling berekend (Figuur 4-8). In de deelgebieden 9, 10, 11, 13 en 19 wordt zowel voor N als P een sterke afname van de uit- en afspoeling berekend.

De verschillen tussen deelgebieden in het effect van OWD op de N-verliezen naar het oppervlaktewater worden vooral bepaald door de perceeleigenschappen: drooglegging, lutum en organisch stofgehalte, de totale N-bemesting en wegzijging. Voor fosfor wordt de variatie in het effect van OWD op de uit- en afspoeling tussen deelgebieden voor meer dan de helft bepaald door de verhouding (ratio) tussen de P-voorraad in de toplaag (0-10 cm-mv) en de P-voorraad dieper in het bodemprofiel (10-220 cm-mv). Deze verhouding is bepaald voor fosfor de verhouding tussen de ondiepe, snelle afvoer routes en diepere

uitspoeling. Met OWD nemen de ondiepe routes af en wordt P dieper door de bodem geleid waardoor de P-uitspoeling afneemt. Daarnaast zijn ook de fosfaatverzadiging en in mindere mate het organische-stof- en kleigehalte van belang. Voor percelen met een relatief hoge stikstofvoorraad in de top laag in combinatie met relatief hoge mestgiften is berekend dat door OWD de totale uit- en afspoeling toeneemt. Voor fosfor is ook een toename door OWD berekend voor percelen met een relatief hoge fosfaatverzadiging in combinatie met een relatief laag P-gehalte dieper in het bodemprofiel.

Effect extreem droog weerjaar

Voor het extreme jaar 2018 geeft OWD op alle percelen een afname in de N- verliezen naar het oppervlaktewater (gemiddeld 36 kg N/ha; 57% van de uit- en afspoeling zonder OWD) en op de meeste percelen ook een afname in de P-verliezen naar het oppervlaktewater (gemiddeld 1,2 kg P/ha; 32% van de uit- en afspoeling zonder OWD). Met de OWD kan de bodem namelijk de hevige piekbui die aan het eind van de droge periode viel (5 september 2018) beter verwerken in de modelberekeningen.

Opschalen

Voor het opschalen van deze bevindingen kon vanuit de gedetailleerde modellering een simpele formule worden afgeleid (met een hoge verklaarde variantie), op basis van de parameters: drooglegging, lutumgehalte, organische stofgehalte, actueel neerslagoverschot, totale N-bemesting en wegzijging. Met deze formule kan ook voor andere polders in het veenweidegebied, waar ook sprake is van wegzijging, het effect van OWD op de N- en P-verliezen naar het oppervlaktewater worden ingeschat (Hendriks et al., 2021).

Maaiveld daling en Onderwaterdrainage

De maaiveld daling in veenweiden wordt in sterke mate bepaald door de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG). Dan is de aeratie, waardoor zuurstof in het bodemprofiel kan doordringen, het grootst en het diepst, en de veenoxidatie het hoogst. Bij zeer diepe grondwaterstanden - in een extreem droge zomer of na peilverlaging bij een peilbesluit - wordt 'vers' veen aangesneden en ontwaterd, wat naast de extra oxidatie onevenredig veel bijdraagt aan de maaiveld daling door de onomkeerbare krimp. De veenoxidatie leidt mede tot een hoge stikstof en fosfor uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater en ook tot de uitspoeling van sulfaat.

Onderwaterdrains kunnen de maaiveld daling door veenoxidatie drastisch vertragen. In droge tijden bevorderen onderwaterdrains sterk de infiltratie van slootwater in de veenbodem en in natte tijden voorkomen zij door hun drainerende werking te natte percelen voor de landbouw. Omdat OWD alle wateruitwisseling tussen sloot en veenbodem versnellen, kan bij piekbuien water tijdelijk in de veenbodem worden opgeslagen en daaruit weer snel worden afgevoerd. OWD heeft niet alleen een gunstig effect door het afremmen van maaiveld daling, maar ook door afname van de uit- en afspoeling van nutriënten en sulfaat naar het oppervlaktewater, afname broeikasgasemissies, en levert veelal ook een betere mestbenutting en betere draagkracht van de landbouwbodem.

Het waterbeheer in veenweidegebieden is bij uitstek maatwerk. Dit geldt zeker voor de toepassing van OWD. Houdt men rekening met de randvoorwaarden, dan kan OWD in bijna alle veenweidegebieden worden toegepast. Alleen bij een sterke kwelsituatie kan vooraf worden aangenomen dat OWD milieutechnisch bezwaarlijk kunnen zijn door vergroten van de afvoer van nutriëntenrijke en zoute kwel. Verder kan als maximale drooglegging in het algemeen 60 cm worden aangehouden: bij een grotere drooglegging kan de drainerende werking te veel gaan overheersen en kan de nutriëntenuitspoeling (vooral sulfaat) gaan toenemen. Een geringere drooglegging tot 40 cm is gunstiger voor het beperken van de maaiveld daling en de sulfaatusspoeling. Goed onderhoud plegen is een voorwaarde voor goede, langdurige werking van OWD. De eindbuizen zijn kwetsbaar bij slootonderhoud; het is belangrijk om te voorkomen dat bagger in de drains komt of de in- en uitstroming hindert.

4.6.3 Effectiviteit 'Water bij de mest'

Aan de maatregel 'Water bij de mest' is invulling gegeven door uit te gaan van de verhouding water: mest als 1:2. Als resultaat hiervan vermindert de ammoniakvervluchtiging bij mesttoediening van 16% naar 10%. Hierdoor komt ook 6% van de toegediende stikstof extra beschikbaar in de bodem voor gewasopname en mogelijk ook voor af- en uitspoeling. Het extra water heeft mogelijk ook een effect op bodem N- en P-processen, omdat de verdunde mest sneller in de bodem wordt opgenomen. Voor deze berekeningen is per kuub mest (met een halve kuub water) uitgegaan van een extra wateraanvoer van 0,15 mm water in de vorm van beregening op het tijdstip van bemesten. Uit de modelberekeningen volgt dat de uit- en afspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater met ongeveer 0,5% afneemt. Deze afname is derhalve zeer gering. Voor fosfor zijn de effecten nagenoeg nihil.

4.6.4 Effectiviteit 'Bufferstroken'

Bufferstroken zijn niet-bemeste stroken op de overgang van perceel naar sloot, vaak met een natuurlijke begroeiing. Ze hebben een positief effect op de biodiversiteit en zorgen er ook voor dat de uit- en afspoeling van nutriënten naar de sloot afneemt. Dit laatste komt enerzijds doordat de strook niet bemest wordt en anderzijds omdat de strook nutriënten (en andere stoffen) die oppervlakkig en ondiep afstromen deels afvangt en zuivert. Door de WUR is een methode ontwikkeld (Groenendijk et al., 2021; in druk) om de afname van de uit- en afspoeling van nutriënten op het oppervlaktewater op basis van perceelkenmerken te kwantificeren. De methode is op basis van de monitoring en aansluitende modellering in de Proefpolder aangepast voor wat betreft de aannames over de snelle transportroutes naar de sloot (flux en concentraties). Met deze aangepaste methode is het effect van bufferstroken in de Proefpolder gebiedsspecifiek ingeschat. In de berekening is uitgegaan van stroken van 2 meter breed en op nagenoeg alle percelen aan beide zijden van de sloot een bufferstrook. Uitzondering zijn de sloten rond het bouwblok en de hele smalle/ kleine percelen. Dit komt neer op een lengte van in totaal 100 km en een bijhorend bufferstrook areaal van 20 ha (bijna 9% van het totale landbouwareaal in de polder).

De berekende effecten zijn weergegeven in Tabel 4-3. De uit- en afspoeling van stikstof neemt af met ruim 9% (1,6 à 2,1 kg N/ha, poldergemiddeld 1,7 kg N/ha) en de uit- en afspoeling van fosfor neemt af met ongeveer 8% (0,17 à 0,21 kg P/ha, poldergemiddeld 0,18 kg P/ha). Deze inschatting heeft betrekking op een langjarig gemiddelde situatie.

Rond 2019 was er circa 8,6 ha aan bufferzones in de proefpolder. Op basis van de voorgaande berekening, waar is uitgegaan van 20 ha bufferstroken, wordt ingeschat dat de uit- en afspoeling van stikstof met het huidige areaal bufferstroken afneemt met 4% en fosfor met ruim 3%.

Een belangrijke kanttekening bij de berekende afname in N- en P-verliezen is dat de effectiviteit van de bufferstroken sterk van plaats tot plaats kan verschillen en de mate waarin de stoffen in het oppervlakkig afstromende water wordt afgevangen sterk door de inrichting van de bufferstrook wordt bepaald.

Tabel 4-3.1 Berekende afname in uit- en afspoeling van percelen met bufferstroken.

Deelgebied	Stikstof		Fosfor	
	kg/ha	%	kg/ha	%
Peilgebied 1 (oosten)	1.98	9.3	0.168	8.7
Peilgebied 2 (westen)	1.58	9.1	0.206	8.3
Peilgebied 3 (ten westen N212)	2.15	9.9	0.174	7.6
Gehele proefpolder	1.73	9.0	0.184	8.1



Maatwerk en kansen Proefpolder Gagelweg en opschaling

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het perspectief van kringloopmaatregelen om de emissies naar het watersysteem te beperken. De maatregelen die succesvol zijn gebleken in de Proefpolder zijn op een rij gezet en er is een extrapolatie gemaakt naar de haalbaarheid en effectiviteit in de rest van het westelijk veenweidegebied. Daarnaast wordt ingegaan op de waardering van de maatregelen en hoe deze ingebed kunnen worden in verdienmodellen.

5.1 Introductie

Binnen de Proefpolder zijn diverse sporen bewandeld om meer grip te krijgen op het concrete handelingsperspectief dat melkveehouders hebben om voldoende en hoogkwalitatief ruwvoer te produceren met verminderde emissies van nutriënten naar het oppervlaktewater. Uitgangspunt daarbij was de redenatie dat lagere N- en P-verliezen naar het watersysteem leiden tot een betere chemische waterkwaliteit. Hiermee is de ecologische waterkwaliteit gebaat, naast dat die gebaat is bij een geschikt beheer en onderhoud van oevers en watergangen, zoals in de praktijk ondergebracht in diverse beheerpakketten. Meer informatie over de hierna beschreven resultaten is te vinden in de publicaties van Schipper et al., (2015), Honkoop (2020), Ros & Hondebrink (2020), Pijlman et al., (2020), Van Rotterdam et al., (2019) en Hendriks et al., (2021).

Kort samengevat zijn de resultaten uit deze studies:

- Om gericht te kunnen sturen is het belangrijk om eerst inzicht te hebben in wat het probleem is en te weten waar welke maatregelen het meeste effect hebben. Gebruik makend van expertkennis, proeven en modellen was het mogelijk om de maatregelen te evalueren in relatie tot hun inpasbaarheid als ook hun effectiviteit (zie hoofdstuk 4).
- Maatwerk op bedrijfsniveau is nodig: vermindering van het N- en P-bodemoverschot is een goede basis voor formulering van een Kritische Prestatie Indicator (KPI) voor kringlooplandbouw.
- Via een coachingstraject met ervaren adviseurs die kennis hebben van bodem, bemesting en graslandbeheer is het mogelijk om het huidige bodembeheer en bemesting op melkveehouderij-bedrijven zo te optimaliseren dat verliezen van N en P naar het watersysteem worden beperkt. Via advies kunnen bedrijfsdoelen worden vertaald naar maatregelen en beheer per perceel (wederom maatwerk).
- Demonstratieproeven op locatie zijn zeer geschikt om met name experimentele en wellicht risicovolle maatregelen te evalueren en het draagvlak ervoor te vergroten.
- Bovenstaand werkt alleen als er een intrinsieke motivatie is bij de melkveehouder of een vorm van waardering dan wel beloning beschikbaar is om deze maatregelen ook daadwerkelijk te implementeren.

De keuze voor de juiste maatregelen op de juiste plek vereist inzicht in de belangrijkste bronnen en emissie-routes van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater én de stuurbaarheid ervan. Dit is relevant voor zowel de technische implementatie (waar zijn wanneer welke maatregelen zinvol) als de sociale motivatie (maatregelen moeten ook uitgevoerd worden). Ook het noodzakelijke instrumentarium om veranderingen in beweging te brengen is van belang. Er is meer aandacht nodig voor de werking van de hydrologie en de totstandkoming van de waterkwaliteit, chemische en ecologisch, in het veenweidegebied. Hierbij speelt het waterschap een rol van betekenis richting de betrokken agrariërs.

5.2 Succesvolle maatregelen in de proefpolder

In Tabel 5-1 staan de belangrijkste maatregelen die in de proefpolder succesvol zijn gebleken en breed toegepast kunnen worden in het veenweidegebied. Dit zijn: het verminderen van N-kunstmest, het toevoegen van water bij de mest, een optimale verdeling van de drijfmestgift over het seizoen en tussen de weide- en maaipercelen, de verdeling van drijfmest over de verschillende percelen binnen het bedrijf op basis van de fosfaattoestand, de voorjaarsnede droger inkuilen, het verlagen van het RE-gehalte (Ruw Eiwit) van het rantsoen, de aanleg van onderwater- of drukdrainage, en de aanleg van bufferstroken. Vanuit gegevens uit het monitoringsmeetnet van het waterschap blijkt daarnaast dat een goed onderhoud en beheer van de sloten een andere belangrijke route is om de impact van stikstof- en fosforemissies op de ecologie te verkleinen en de biodiversiteit te vergroten.

Tabel 5-1. Succesvolle maatregelen om via bodembeheer en bemesting bij te dragen aan schoner oppervlaktewater door een vermindering van N- en P-verliezen richting het oppervlaktewater.

Maatregel	Effect kringloop	Effect waterkwaliteit	Toelichting
Aanleg onderwaterdrainage of drukdrainage	Middel	Groot	Kansrijk - investering punt van aandacht. Maatwerk per perceel
Aanleg bufferstroken	Hoog	Redelijk groot	Kansrijk - past binnen het ANLB. Grijpt direct in op de meest voorkomende emissieroute. Combineren met natuurvriendelijke oever
Verminderen kunstmestgift stikstof	Hoog Combineren met maatregelen voor betere benutting	Gering	Let op stikstof naleverend vermogen veenbodem en op ruw eiwit in graskuilen
Water toevoegen aan dierlijke mest	Hoog Dit wordt door deel van veehouders al toegepast	Nihil	Water bij mest zorgt voor minder N-verliezen richting lucht - er komen meer nutriënten in de bodem
Dierlijke mest vooral in voorjaar toedienen	Hoog Combineren met toevoegen water. Sleepslang tegen bodemverdichting. Let op natte bodem en regenbuien (afspoeling)	Mogelijk redelijk groot (niet uitgerekend)	Opslagcapaciteit dierlijke mest kan beperkend zijn: punt van aandacht (investering)
Verdeling dierlijke mest tussen percelen	Hoog	Mogelijk redelijk groot (niet uitgerekend)	Eenvoudig, benutting wordt verhoogd. Praktische consequenties voor afspraken met loonwerkers
Verlagen gehalte ruw eiwit in veevoer	Hoog	Mogelijk gering (niet uitgerekend)	Aandacht voor adviseurs veevoer (verkoop en potentieel risico op productiedaling)
Voorjaar snede droger inkuilen	Hoog	Geen	Graskuil wordt gevoeliger voor broei

De gemakkelijkste en meest haalbare route om het N-overschot terug te dringen op veen is via het verder verlagen van de N-kunstmestgift. In de Proefpolder is dit gedaan door vanaf de 3^e snede niet meer te bemesten met kunstmest. Gevoelsmatig is dit erg vroeg in het seizoen; de bemesting voor de 2^e snede vindt namelijk jaarlijks plaats tussen 2^e en 4^e week van mei. Dat is dan gelijk de laatste gift. In de Proefpolder bleek deze maatregel prima mogelijk. Uit het onderzoek is gebleken dat de N-nalevering uit de bodem in de proefpolder hoog is (250-340 kg N/ha; Pijlman, 2020). Daardoor is deze maatregel hier gemakkelijk uit te voeren en te implementeren. De verwachting is dat deze maatregel ook op andere locaties met veengrond in andere polders toegepast kan worden. Met de door Pijlman et al., (2020a) ontwikkelde rekenregels kan de N-levering worden geschat om te bepalen in welke mate de kunstmestgift verlaagd kan worden. De effectiviteit wordt vergroot en het risico op opbrengstderiving wordt verkleind als de lagere N-gift wordt uitgevoerd in samenhang met het verbeteren van de benutting van de drijfmest. Hiervoor is water aan de mest toevoegen de belangrijkste maatregel.

Aangekocht voer is de tweede grote N aanvoerpost op een melkveebedrijf en een vermindering hiervan vertaalt zich direct in lagere gehalten in de (drijf)mest. Gezien de relevantie vanuit diergezondheid en de melkproductie is de realisatie van dit voerspoor een uitdaging. Voeding, en dan vooral eiwit en energievoorziening, houdt direct verband met melkproductie en het verdienvermogen van een melkveebedrijf. Een melkveehouder neemt op dat gebied daarom veel minder snel een risico (ook als dat risico vooral gevoelsmatig is). Daarnaast is het meeste voeradvies op dit moment van partijen die ook voer verkopen. Vanuit de voeradviseur bekeken geeft minder eiwit in het rantsoen een verhoogd risico op een daling in de melkproductie en dus mogelijk meer werk door bellende en ontevreden boeren. Tegelijkertijd betekent minder eiwit adviseren minder omzet van relatief duur voer, of vaak goedkoper voer. Niet alle adviseurs zijn daarin hetzelfde maar de ervaring in de proefpolder en andere projecten is, dat het zeer moeilijk is om beweging op dit vlak te bewerkstelligen. Het lukt alleen als de veehouder overtuigd en zeker is van zijn zaak, zelf de doelen stelt en de adviseur daaraan houdt.

Op basis van de gedetailleerde bedrijfsanalyses komt Honkoop (2020) tot de volgende aanbevelingen voor de landbouwkundige praktijk:

- Verhoog de eiwitbenutting door het verhogen van het energiegehalte in het rantsoen.
- Stem de kunstmestgift af op het gewenste RE gehalte en de N-levering van de bodem.
- Verlaag de kunstmestgift bij tegenvallende (mindere) groei door andere omstandigheden dan N-voorziening (b.v. het droge jaar van 2018).
- Optimaliseer het tijdstip van bemesting en maaien gegeven het weer.
- Stem de hoogte en verdeling van de mestgift over de percelen af op de gewasbehoefte en perceelkenmerken.
- Neem maatregelen om opbrengstschade bij droogte te voorkomen dan wel te beperken via peilopzet, bevoeiing via greppels of via de aanleg van onderwater- of drukdrainage.

Hendriks et al., (2021) geven aan dat veelal snelle afvoerroutes tot emissies van N en P richting het watersysteem leiden. Dit betekent voor de praktijk dat afhankelijk van de hydrologische en bodem-condities op de percelen (bijvoorbeeld een hoge grondwaterstand of aanwezige krimpscheuren) en de weersomstandigheden een rol spelen bij de bemestingspraktijk. Zie ook STOWA (2004) en Hoogheemraadschap van Rijnland (2012).

5.3 Opschalen van maatregelen

Inzicht in de belangrijkste processen en sleutelfactoren die van invloed zijn op de N- en P benutting, als ook de verliezen naar het watersysteem, is cruciaal om te bepalen waar welke maatregelen effectief zijn. Het inzicht uit de proeven, metingen en modelberekeningen hebben dit voor de proefpolder mogelijk gemaakt. Om het effect van maatregelen op nutriëntenverliezen naar het oppervlaktewater ook in andere gebieden in het westelijk veenweidegebied te kunnen bepalen zijn op basis van de modelsimulaties metarelaties (rekenregels) afgeleid waarmee op basis van beschikbare perceelinformatie effecten op de uit- en afspoeling naar water kunnen worden berekend (Hendriks et al., 2021). Met deze rekenregels en met onder andere de door de waterschappen beschikbaar gestelde data is voor een aantal maatregelen de potentie doorgerekend voor het veenweidegebied in het beheergebied van waterschap Amstel, Gooi en Vecht en hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. De berekeningen zijn uitgevoerd op perceelniveau, waar volgens het landgebruik 'melkveehouderij' aanwezig is en volgens de bodemkaart het bodemtype 'veen'. Vanwege het indicatieve karakter van de berekeningen, zijn de resultaten gemiddeld per poldergebied weergegeven.

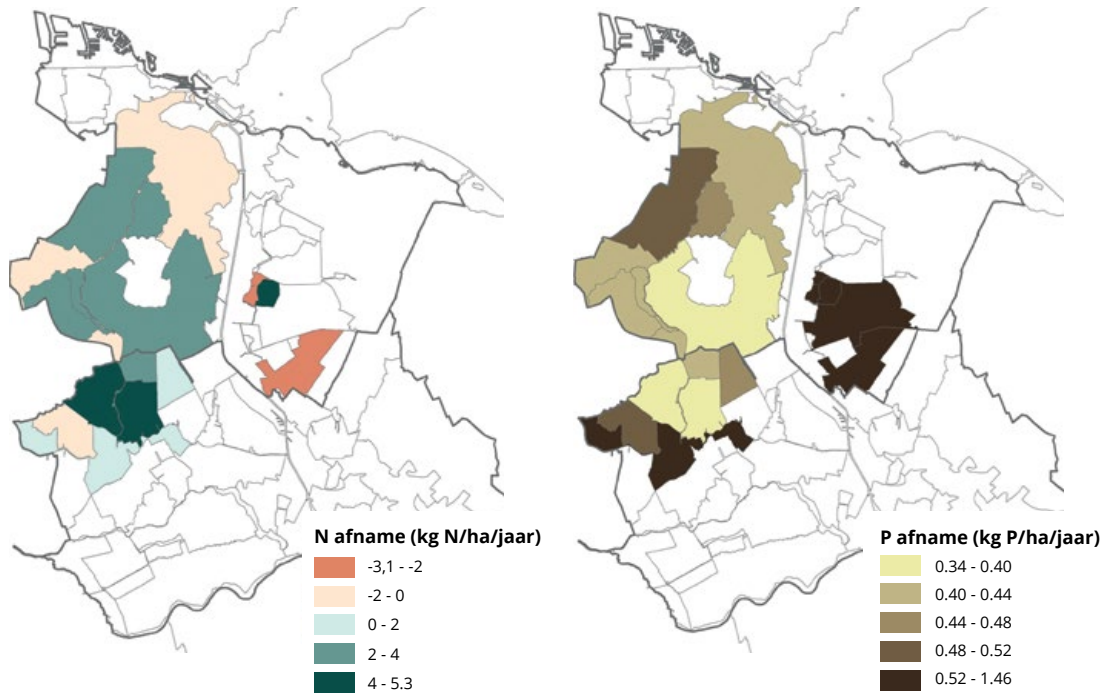
Toepassen onderwaterdrainage (OWD)

Uit de detailanalyse van de Proefpolder Gagelweg is OWD (regulier) als beloftevol naar voren gekomen om de uit- en afspoeling naar het watersysteem te verminderen. Zoals aangegeven kan OWD ook voor andere milieuthema's zoals droogte, maaiveldvaling en biodiversiteit gunstig zijn (Hendriks et al., 2012 en 2014; Woestenburg en Kwakernaak, 2009). OWD kan in meerdere veenweidepolders toegepast worden. Bij aanwezigheid van (sterke) kwel kan OWD ongunstig voor de waterkwaliteit uitpakken, net zoals in situaties met een drooglegging >60 cm.

Voor OWD als maatregel is op perceelniveau de rekenregel toegepast die in de detailanalyse (Hendriks et al., 2021) is afgeleid uit de SWAP-ANIMO berekeningen voor de weerjaren 2007-2016. Deze rekenregel berekent de jaargemiddelde afname van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor in kg/ha/jaar. Om het effect van OWD voor stikstof te berekenen worden hierbij de volgende perceelkenmerken gebruikt: drooglegging, klei- en organisch stofgehalte en N-voorraad van de top laag, totale N-mestgiften en wegzijging. Voor fosfor worden de volgende kenmerken gebruikt: klei- en organische stofgehalte van de top laag, de fosfaatverzadiging en de verhouding (ratio) tussen de P-voorraad ondiep (0-10 cm-mv) en het diepere bodemprofiel (tot 2,2 m-mv).

De effecten zijn alleen berekend voor percelen waar OWD op voorhand logisch is om toe te passen. OWD wordt daardoor in de berekening niet toegepast op percelen waar de drooglegging kleiner is dan 30 cm of groter dan 65 cm. Er is ook geen OWD toegepast op percelen waar een sterke wegzijging is (>0,8 mm/d). De met deze uitgangspunten berekende effecten zijn weergegeven in Figuur 5-1. Uit de figuur blijkt dat met OWD in het merendeel van de onderscheiden poldergebieden (11 van 15) de uit- en afspoeling van stikstof afneemt met 2 tot ruim 5 kg N/ha/j, maar ook dat in een aantal poldergebieden (4 van 15) de uit- en afspoeling van stikstof juist iets toeneemt met 2 tot 3 kg N/ha/j. Voor fosfor wordt in alle poldergebieden een afname van de uit- en afspoeling berekend (0,4 à 1,5 kg P/ha/j; gemiddeld 0,7 kg P/ha/j).

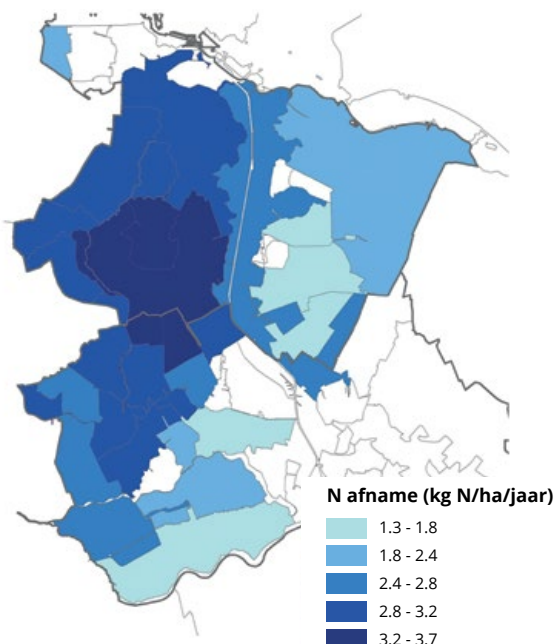
Op basis van de verzamelde perceelkenmerken kan voor kwelgebieden een kwalitatieve inschatting worden gegeven op basis van eerdere veenweidestudies (Hendriks en Van den Akker, 2012). Er wordt voor kwelgebieden ingeschat dat door toepassing van OWD de uit- en afspoeling van N weinig verandert of licht afneemt (0-10% afname) en de uit- en afspoeling van P licht (0-10% afname) tot sterk afneemt (10-25% afname). Uit de detailanalyse volgt dat in een extreem droog weerjaar de effectiviteit van OWD i.c. de reductie van emissies naar het water groter kan zijn.



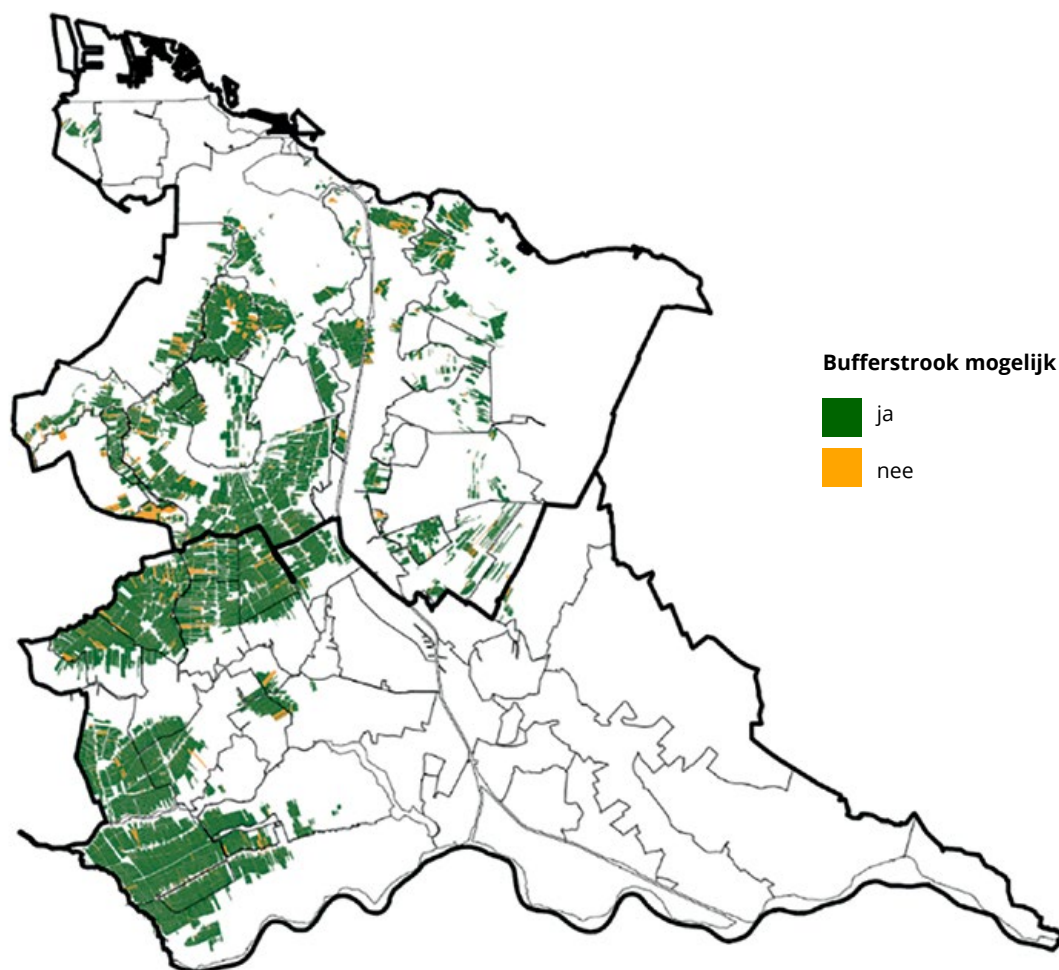
Figuur 5-1. Afname van de jaargemiddelde stikstof (links) en fosfor (rechts) uit- en afspoeling vanuit landbouwpercelen naar het oppervlaktewater door toepassing van onderwaterdrainage (OWD).

Lagere N-kunstmestgift

Uit de Proefpolder is naar voren gekomen dat als er minder N-kunstmest wordt gegeven, met name vanaf de zomer, de uit- en afspoeling van stikstof naar water afneemt en de grasopbrengsten op peil blijven. Om de potentie voor deze en andere veenweidegebieden aan te kunnen geven is op perceelniveau de rekenregel toegepast die in de detailanalyse (Hendriks et al., 2021) is afgeleid uit de SWAP-ANIMO berekeningen voor de weerjaren 2007-2016. Deze rekenregel berekent de jaargemiddelde afname van de uit- en afspoeling in kg N/ha/jaar op basis van de stikstofvoorraad in de toplaag (0-10 cm), de drooglegging, en de landsdekkend (op nationaal niveau) berekende giften aan dierlijke mest en kunstmest (Kros et al., 2019). Hierbij is ervan uitgegaan dat op percelen waar minder dan 145 kg N/ha kunstmest wordt gegeven, met de maatregel 1/6 deel minder kunstmest wordt toegepast en dat op percelen waar méér dan 145 kg N/ha kunstmest wordt gegeven, met de maatregel 1/3 deel minder kunstmest wordt toegepast. Met deze uitgangspunten is berekend dat de uit- en afspoeling van stikstof afneemt met zo'n 1,5 tot 3,5 kg N/ha per jaar (Figuur 5-2). In een extreem droog jaar is de afname groter.



Figuur 5-2. Afname van de jaargemiddelde stikstof uit- en afspoeling in kg N/ha/j vanuit landbouwpercelen naar het oppervlaktewater door minder kunstmest toe te passen. Concreet: één derde minder kunstmestgift waar meer dan 145 kg N/ha/j kunstmest wordt toegepast en één zesde minder kunstmestgift waar minder dan 145 kg N/ha/j kunstmest wordt toegepast.



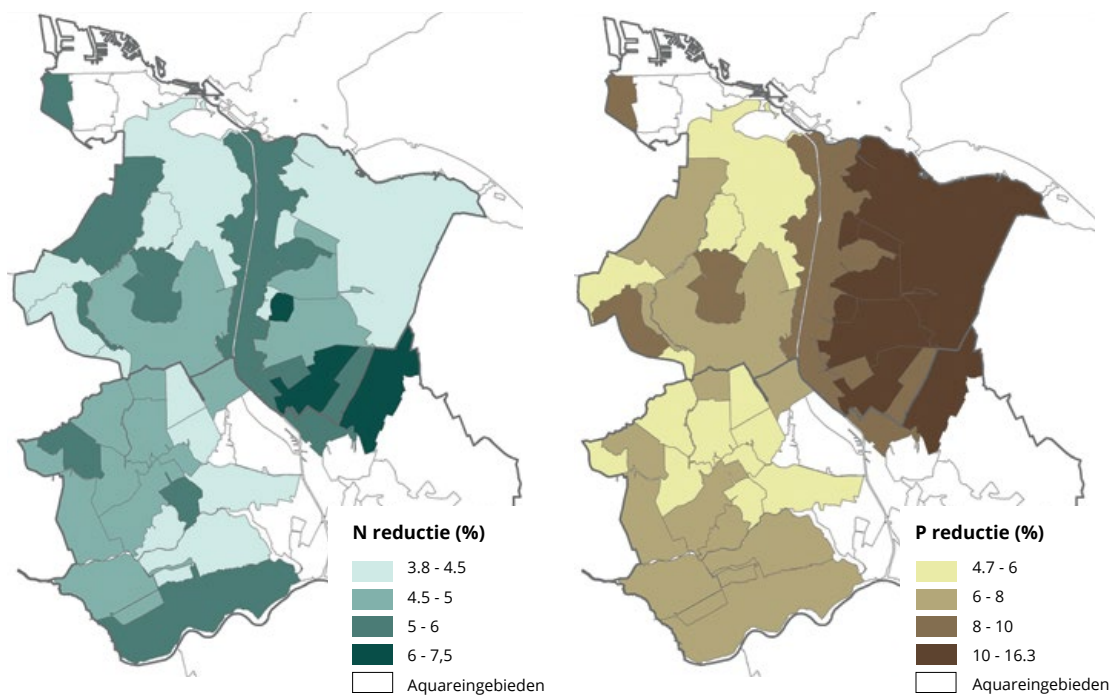
Figuur 5-3. Toepasbaarheid van bufferstroken voor de veenweidepercelen in het westelijk veenweidegebied.

Bufferstroken

Berekend is waar bufferstroken in potentie kunnen worden aangelegd om zo een bijdrage te leveren aan de vermindering van N- en P-verliezen richting oppervlaktewater (Figuur 5-3).

Over het hele veenweidegebied is berekend dat de aanleg van 2 m brede bufferstroken leidt tot een gemiddelde verlaging van de totale uit- en afspoeling van ongeveer 5% voor zowel stikstof als fosfor (Figuur 5-4). In absolute vrachten gaat het om een reductie van de uit- en afspoeling van zo'n 1,3 kg N/ha per jaar en 0,35 kg P/ha per jaar.

Het effect van bufferstroken in het veenweidegebied verschilt licht tussen het beheergebied van beide waterschappen (AGV en HDSR). Voor stikstof komt dit verschil vooral door het areaal dat de bufferstroken beslaan. Zo is het zuiverend effect voor N het grootst in percelen op veen in Maartensdijk, omdat de bufferstroken daar gemiddeld 14% van het perceeloppervlak beslaan. Voor P gaat het vooral om de hoeveelheid nutriënten die de bufferstrook doorstroomt via oppervlakkige en ondiepe afstroming: hoe groter de afspoelende vracht, hoe groter het zuiverend effect van de bufferstrook. De grootte van de afspoelende vracht hangt onder andere af van de grondwatertrap en de perceelhelling. Voor het studiegebied lijkt de perceelhelling meer onderscheidend dan de grondwatertrap, die overal zeer laag is omdat het natte gronden betreft.



Figuur 5-4. Reductie van de jaargemiddelde uit- en afspoeling vanuit landbouwpercelen naar het oppervlaktewater voor van stikstof (links) en fosfor (rechts).

5.4 Waardering en inbedding in verdienmodellen

Het werk in de Proefpolder Gagelweg richtte zich op de rol van kringlooplandbouw als uitwerking van de Goede Landbouw Praktijk (GLP) om bij te dragen aan het verlagen van de N- en P-belasting van het oppervlaktewater. Zo kan bijgedragen worden aan de ecologische doelstellingen van het waterschap. De kern van de GLP is dat maatregelen die worden genomen op termijn geen extra kosten voor de landbouw met zich brengen (en liever kostenbesparend werken). De doelstelling van het GLP past daarmee binnen de visie van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW)

Bovenwettelijke maatregelen die (effectief) bijdragen aan de maatschappelijke opgaves en tot extra kosten leiden én bijdragen aan een schoner oppervlaktewater worden vanuit waterschappen en provincies ondersteund via het ANLB of via subsidieregelingen. Voor het draagvlak voor deze vergoedingen aan agrariërs zijn de berekende kosten voor arbeid een aandachtspunt. De afgelopen decennia zijn bedrijven steeds groter geworden en is arbeid vaak een knellende factor.

Maatwerk en het sturen op doelen komen meer en meer centraal te staan in de implementatie van beleid. Deze ontwikkeling is zichtbaar bij bijvoorbeeld het nieuwe GLB (Gemeenschappelijk Landbouw Beleid - EU), het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer, het provinciale (grond)water- en bodembeheer, het Agrarisch Natuur en Landschapsbeheer en het pachtbeleid. Er liggen daarbij ook opgaves die niet per se in lijn liggen met een duurzame landbouwbodem. Denk bijvoorbeeld aan de opgave om substantiële hoeveelheden koolstof op te slaan in de Nederlandse bodem (klimaat), de opgave om nitraatuitspoeling naar het grondwater te beperken (kwaliteit grondwater), de teelt van biobrandstoffen (klimaat) en het verlate maaien of het onder water zetten van percelen om weidevogels in het voorjaar een plek te geven om te foerageren of te nestelen (natuurbeheer). In al deze opgaves speelt de landbouwbodem een rol. Om op een transparante en eenduidige manier te werken aan concrete duurzaamheidsdoelen zijn en worden Kritische Prestatie Indicatoren (KPI's) ontwikkeld. Sturen op doelen biedt ondernemers vrijheid in hoe deze doelen te bereiken. Afnemers, maatschappelijke partijen en de overheid kunnen deze prestaties belonen. Inmiddels is er in de melkveehouderij een werkende set aan KPI's (biodiversiteitsmonitor

melkveehouderij) waar ook het N-bodemoverschot onderdeel van uitmaakt. Netto moet er zo een combinatie van beloningen plaatsvinden voor het werken aan bepaalde doelstellingen. Overigens hoeft een beloning niet altijd in euro's, maar mogelijk ook in afwijken van bestaande wet- en regelgeving. De zuivelsector heeft hier al stappen gezet. De provincies Drenthe en Noord-Brabant hebben een beloningsregeling ingesteld.

Op basis van de voorgaande stappen zijn in deze studie diverse maatregelen geïdentificeerd die effectief zijn en waar draagvlak voor is. Een deel van deze maatregelen zorgt ook voor een beter economisch rendement. Het stikstofbodemoschot centraal stellen, meten en belonen stimuleert het aan de slag gaan met effectieve maatregelen voor de waterkwaliteit. Een ander deel van de bovenwettelijke maatregelen komt voort uit de gebiedsanalyse en detailanalyse en zijn meestal maatregelen op niveau van een perceel ('Maatregel op de Kaart'; o.a. Groenendijk et al., 2021). Er kunnen maatwerk-pakketten worden afgesproken met bijbehorende vergoedingen (bijv. ecosysteemdienst, Groen-Blauwe dienst).

Draagvlak wordt niet alleen gecreëerd door een combinatie van vergoedingen, maar ook door het signaal dat al deze organisaties werken aan eenduidige doelen. Bijvoorbeeld een laag N-bodemoverschot draagt bij aan het verminderen van N-verliezen. Deze Kritische Prestatie Indicator (KPI) is al onderdeel van diverse beloningsregelingen. Bijvoorbeeld in de provincie Drenthe kunnen bedrijven 500 euro per jaar verdienen bij een N-bodemoverschot lager dan 125 kg N/ha, naast een serie andere indicatoren. De KPI is ook onderdeel van het 'Focus Planet' puntensysteem van Friesland Campina en onderdeel van het keurmerk 'On the way to Planet Proof'. Voldoen aan deze bovenwettelijke voorwaarden, levert de melkveehouder extra melkgeld op. Een melkveehouder kan ook rentekorting krijgen via een 'Planet Impact'-lening bij de Rabobank. Wanneer een maatregel dus effectief bijdraagt aan maatschappelijke doelen en de uitvoering extra inspanning vergt of leidt tot inkomstenderving, dan kan vanuit verschillende organisaties waardering en vergoeding komen. Draagvlak wordt niet alleen gecreëerd door combinatie van vergoedingen, maar ook door het signaal dat diverse organisaties werken aan eenduidige en gezamenlijke (milieu)doelen. Dat geeft vertrouwen en duidelijkheid.

Tabel 5-2. Beloningsregeling van de provincie Drenthe op basis van een aantal KPI's, zoals het N bodemoschot.

Meer info: www.duurzamemelkveehouderijdrenthe.nl.

Onderwerp	Doelstelling/streefwaarde	Subsidiebedrag per jaar
Fosfaat	P205-bodemoverschot/ha voldoet aan < 0 kg/ha	€ 500,-
Stikstof	N-bodemoverschot/ha voldoet aan <125 kg/ha; of	€ 500,-
	N-bodemoverschot/ha voldoet aan <75 kg/ha (veengrond)*; of	
	Reductie >25 kg/ha t.o.v. jaar ervoor	
Ammoniak	Kg NH3/ha voldoet aan <50 kg/ha;of	€ 500,-
	Kg NH3/ha voldoet aan reductie >5 kg/ha t.o.v. jaar ervoor	
Klimaat	g CO2E/kg melk voldoet aan <1300 g/kg melk* of	€ 500,-
	g CO2E/kg melk voldoet aan reductie <100 g/kg melk	
Weidegang	Voldoet aan weidegang van minimaal 120 dagen / minimaal 6 uur per dag	€ 500,-
Totaal	Maximaal subsidiebedrag per jaar	€ 2.500,-

* Het effect van mineralisatie wordt niet meegenomen in uitstoot. De ingevoerde waarde voor stikstof en klimaat wordt met de emissiefactor per % veengrond verlaagd



Potentie kringlooplandbouw voor verbeteren waterkwaliteit

In de loop van 2016 startte de Proefpolder Kringlooplandbouw met de ambitie om de potentie van kringlooplandbouw voor een betere waterkwaliteit te onderzoeken en te onderbouwen hoe kringloopmaatregelen bijdragen aan het verlagen van de N- en P verliezen naar het oppervlaktewater in het agrarisch beheerde veenweide. In de periode eind 2016 t/m 2020 hebben de betrokken boeren, adviseurs, onderzoekers en beleidsmakers veel inzicht gekregen in het veenweidegebied en de mogelijkheden om via bovenwettelijke landbouwmaatregelen bij te dragen aan de kwaliteit van het oppervlaktewater. De belangrijkste ervaringen en lessen worden hieronder samengevat.

Waterkwaliteit en kringlooplandbouw zijn meer dan stikstof en fosfor

De kwaliteit van het oppervlaktewater in Nederland is de afgelopen decennia weliswaar verbeterd, maar de verbetering stagneert de laatste jaren. De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) wordt sinds 2003 binnen Nederland geïmplementeerd en geeft de kaders voor de gewenste waterkwaliteit, o.a. chemisch en ecologisch. Voor de gewenste doelen ten aanzien van ecologie is in veel gebieden de nutriëntenbelasting te groot. De uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden heeft in veenweidegebieden hierin een significant aandeel (STOWA, 2004; Woestenburg et al., 2009; Hoogheemraadschap van Rijnland, 2012; Van Gaalen et al., 2020). In de proefpolder en in andere veenweidepolders zijn de sloten niet aangewezen als KRW-waterlichaam, maar als 'overig water'. Hiervoor hanteert AGV een ecologisch doel (watervegetatie). Om dit doel te bereiken, wordt ernaar gestreefd om de nutriëntenbelasting bij het uitstroompunt i.c. het gemaal van de tussenboezem met zo'n 10% te verlagen in de periode 2021-2027.



Verlaging van de N- en P-bodemoverschotten op bedrijfsniveau, berekend vanuit de KringloopWijzer, is een belangrijke stap. Dit geldt zeker wanneer de KringloopWijzer op basis van het recent onderzoek (Pijlman et al., 2020) het stikstof leverend vermogen (NLV) van veengronden specifiek per bedrijf kan inschatten. Om de uit- en afspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater effectief te verminderen is meer maatwerk nodig en ook een ander type maatregelen: meer maatwerk op perceelniveau. Het handelingsperspectief is om de meest effectieve maatregelen per perceel te bepalen en vervolgens deze om te zetten naar een beheerpakket met vergoedingen.

Meer aandacht van de waterschappen is nodig om de thematiek van waterkwaliteit, doelen en opgaves voor het voetlicht van agrariërs te brengen. Voor veel agrariërs biedt dit kansen voor een gesprek met het waterschap over doelen en motivaties: waarom werken we aan schoon oppervlaktewater? Het generiek aanscherpen van normen, zoals via het mestbeleid, kan in elk geval op dit moment (2021) op weinig draagvlak rekenen. Het (soms opnieuw) duiden van oorzaak en gevolg is nodig. Het beste is om gezamenlijk de kennis op te bouwen en in overleg gebied- en locatie-specifieke maatregelen op te stellen en uit te gaan voeren.

De focus op emissie van nutriënten naar het watersysteem binnen de proefpolder hielp om gericht inzicht te krijgen in het bodem- en watersysteem en de daarmee samenhangende maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit. Het gesprek tussen waterbeheerders en agrariërs stimuleert beide partijen om gezamenlijk aan waterdoelen te werken. Naast het beter sluiten van N- en P-kringen (focus op hogere benutting) is het ook van belang een bijdrage te leveren aan het bedrijfsrendement met respect voor de natuurlijke omgeving (zie o.a. Erisman & Verhoeven, 2020). Dat betekent concreet dat maatregelen én gericht zijn op een verlaging van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor én in samenhang worden beschouwd met maatregelen in en om de ontvangende sloot via slootonderhoud, waterdiepte en oeverontwikkeling. Alleen zo is de gewenste ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater te realiseren. Het schetsen van deze context, met name door de waterbeheerder, is belangrijk om uiteindelijk het juiste perspectief te bieden en om discussie over bronnen en opgaves voor te zijn.

Samenwerken vanuit verschillende invalshoeken werkt

Gebiedsgericht werken vraagt om een gedeelde visie op de problematiek en het te bereiken doel. Om dat te bereiken is het essentieel dat beschikbare data en kennis vanuit de landbouw, over de bodem-processen, over het watersysteem en de ecologie bij elkaar worden gebracht en worden besproken. In de huidige praktijk is zowel de data als ook de kennis sterk verkokerd, binnen en buiten betrokken kennisinstellingen, advies-organisaties en laboratoria. In een open gesprek kan kennis worden gedeeld als ook onzekerheden (van bijvoorbeeld veldmetingen en modelberekeningen), onbekendheden (hoe werkt de N- en P-emissie door op de ecologie van de sloot) en landbouwkundige risico's (levert het ruwvoer een rantsoen waarbij koeien voldoende melk geven). Hoewel binnen dit project misschien niet alle stappen precies in de hier gepresenteerde volgorde zijn gezet, heeft het toch een interessante aanpak opgeleverd die opgeschaald kan worden naar andere gebieden. Kringlooplandbouw staat hierbij voor een integrale benadering, waar naast het landbouwkundig gebruik van grondstoffen en van de bodem ook rekening wordt gehouden met de draagkracht van de leefomgeving. Heel belangrijk is ook de focus op actie, op maatregelen die bijdragen aan de gewenste doelen. Om dit te bereiken is het van belang om de grondgebruikers, in dit geval de veehouders, in een vroeg stadium te betrekken bij de formulering van de doelstellingen, analyse, beoordeling, opgaves en het uiteindelijke besluit tot effectieve maatregelen en mogelijke vergoedingen.

Onafhankelijke advisering wenselijk - de boer aan het roer

Een gebiedsproces met ambities vergt onafhankelijke adviseurs en een eenduidige advisering richting veehouders. Zij kunnen hierbij ondersteund worden met concrete reken- en adviesinstrumenten waarvan

de onderliggende rekensystematiek geborgd is door onafhankelijk onderzoek. Met name wanneer risico's op bijvoorbeeld opbrengstderving toenemen, is een goede onafhankelijke advisering noodzakelijk. Omdat maatregelen impact kunnen hebben op zowel de landbouwbodem, de bedrijfsvoering als ook allerlei andere aspecten van de leefomgeving, is het belangrijk dat de adviseurs van de boer inzicht hebben in de totale problematiek. Kennis van zowel de landbouw als de bodem als de hydrologie van de polder is daarbij cruciaal. In de praktijk komt deze kennis onvolledig en versnipperd aan bij de boer. Deze gang van zaken belemmert mogelijk de implementatie van maatregelen die integraal bijdragen aan verduurzaming en een betere waterkwaliteit. Er is echter een reële kans dat dit de praktijk blijft omdat diverse adviseurs die op het boerenplan komen ook een eigen doelstelling hebben. Het is dus zaak om ervoor te zorgen dat de betrokken agrariër voldoende overzicht en zelf regie houdt, om op basis van eventueel verschillende adviezen passende beslissingen te nemen.

Regie op regionale ontwikkeling

Het is essentieel dat er regionale partijen zijn die de regie nemen om kringlooplandbouw te concretiseren in maatwerkoplossingen per polder of gebied, toegespitst op een bepaalde opgave. In dit onderhavige project is dat de emissie en waterkwaliteit in het veenweidegebied. Een gebieds- of poldergerichte aanpak die aansluit bij het handelingsperspectief per bedrijf is leidend in de ontwikkeling en in de implementatie van bovenwettelijke effectieve maatregelen. Belangrijk voor het succes van deze aanpak is dat publieke en private partijen er op basis van gelijkwaardigheid bij worden betrokken. De praktijk wijst uit dat een partnerschap tussen overheid, boeren, natuur- en landschapsorganisaties en ketenpartijen hiervoor een effectieve vorm is. Een voor de hand liggende rol voor de provincie of het waterschap is de zorg voor duidelijke informatie over opgaves, kaders en facilitering van het uitvoeringsproces en zorg voor de omgang met belangentegenstellingen en eventuele conflicten.

Demonstratieproeven ondersteunen uitrol maatregelen

Soms is extra bewijsmateriaal nodig om betrokken agrariërs te overtuigen tot verdere actie. In die situaties is het nuttig om demonstratieproeven of pilots op locatie aan te leggen en liefst samen uit te voeren. Zo ontstond in de Proefpolder discussie over de opbrengstdaling en risico's die samenhangen met een lagere kunstmestgift in het seizoen en de effecten van water bij de mest. Door theoretische kennis te combineren met demonstratieproeven worden betrokkenen overtuigd van de potentie van maatregelen.

Heterogeniteit van bodem - inzicht voor maatwerk

Ook in deze studie werd bevestigd dat de bodem en ondergrond uiterst heterogeen van aard en samenstelling zijn, incl. effecten op de hydrologie. Niet alleen in de bovenste 0-10 cm van de bodem (standaard bemonsteringsdiepte voor het bemestingsadvies en gebruiksnormen voor grasland) maar ook in de diepere bodemlagen kan de aanwezigheid en beschikbaarheid van nutriënten sterk variëren. Dit heeft niet alleen effect op de beschikbaarheid voor het gewas, maar ook op de verliezen naar het oppervlaktewater en de effectiviteit van maatregelen. Het is daarbij ook belangrijk om gebruik te maken van de kennis van de boer, zijn vakmanschap en van gedetailleerde bodemdata. Het delen van informatie over percelen, zoals deze beschikbaar zijn bij kennisinstellingen, waterschappen en boeren, bevordert de uitrol en implementatie van maatwerkpakketten.

Reductie N- en P-verliezen is mogelijk

In de detailanalyse (Hoofdstuk 4) is aangetoond dat een reductie van de N- en P- verliezen naar het oppervlaktewater mogelijk is in de Proefpolder. In de Proefpolder is gekozen voor maatregelen die generiek in het veenweidegebied zijn toe te passen. Het meest kenmerkende aan veen is de hoge N-levering en de samenhangende bodemdaling door mineralisatie van organische stof. De maatregelen focussen direct of indirect op het zo goed mogelijk benutten van de stikstof en fosfaat uit mineralisatie

(door betere mestbenutting, minder aankoop, timing en plaatsing van de bemesting) en het verminderen van het vrijkomen van die stikstof en fosfaat door bodemdaling te beperken (bijv. door onderwaterdrainage, OWD).

Voor fosfaat blijkt dat naast de beschikbaarheid in de toplaag van de bodem ook de mate waarin de diepere bodemlagen zijn opgeladen met fosfaat sterk bepalend te zijn voor de verliezen naar het watersysteem én de effectiviteit van maatregelen. Op percelen waar alleen de toplaag (0-10 cm-mv) is opgeladen met fosfaat maar de diepere bodemlagen minder fosfaatrijk zijn, wordt berekend dat OWD zeer effectief is en tot 50% reductie van de P-emissie oplevert. Waar diepere bodemlagen wel zijn opgeladen met fosfaat wordt berekend dat OWD leidt tot een verhoging van de P-verliezen naar het oppervlaktewater tot 20%.

Nieuwe verdienmodellen zijn cruciaal

De uitdaging voor de komende jaren is om de melkveehouderij te verduurzamen op een manier die past bij de ondernemer en de kwaliteit van zijn leef- en werkomgeving. Onderwerpen zoals duurzaam bodembeheer, het N-dossier, biodiversiteitsherstel en verbeteren van waterkwaliteit vragen om bedrijfsaanpassingen. Doelen voor de lange termijn en het aantonen en belonen van bijdragen aan het halen van deze doelen, zijn daarbij belangrijk. Door lange termijn duurzaamheidsdoelen vast te stellen die breed gedragen en gewaardeerd worden, krijgen ondernemers duidelijkheid. Verdere aanscherping van generieke regels stuit op steeds meer weerstand, terwijl in veel gevallen de doelen nog niet gehaald worden. Bereidwilligheid om bovenwettelijke acties te ondernemen is gering. Daarnaast mist men de waardering. Vaak wordt het ontbreken van een verdienmodel genoemd.

Via onder andere de KPI-systematiek kunnen meerdere partijen zoals zuivelfabrieken, banken en waterschappen de veehouder belonen voor duidelijk omschreven en bovenwettelijke prestaties. Het scheppen van lange-termijn duidelijkheid geeft ook kansen voor nieuwe verdienmodellen, zodat de boer er dan beter op kan inspelen.

Uiteindelijk zijn vergoedingen en premies echter tijdelijk en afhankelijk van politieke wil. Voor de lange termijn is het interessanter om aan te sluiten bij de ideeën over een borgstellingsfonds voor omschakeling naar kringlooplandbouw, iets dat het ministerie van LNV uitwerkt. Door aanpassingen van de bedrijfssystemen naar minder verliezen naar het water, moet het uiteindelijk ook voor de boer tot lagere kosten leiden. Als de aanpassingen op duurzaamheid geënte investeringen vergen, kunnen er mogelijk subsidieregelingen ingesteld worden.

Inbedding bevindingen in praktijkinstrumenten

De opgedane kennis over de inzetbaarheid en effectiviteit van maatregelen in het veenweidegebied (hoofdstuk 4) is vertaald naar breed toepasbare rekenregels. Deze kunnen gemakkelijk worden toegepast in adviesinstrumenten om agrarische ondernemers en hun adviseurs te ondersteunen in de selectie van maatregelen die op het relevante bedrijf of perceel een positieve impact hebben op de kwaliteit van het oppervlaktewater. De ontwikkelde kennis binnen de proefpolder is deels al ingebed binnen diverse instrumenten die bijdragen aan de praktische implementatie van landbouwmaatregelen zoals 'Maatregel op de Kaart' (Van Gerven et al., 2019; Groenendijk et al., 2021). De kaart geeft per perceel een inspiratielijst van kansrijke DAW-maatregelen op basis van perceelkenmerken zoals gewas, bodem, hydrologie en morfologie.

De ontwikkelde rekenregel om het NLV op veen te berekenen (Pijlman et al., 2020a) geeft handvaten om de KringloopWijzer (KLW) en de Veenwijzer uit te breiden om meer maatwerk mogelijk te maken. De afgelopen jaren is gewerkt aan de BedrijfsWaterWijzer, een uitbreiding van de KringloopWijzer waarbij

voor elk bedrijf gericht inzicht wordt gegeven in knelpunten en oplossingen voor minder verliezen van nutriënten naar het oppervlaktewater (Verloop et al., 2019; Ros et al., 2020).

De volgende stap

In de Proefpolder Gagelweg zijn praktijkervaringen van boeren en bedrijfsadviseurs, gebieds- en proceskennis van waterschappers en wetenschappers bij elkaar gebracht. Dit heeft geleid tot betere inzichten in het landgebruik, nutriënten en verliesroutes naar het watersysteem. Met deze inzichten zijn bovenwettelijke maatregelen onderbouwd die effectief kunnen bijdragen aan een betere nutriëntenbenutting en minder verliezen naar het watersysteem. Deze onderbouwing is een goede basis voor een waardering van effectieve maatregelen die bijdragen aan een betere waterkwaliteit en andere belangrijke opgaves zoals bodemdaling en ammoniakemissies. Deze waardering kan tot uiting komen in een stimulerings- of beloningssystematiek. Daarvoor lijkt het stikstofbodemoverschot vanuit de KringloopWijzer een interessante KPI. Wanneer alle stakeholders rondom de boer, zoals regionale en landelijke overheden, commerciële (keten)partijen op basis van dezelfde KPI “waarderen en belonen”, dan worden melkveehouders gestimuleerd om verdere stappen te zetten om de waterkwaliteit te verbeteren. Kennis en advies kunnen aansluiten om de boer te ondersteunen de prestatie te behalen op bedrijfsniveau. Daarnaast kunnen op basis van eigenschappen van afzonderlijke percelen met de boer specifieke maatwerk-pakketten afgesproken worden, op weg naar een betere waterkwaliteit in de periode 2021-2027.



Literatuur

- Erismán, J.W., & Verhoeven, F. (2020). Integraal op weg naar kringlooplandbouw 2030 – Een voorstel voor kritische prestatie indicatoren systematiek. Bunnik. LBI-rapport 2020-010 LbP.
- Erismán, J.W., Koopmans, C., Zanen, M., Van Eekeren, N.J.M. & Wagenaar, J. (2020). Prestatie-indicatoren voor landbouwbodems. Landschap 2020/4, 223-229.
- Groenendijk, P., Van Gerven, L., Jansen, S., Buijs, S., Van Loon, A., Lukacs, S., Verhoeven, F., Housmans, B., Rotterdam, D. van, Ros, G., Verloop, K., & Noij, G.J. (2021). Maatregel op de Kaart (Fase 2). Identificeren van kansrijke perceelmaatregelen voor schoner grond- en oppervlaktewater. Rapport Kennisimpuls Waterkwaliteit, thema nutriëntenmaatregelen.
- Hendriks, R.F.A., & Walvoort, D.J.J. (2006). Informatieblad Mest en Mineralen: DOVE. Berekeningen met SWAP-ANIMO van de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater in een veenweidegebied: omvang en bijdrage van bronnen (informatieblad DOVE 2) en ontwateringsscenario's (DOVE 3).
- Hendriks, R.F.A. & Van den Akker, J.J.H. (2012). Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veenweiden: modelberekeningen met SWAP-ANIMO voor veenweide-eenheden naar veranderingen van de fosfor-, stikstof- en sulfaatbelasting van het oppervlaktewater bij toepassing van onderwaterdrains in het westelijk veenweidegebied, Alterra-rapport 2354, 201 pp.
- Hendriks, R.F.A., Jeurissen, L., Van Gerven, L., Massop, H., & Schipper, P.N.M. (2021, in druk). Uit- en afspoeling veenweide percelen, casestudie polder Groot Wilnis-Vinkeveen en extrapolatie effecten maatregelen veenweide in de beheergebieden van HDSR en AGV.
- Honkoop, W. (2020). Resultaten KringloopWijzers Proefpolder Kringlooplandbouw. PPP-Agro Advies rapport, 2020.
- Hoogheemraadschap van Rijnland (2012). Vlietpolder – zoektocht naar verbetering van de waterkwaliteit in het veenweidegebied.
- Kros, J., Van Os, J., Voogd, J.C., Groenendijk, P., van Bruggen C., te Molder R., & Ros, G.H. (2019). Ruimtelijke allocatie van mesttoediening en ammoniakemissie; beschrijving mestverdelingsmodule INITIATOR versie 6. WEnR-rapport 2939, 96 pp.
- Mandemakers, J., Collombon, M., Ouboter, M., & Talsma, M. (2019). Ecologische watersysteemanalyse: Waterbalans geeft inzicht. H2O-online augustus 2019.
- Pijlman, J. (2020). Proefpolder Kringlooplandbouw Groot-Wilnis Vinkeveen - Resultaten meetplots in grasland op veen 2017-2019. Louis Bolk Instituut publicatienummer 2020-034LbP.
- Pijlman, J., Holshof, G., Van den Berg, W., Ros, G.H., Erismán, J.W., & Van Eekeren, N.J.M. (2020a). Soil nitrogen supply of peat grasslands estimated by degree days and soil organic matter content. Nutrient Cycling in Agroecosystems 117, 351–365.
- Pijlman, J., Van Eekeren, N.J.M., Honkoop, W., Van Houwelingen, K., & Van den Eertwegh, G. (2020b). Stikstofbenutting verhogen in veenweiden. V-focus. Januari, p. 30-34.
- Pijlman J., Roelen, S., & Van Eekeren, N.J.M. (2020c). Klimaatmaatregelen in het veenweidegebied in relatie tot biodiversiteit, bodem- en waterkwaliteit. Louis Bolk Instituut, Publicatienummer 2020-036 LbD.
- Ros, G.H. (2019). De open Bodemindex 0.11. OBI rapportage, 183 pp.
- Ros, G.H., & Hondebrink, M. (2020). Proefpolder Kringlooplandbouw – een compilatie van onderzoeksgegevens. Rapportage waterkwaliteit waterschap AGV, 2020.
- Ros, G.H., Van Gerven, L.P.A., Groenendijk, P., Damen, S., Verloop, K. & De Haan, M. (2020a). Strategisch plan voor de ontwikkeling van tools voor bewustwording en advies aan agrariërs voor verbeteren van waterkwaliteit. Kennisimpuls Waterkwaliteit Rapport.
- Ros, G.H., Verweij, S., Quist, N., & Van Eekeren, N.J.M. (2020b). Bedrijfsbodempwaterplan; maatwerk voor duurzaam bodem- en waterbeheer. Nutriënten Management Instituut BV, NMI-rapport 1805.N.20.

- Schipper, P.N.M., Hendriks, R.F.A., Noij, I.G.A.M., Honkoop, W., Van Eekeren, N.J.M., & Boekhorst, L. (2015). Potentie Kringlooplandbouw en onderwaterdrainage in veenweide: Voorstudie potentie van kringlooplandbouw en onderwaterdrainage in veenweide voor minder verliezen naar bodem en water en beter bedrijfsresultaat. Wageningen-UR (Alterra-rapport 2684)
- Schipper, P.N.M., Hendriks, R.F.A., Massop, H.T.L., & Van Boekel, E.M.P.M. (2016). Belasting van waterlichamen in de Krimpenerwaard met stikstof en fosfor. Wageningen Environmental Research rapport nr. 2738.
- Schipper, P.N.M., Van Boekel, E., Gies, E., Groenendijk, P., Jeurissen, L., Kros, H., Renaud, L., & Voogd, J.C. (2021). Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in stroomgebied Maas; Opgave voor landbouw en de potentie van maatregelen voor het behalen van doelen. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3046.
- Smolders, A.J.P., J. Loermans & L. Lamers, 2012. Effecten van flexibel peilbeheer op bodemprocessen en waterkwaliteit. Nijmegen. Onderzoekscentrum B-Ware Rapport 2012-51.
- Spanjers, B.H., De Jong, H., Van de Werf, E., Koomen, A., & Buijert, A. (2015). Beslissingsondersteunend model voor nutriëntenmaatregelen in De Stichtse Rijnlanden. H2O-online juni 2015.
- Van Boekel, E., Schipper, P., Hendriks, R., Massop, H., Mulder, H., & Roelsma, J. (2013). Herkomst nutriëntenbelasting afvoergebieden HDSR, pilotstudie ECHO. Alterra rapportnr. 2018750.
- Van den Eertwegh, G.A.P.H., & Van Beek, C.L. (2004). Water- en nutriëntenhuishouding van een veenweidegebied. De Vlietpolder in Zuid-Holland in beeld. STOWA rapport 2004-30.
- Van Gaalen, F. et al. (2015). Waterkwaliteit nu en in de toekomst. Eindrapportage ex-ante-evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, Den Haag: PBL
- Van Gerven, L., Jansen, S. & Groenendijk, P. (2019). Maatregel op de Kaart (Fase 1). Identificeren van kansrijke landbouwmaatregelen per perceel voor schoner grond- en oppervlaktewater. KIWK-notitie, 16 pp.
- Van Rotterdam, D., Pijlman, J., Honkoop, W., & Van den Eertwegh, G. (2019). Verbeteren benutting fosfaat in veenweiden: Resultaten uit de Proefpolder Kringlooplandbouw. V-focus. Augustus, p. 16-19.
- Verhoeven, F., & Ros, G.H. (2018a). Kansenkaart Waterkwaliteit: slimme combinaties. V-Focus februari 2018.
- Verhoeven, F., & Ros, G.H. (2018b). Kansenkaart 1.0: slimme combinaties. V-Focus oktober 2018.
- Verloop, K., et al. (2018). Achtergronden bij informatie in de BOOT-lijst factsheets. WPR-rapport 842, 133 pp.
- Woestenburg, M., & Kwakernaak, C. (2009). Waarheen met het veen: kennis voor keuzes in het westelijk veenweidegebied. Wageningen, uitgeverij Landwerk.

