



2020

Proefpolder Kringlooplandbouw



waternet



STICHTING
DE STICHTSE
RIJNLANDEN



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

PPP AGRO ADVIES



nmi



Louis Bolk
Instituut



waternet

waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

Gerard Ros & Merel Hondebrink

Waterschap Amstel, Gooi en Vecht

5-2-2020



Datum
5 februari 2020

Auteurs
Gerard Ros
Merel Hondebrink

Proefpolder Kringlooplандbouw

Een compilatie van onderzoeksgegevens



Inhoud

Inhoud	3
Voorwoord	5
1 Inleiding	6
1.1 Leeswijzer	6
2 De proefpolder	7
2.1 Ontstaansgeschiedenis	7
3 Watersysteem	9
3.1 Algemene kenmerken	9
3.2 Watersysteem en stijghoogte	9
3.3 Drooglegging en Grondwater	11
3.4 Waterstromen in en uit de polder	12
3.5 Elektrisch Geleidingsvermogen en slootdiepte	14
3.6 Ecologische waterkwaliteit	16
3.7 Fosfaatconcentraties in het water	19
3.8 Stikstofconcentraties in het water	22
4 De landbouwpraktijk en de bodem	25
4.1 Bodemeigenschappen	25
4.2 Fosfaat in de bodem	25
4.3 Stikstof in de bodem	26
4.4 Bemesting	28
4.5 Mineralenbalans KringloopWijzer	29
4.6 Mestverdeling: fosfaat	30
4.7 Mestverdeling: stikstof	33
4.8 De graslandkalender	36
4.9 Berekende N- en P-bemesting	37
5 Maatregelen	38
5.1 Voorstudie 2015	38
5.2 Inventarisatie ondernemers 2017	39
5.3 Maatregel op de Kaart	39
5.4 Groene en blauwe diensten	41
6 Synthese en Aanbevelingen	42
7 Literatuur	45

Voorwoord

Het veenweidegebied in West-Nederland kampt met grote opgaven, waaronder het afremmen van de bodemdaling en het realiseren van een duurzaam watersysteem. Daarbij is ook het toekomstperspectief van de melkveehouderij in het geding. Met bestuurlijk draagvlak heeft in 2016 een breed consortium van private en publieke partijen, van waterschappers en ondernemers, adviseurs en onderzoeksinstituten in 2016 het initiatief genomen om een zogenoemde 'proefpolder' in te richten om de potentie van kringlooplandbouw en onderwaterdrainage te beproeven, te evalueren, en bij positieve resultaten breed uit te rollen naar alle agrarische ondernemers in het veenweidegebied. De proefpolder kringlooplandbouw is een project dat loopt van 2017 tot 2020 waarbij de uitvoering is afgebakend tot één polder in het beheergebied van het waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV). Dit gebeurt in de polder Groot Wilnis-Vinkeveen rondom de Gagelweg.

De primaire focus van dit project ligt bij de verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit en het agrarisch nutriëntenmanagement via kringlooplandbouw. Door samen met alle ondernemers maatregelen te nemen op het gebied van bodem- en slootkantbeheer als ook te sturen op een duurzame bemesting en maximale gewasproductie is het mogelijk om de ecologische waterkwaliteit te verbeteren. Tegelijk gaat dit samen met een efficiënte bedrijfsvoering waarin kringlopen van nutriënten worden gesloten en het management voortbouwt op de natuurlijke potentie van de bodem om gewassen te produceren. Een voorstudie die in 2015 is uitgevoerd laat zien dat er veel potentie is voor deze aanpak: de vracht aan N en P naar het watersysteem kan met 33 tot 50% worden verminderd.

Vanaf 2016 hebben betrokken partijen hydrologische, agronomische en bodemkundige informatie van de proefpolder verzameld om:

- inzicht te krijgen in de landbouwkundige, bodemkundige en hydrologische kenmerken van de polder. De gegevens van de watersysteemanalyse en bestaande monitoringsgegevens worden daarvoor gecombineerd met de gegevens uit het agrarische meetnet.
- duidelijkheid te krijgen welke maatregelen waar ingezet kunnen worden om de waterkwaliteit te verbeteren. Verhoging van benutting (een hogere opname bij gelijkblijvende bemesting) is namelijk maatwerk en vereist ruimtelijk inzicht in de eigenschappen van percelen.

De voorliggende rapportage beschrijft de verzamelde informatie en integreert deze informatie om gericht te kunnen sturen op een betere waterkwaliteit. De studie maakt daarvoor gebruik van – en bouwt voort op – de expertise en proefresultaten uit het project "Proefpolder kringlooplandbouw: voor een duurzaam watersysteem in het veenweidegebied". We danken alle betrokken onderzoekers en beleidsmedewerkers voor hun inbreng. Zonder hun inbreng was het niet mogelijk geweest deze compilerende rapportage samen te stellen.

In het bijzonder danken we Wim Honkoop (PPP-Agro), Ge van de Eertwegh (KnowH2O), Debby van Rotterdam en Job de Pater (NMI), Jeroen Pijlman (LBI), Frank Verhoeven (Boerenverstand), Peter Schipper, Rob Henriks en Hans Kros (Wageningen Environmental Research), Niels Lenting (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), en Maarten Ouboter, Corine van den Berg, Sonja Viester en Laura Moria (waterschap Amstel, Gooi en Vecht) voor hun inbreng in dit project.

1 Inleiding

De oppervlaktewaterkwaliteit in het Westelijke veenweidegebied schiet op veel locaties tekort, waardoor niet voldaan wordt aan de eisen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Oorzaak is met name de hoge nutriëntenbelasting die eutrofiering veroorzaakt, wat het halen van een goede ecologische waterkwaliteit belemmert. Daarnaast zijn er vandaag de dag diverse andere “problemen” die samenhangen met dan wel voortkomen uit de huidige agrarische bedrijfsvoering in het veenweidegebied, zoals emissies van CO₂, CH₄ en N₂O naar de lucht, emissies van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater en een dalende bodem door veenoxidatie. Deze problemen beïnvloeden daarmee het toekomstperspectief van de melkveehouderij. Provincies, waterschappen en de agrarische sector zoeken de laatste jaren daarom gezamenlijk naar concrete oplossingen om landbouw te combineren met de milieukundige doelen voor natuur, een duurzame bodem en een levendige boerensloot.

Kringlooplandbouw (KLL) is een veelbelovende aanpak om de eerder benoemde uitdagingen integraal aan te pakken. Door het 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. In de melkveehouderij wordt deze ontwikkeling gefaciliteerd met het monitorings-instrument de KringloopWijzer (KLW). Praktijkervaringen en eerdere modelstudies laten zien dat het mogelijk is om via het sluiten van de kringloop en het optimaliseren van bodem- en slootkantenbeheer de waterkwaliteit substantieel te verbeteren.

De provincie Utrecht, de waterschappen HDSR en AGV werken daarom sinds 2016 samen in het project ‘de Proefpolder Kringlooplandbouw’ om de werkelijke bijdrage van kringlooplandbouw aan het verbeteren van de waterkwaliteit, het afremmen van maaiveldaling en mitigatie van klimaatverandering te onderbouwen. Dit doen zij in een meerjarig traject waarbij alle melkveehouders in één polder samen de goede maatregelen in de praktijk brengen, waarbij de effectiviteit ervan wordt gemonitord en onderbouwd. Door de inzet van de KLW, extra monitoring en ondersteunende tools wordt het effect van kringlooplandbouw op de gewasopbrengst, de waterkwaliteit en eventuele bodemdaling gekwantificeerd. De verzamelde informatie zal ook gebruikt gaan worden om richting te geven aan concrete oplossingsrichtingen voor alle veenweidepolders in het Westelijk veenweidegebied.

1.1 Leeswijzer

De voorliggende rapportage beschrijft de informatie die beschikbaar was bij de start van het project, en vult deze aan met relevante gegevens uit de afgelopen drie jaar om zo meer grip te krijgen op de belangrijkste water- en stofstromen die de polder in en uitgaan. Allereerst gaan we in op hoe de kenmerken van de proefpolder, waarbij verschillende aspecten van het watersysteem de revue passeren: de ontstaansgeschiedenis, de hydrologische kenmerken, als ook de chemische en ecologische waterkwaliteit. Vervolgens ligt de focus op de landbouwkundig beheerde bodem en de gangbare dan wel gewenste bemestingspraktijk. Als laatste wordt er ingegaan op mogelijke maatregelen die in veenweidepolders ingezet kunnen worden om de waterkwaliteit te verbeteren. De studie rond af met een compilerende samenvatting dat richting geeft aan mogelijkheden om de waterkwaliteit te verbeteren.

2 De proefpolder

2.1 Ontstaansgeschiedenis

Deze studie gaat over de polder Groot Wilnis-Vinkeveen Midden, ook wel polder Gagelweg genoemd. Deze 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. De polder is een kenmerkende veenweidepolder uit het Westelijk veenweidegebied.

Het landschap van Nederland is grotendeels gevormd uit en op geologische afzettingen uit het Pleistoceen en het Holoceen. Na de laatste ijstijd steeg de zeespiegel waardoor grote hoeveelheden zand afgezet werden op de kust en zogeheten strandwallen ontstonden. Het land achter de strandwallen raakte daardoor afgesloten van de invloed van de zee, en het watersysteem werd gevoed door zoet regen- en rivierwater. In deze omgeving ontstond het moerassige veengebied dat zich uitstrekt over de noordwestelijke laaglanden van Nederland (Noordhuis, 2010; Stouthamer et al., 2015). Deze veenontwikkeling ging het gehele Holoceen gestaag door totdat in de elfde eeuw de mensen het veen begonnen te ontginnen om landbouw te gaan bedrijven. Het land werd ontwaterd door rechte sloten te creëren en deze af te laten wateren op nabij gelegen rivieren. De Bijleveld in de proefpolder is een nog zichtbaar afwateringskanaal dat in 1413 is gegraven van de Oude Rijn naar de Amstel en loopt via Kockengen, Wilnis en Waverveen. De aanleg was nodig omdat de Hollandse IJssel dichtslibde en afwatering van meer zuidelijk gelegen polders rond Harmelen niet meer mogelijk was. Naast een nieuwe afwateringsfunctie had de Bijleveld ook een belangrijke scheepsvaartfunctie.

In de loop van de middeleeuwen begon het veen in te klinken waarop de bewoners hun land probeerden droog te houden door het waterpeil te verlagen. Doorgaande inklinking en peilaanpassing konden echter niet voorkomen dat de landbouwbodem te nat werd voor akkerbouw waardoor men overging op grasland, als ruwvoer voor de veehouderij. Aan het begin van de 15^e eeuw boden windmolens uitkomst waardoor het overtollige water actief naar de hoger gelegen boezem gepompt kon worden om voldoende ontwatering in de polder te realiseren om landbouw mogelijk te maken. Na de 17^e eeuw steeg de vraag naar brandstof en begon men de bodem te ontginnen voor grootschalige turfwinning. De Vinkeveense Plassen zijn nog een overblijfsel van diepe petgaten waarbij de legakkers op den duur zijn weggeslagen door de windwerking en een grote plas is ontstaan. Zo waren de polders Groot Mijdrecht en Wilnis-Veldzijde verveend gebied tot 1879 en 1926.

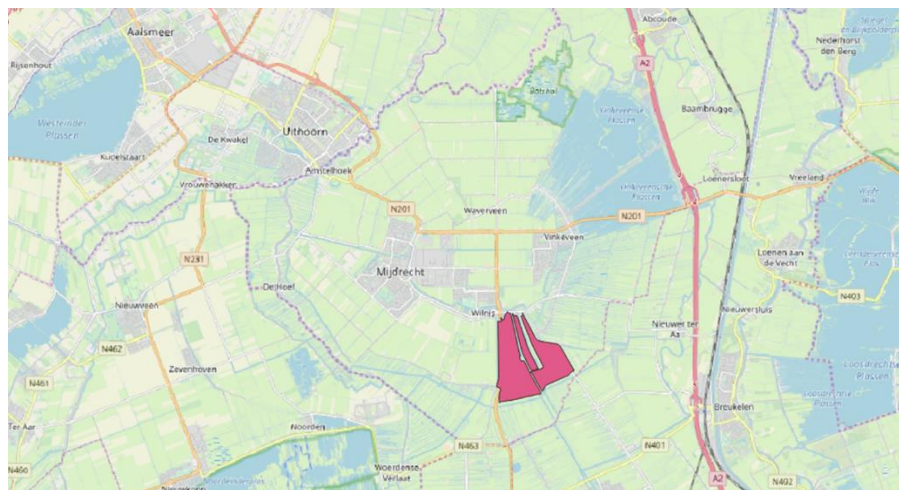
Omdat de overheid extra inkomen wilde genereren, begon de droogmaking waardoor de proefpolder vanaf het noorden en westen werd ingesloten door droogmakerijen. Door deze droogmakerijen in de directe omgeving heeft de proefpolder, ondanks dat hij ruim 2 meter onder NAP ligt, wegzijging.



Figuur 1: Topografie van het landschap rondom de proefpolder halverwege de 19^e eeuw (Nelemans, 1848).

Figuur 1 illustreert de topografie van het landschap rondom de proefpolder halverwege de negentiende eeuw. Rondom de proefpolder zijn plassen aanwezig die nog niet zijn drooggemalen. Hier is de Bijleveld verbonden met de Amstel via de nog niet drooggemaakte plassen van de Ronde Venen. Het rode gebied geeft de locatie weer van de proefpolder.

Ter vergelijking wordt hieronder een recente kaart weergegeven die aangeeft waar de proefpolder ligt.



Figuur 2: Locatie van de proefpolder anno 2019.

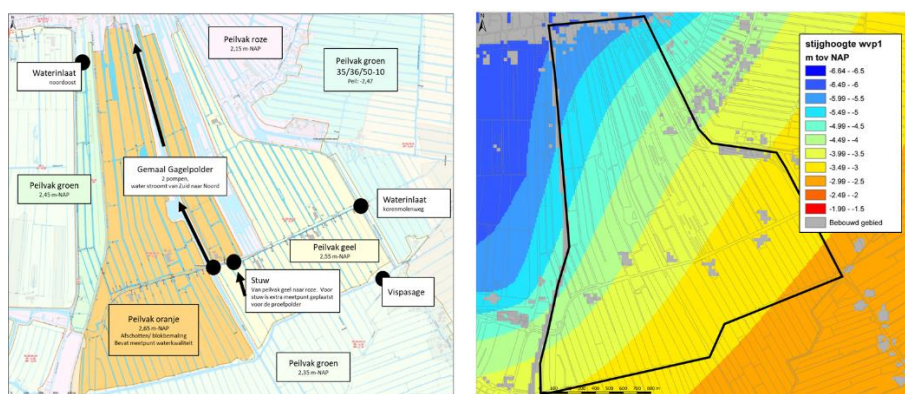
3 Watersysteem

3.1 Algemene kenmerken

De polder heeft een oppervlakte van circa 300 hectare waarvan 14% uit open water bestaat. De relatief kleine polder bevat 3 peilgebieden die van oost naar west in peil variëren van 2,45 m-NAP tot 2,65 m-NAP. Het landoppervlak bestaat voor 4% uit verhard oppervlak zoals wegen en bebouwing en voor 82% uit landbouwgrond. Het grootste deel van dit oppervlak wordt beheerd door vijf agrarische ondernemers, allen deelnemer van de 'proefpolder kringlooplandbouw'.

3.2 Watersysteem en stijghoogte

In de proefpolder worden twee verschillende peilen gehanteerd (Figuur 3). In het oostelijke deel van de polder is het peil gefixeerd op 2,55 m-NAP (oranje peilvak) en het westelijke deel heeft een peil van 2,65 m-NAP (gele peilvak). Om het oppervlaktewater op streefpeil te houden zijn er twee inlaten. Eén is een automatisch gestuurde inlaat aan de oostkant van de polder aan de Korenmolenweg. Deze inlaat heeft een maximum debiet van 6100 m³ per dag. Het water dat via deze inlaat ingelaten wordt is afkomstig van de ten zuiden gelegen Veldwetering, die op zijn beurt weer afhankelijk is van het Amsterdam-Rijnkanaal. Dit water verspreidt zich over het oostelijk peilgebied. Net voor het poldergemaal ligt er een scheidingsstuw waarachter het streefpeil 10 cm lager ligt; het oostelijk peilvak. De andere inlaat is een handmatig bediende inlaat aan de noordwestzijde van het gebied. Water vanuit de ten noorden gelegen ringvaart vult zo het water in het meest westelijke peilvak (dat een peil heeft van 2,45m-NAP; groen in Figuur 3) en afwatert over een peilscheidingsstuw in de fietstunnel onder de Enschedeweg. Dit peilvak maakt echter niet actief onderdeel uit van de proefpolder.



Figuur 3: Watersysteemoverzicht (bron: Watergebiedsplan, 2017; links) en stijghoogte van het eerste watervoerend pakket t.o.v. NAP (rechts).

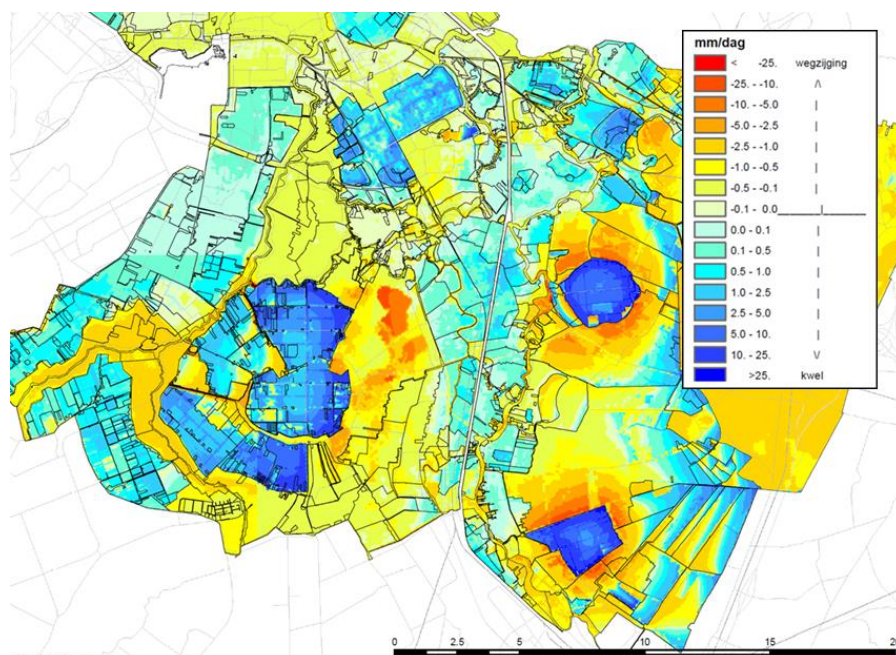
In het midden van de polder bevindt zich het gemaal, waar het water van de polder naar de tussenboezem, Bijleveld, wordt gepompt richting Vinkeveen (roze peilvak). Beide peilvakken zijn gescheiden van de omliggende peilvakken via afschotten. In het noorden kan er via lekkage water de polder inkomen door het aanwezige peilverschil met Groot-Wilnis-Vinkeveen. Vergelijkbaar kan er ook water de polder inkomen aan de zuidzijde vanuit de Veldwetering. Dit wordt niet actief gestuurd, maar is wel beïnvloedbaar door onderhoud van de waterscheiding. Ook is er sinds enkele

jaren een vispassage in het zuidoosten van de polder. Deze slaat een aantal keer per dag aan om de migratie van de vis door de polders heen te bevorderen.

Er is een relatief groot peilverschil tussen het peil van de tussenboezem Bijleveld (2,15 m-NAP) en de percelen in de polder (2,65 m-NAP of 2,55 m-NAP). Dit komt doordat de tussenboezem een stabiel watersysteem heeft met een hoger peil voor instandhouding van de bebouwing van Wilnis en Vinkeveen. Omdat de peilen in de polder zelf lager liggen en de bodem voor landbouw wordt gebruikt, zal dit verschil de komende jaren groter worden door veenoxidatie.

De stijghoogte is het potentieel peil van het wateroppervlak van grondwater uit het eerste watervoerend pakket (gemeten vanaf NAP). Het is de hoogte van het water in een peilbuis, of waar het grondwater zou staan als men een put zou slaan. In de proefpolder is er een stijghoogteverschil van 3 meter (2,5 m-NAP in het zuiden tegenover 5,5 m-NAP in het noorden) in het eerste watervoerende pakket. Grondwater stroomt daarvoor van het zuidoosten naar het noordwesten.

Er is in de proefpolder geen rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) aanwezig die loost op het oppervlaktewater. De dichtstbijzijnde rwzi *De Ronde Venen* ligt op een afstand van 2,5 kilometer. Gezien de stroming van het oppervlaktewater is er geen risico op verslechtering van de waterkwaliteit door aanvoer van (verdund) effluent uit de rwzi.



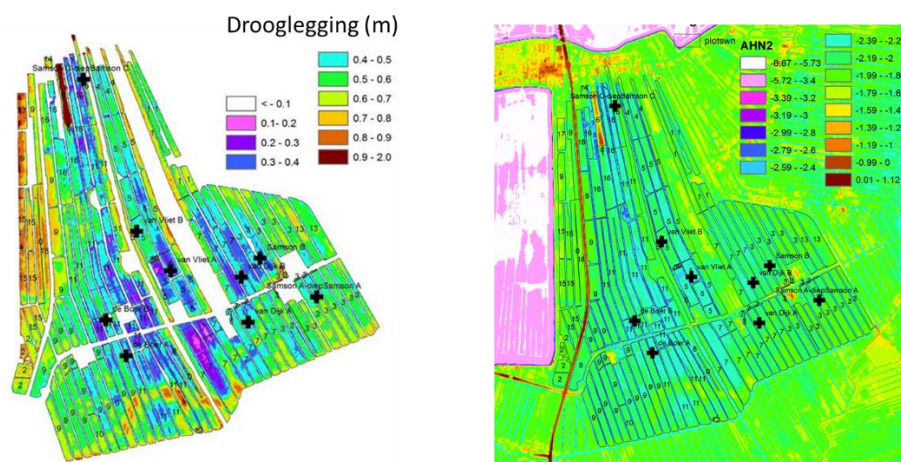
Figuur 4: Berekende kwel en infiltratie binnen het beheergebied van AGV.

De proefpolder ligt vlak naast twee diepe kwelpolders (Figuur 4), waardoor er sprake is van netto infiltratie van water vanuit de polder naar de omgeving. De jaargemiddelde wegzijging varieert tussen 0,5 en 1 mm per dag, met een gradiënt van noordwest (hoog) naar zuidoost (laag). Dit is aangenomen een constante wegzijging te zijn, want zelfs in natte periodes blijft er in veengebieden langs diepe polders infiltratie plaatsvinden. Weersomstandigheden hebben geen grote invloed op de jaargemiddelde wegzijging in een peilbeheerst gebied (Hendriks, 2012).

Er is een duidelijk verschil te zien tussen de diepe droogmakerijen (Wilnis-Veldzijde, Groot-Mijdrecht en de bedijkingen) en de minder diepe polders (Groot Wilnis-Vinkeveen, waarbinnen de Vinkeveense Plassen, Oukoop/Demmerik, Gagel en Groot en Klein Oud-Aa). De (peil)verschillen over een korte afstand zijn groot. De grondwaterstroming in het gebied wordt gedomineerd door de grote verschillen tussen de relatief hoog liggende niet ontgonnen polders en de diepe droogmakerijen. Vanuit de hoger gelegen polders treedt een grote wegzijging op naar de diepe, naastgelegen droogmakerijen. In de diepe droogmakerijen is er een sterke kwel en is sprake van een wateroverschot. Door de ontwatering en de wegzijging van water naar de droogmakerijen verbrandt het veen en daalt de bodem van de “hoger gelegen wegzijgingsgebieden. De maaiveld daling ligt tussen de 0,5 en 1 cm per jaar.

3.3 Drooglegging en Grondwater

De drooglegging geeft het verschil aan tussen het maaiveld en het polderpeil. In de praktijk hangt een ondiepe ontwatering vaak samen met een hoger risico op oppervlakkige afspoeling: er is namelijk minder berging in de bodem. Binnen de percelen van de proefpolder varieert de drooglegging van ca 75 cm-mv tot minder dan 20 cm-mv (Figuur 5), waarbij de ondiepere drooglegging vaker voorkomt rondom de tussenboezem en het centrum van de proefpolder. De gekozen proefpercelen (waarop bemestingsproeven zijn uitgevoerd in de jaren 2017 en 2018) zijn mede geselecteerd op basis van de verschillen in vochttoestand tussen de percelen.

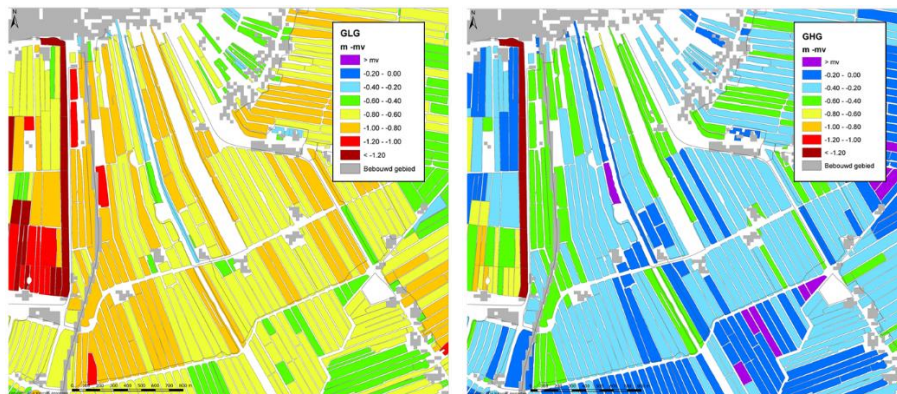


Figuur 5: Maaiveldhoogte (rechts) en berekende drooglegging (links) op basis van AHN2 (Massop, 2014, update in 2017). De kaart bevat ook de meetlocaties van de proefpercelen.

Voor een goede grasgroei is een optimale vochtvoorziening noodzakelijk. De opbrengst van een perceel verloopt ruwweg recht evenredig met de hoeveelheid water die het gewas verdampt. Om de maximale opbrengst te realiseren moet de hoeveelheid vocht die de bodem kan leveren minimaal gelijk zijn aan het verschil tussen de totale potentiële verdamping en de neerslag. De hoeveelheid vocht dat beschikbaar is voor gewasopname wordt bepaald door de bodemtextuur en de infiltratiecapaciteit van een bodem. De bodem kan namelijk een hoeveelheid water bufferen. Bij een bodemprofiel waarbij het grondwater in het voorjaar ondieper staat dan 1,5 m-mv (zoals de situatie is in de percelen in deze polder) bestaat de opneembare hoeveelheid water in de bodem die in de bewortelbare zone aanwezig is dan

wel nageleverd wordt via capillaire nalevering. Voor veengronden varieert de hoeveelheid plant-beschikbaar vocht tussen de 25 en 35 mm per 10 cm laagdikte.

De gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) zijn afgeleide perceelkenmerken die iets zeggen over de dynamiek van het grondwater als wel de beschikbaarheid van water voor gewasopname (Figuur 6). De GHG is de gemiddelde grondwaterstand in de winter over een periode van 8 jaar. De GLG in het meerjarig zomergemiddelde grondwaterstand over deze periode.



Figuur 6: Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG; links) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG; rechts).

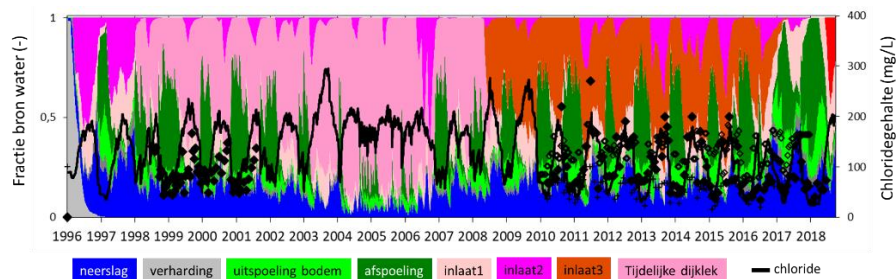
De fluctuatie van de grondwaterstand is mede afhankelijk van het waterbergend vermogen van de grond. Naarmate de grond meer neerslag kan bergen, zal de grondwaterstand minder snel stijgen tot een stand die nadelig is voor het gewas. De verzadigde doorlatendheid van veen ligt tussen de 0,1 en 0,3 m per dag. Zolang de grondwaterstand binnen een bandbreedte ligt van 40 tot 60 cm onder de wortelzone kan er voldoende vocht worden aangeleverd om het gewas in de zomerperiode van water te voorzien (uitgaande van een verdamping van ca 2 mm per dag). De geschatte grondwaterdynamiek laat zien dat in het grootste deel van de polder geen groot risico aanwezig is van watertekorten (uitzonderlijke jaren als 2018 zijn hier overigens niet in meegenomen).

In het grootste deel van de proefpolder varieert de GLG tussen 80 en 100 cm-mv en de GHG ligt rond de 20-40 cm-mv. Op veen en veengronden met kleidek betekent dit een potentiële opbrengstdepressie op kan leveren van 10%, waarbij het grootste effect veroorzaakt wordt door vertraagde groei in het voorjaar en droogte in de zomerperiode (KWIN-Veehouderij).

3.4 Waterstromen in en uit de polder

Op basis van de gemeten debieten bij het gemaal, de peilen, het weer en gebiedskennis over de proefpolder is via een eenvoudige balanssystematiek in kaart gebracht hoeveel water de polder binnenkomt dan wel uitstroomt. Omdat naast de waterfluxen ook de geleidbaarheid van het water (chloride) bekend is, zowel van het water in de omgeving van de polder als het water wat wordt ingelaten en uitgepompt, kan op basis van deze metingen ook inzicht worden gegeven in de herkomst van het water dat in de polder aanwezig is. De resultaten worden in Figuur 7 weergegeven.

De waterbalans geeft inzicht in de bijdrage van verschillende bronnen van het water dat via het gemaal de polder wordt uitgedaagd. Er is gekeken naar in- en uitstroom (waterbalans) over de periode 1996 en 2018. Voor de neerslaggegevens zijn de waarden van Abcoude (KNMI) gebruikt en voor de verdamping zijn de waarden van Schiphol (KNMI) gebruikt. De blauwe kleur is de fractie van het water dat rechtstreeks op de sloten valt door neerslag. De neerslag die via de bodem richting het oppervlaktewater stroomt krijgt in deze figuur een groene kleur. De roze en rode kleur geeft aan welk deel van het aanwezige water afkomstig is van inlaten dan wel tijdelijke (dijk)lekken waarlangs water uit de omgeving de polder instroomt. De chloride-gehalten geven aan hoe brak het water is, en geven indirect informatie over de inlaat van gebiedsvreemd water.



Figuur 7: De waterbalans voor periode 1996 tot en met 2018 (punten geven chloride-gehalten aan; de kleuren geven de fractie weer van de herkomst van het water).

Uit deze analyse wordt duidelijk dat de laatste jaren bijna 50% van het water via de bodem in het oppervlaktewater terecht komt. Ook is zichtbaar dat tot 2016 bijna 80% van het water afkomstig is via dijklekken en inlaten. Door verbeteringen aan de waterscheiding rondom deze polder en de omgeving is de invloed van de dijklekken sterk verminderd. Tot vijf jaar geleden werd de waterkwaliteit voor het grootste deel beïnvloed door gebiedsvreemd water. Dat betekent ook dat de invloed van maatregelen die de boeren zelf genomen hebben, weinig tot niet zichtbaar zijn geweest. De laatste vijf jaar is die externe invloed sterk verminderd, waardoor de invloed van agrarische maatregelen binnen de polder eerder zichtbaar zijn in de waterkwaliteit. Uitspoeling vindt overigens alleen plaats als er sprake is van een netto neerslagoverschot. Dit betekent ook dat verliezen van nutriënten vooral optreden in de winterperiode. Of en wanneer er nutriënten via oppervlakkige afspoeling in het oppervlaktewater komen, hangt af van de bodembedekking, de infiltratiecapaciteit en de intensiteit van de neerslag.

Over de jaren 1996 tot 2018 kwam er gemiddeld 1077 m³ per dag in de polder door neerslag op het oppervlaktewater. De hoeveelheid water dat uit de percelen stroomde was gemiddeld 512 m³ per dag. Via afstroming en ondiepe uitspoeling kwam circa 1582 m³ per dag in het oppervlaktewater. Het grootste deel van dit water was afkomstig uit de inlagen en tijdelijke dijklekken. Eind 2018 is de waterflux vanuit de bodem gedaald tot circa 306 m³ per dag via uitspoeling en 480 m³ per dag via ondiepe uitspoeling en afstroming. Jaarlijks verdampt er circa 841 m³ per dag aan water, en infiltreert er 127 m³ per dag richting het grondwater. Bij het gemaal wordt er over de afgelopen twintig jaar gemiddeld 7213 m³ per dag uit de polder gepompt, waarbij dit de laatste drie jaar varieert tussen 1100 en 4409 m³ per dag.

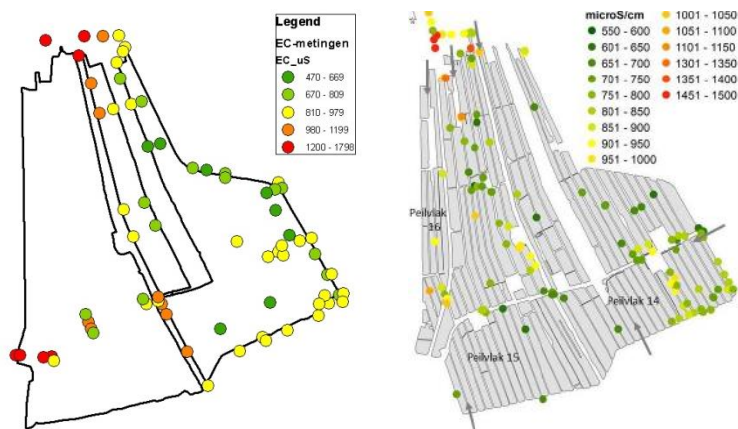
De chemische kwaliteit van de verschillende inlaten verschilt sterk. Het water dat wordt ingelaten via de inlaat aan de Korenmolenweg is afkomstig van het Amsterdam-Rijnkanaal en kent de laatste jaren een relatief goede waterkwaliteit door

de vele maatregelen die in het hele stroomgebied van de Rijn zijn genomen. Zo is de zoutconcentratie verlaagd en namen de concentraties aan stikstof en fosfor af. Water afkomstig uit de Ringvaart is van slechtere kwaliteit. Dit komt grotendeels door het kwelwater dat vanuit de droogmakerij Wilnis-Veldzijde hier geloosd wordt; dit water is erg ijzerrijk en bevat veel ammonium.

3.5 Elektrisch Geleidingsvermogen en slootdiepte

Tussen januari 2013 en juni 2015 was er toestroom door lekken van een gemiddelde van 2500 m³ per dag. In 2016 is een grote lekkage gedicht. In februari 2017 zijn aanvullend twee spoelgaten gedicht.

In 2017 is op verschillende locaties in de proefpolder de geleidbaarheid van het water in kaart gebracht om te onderzoeken of er nog sprake was van dijklekken en inlaat van gebiedsvreemd water. Deze metingen zijn daarom uitgevoerd na een droge en warme periode (29 augustus 2017) omdat dan de invloed van gebiedsvreemd water (dat een hoger zoutgehalte heeft) goed zichtbaar is te maken. Het Elektrisch Geleidingsvermogen (EGV), oftewel EC (Electric Conductivity), en het chloride-gehalte vormen samen een maat voor de verzilting van het oppervlaktewater. De ruimtelijke verspreiding van de geleidbaarheid binnen de polder wordt hieronder geïllustreerd. Door van Deelen (2019) is in de zomer van 2018 (juni, juli en augustus) ook op diverse meetpunten de EGV gemeten (Figuur 8, rechts).



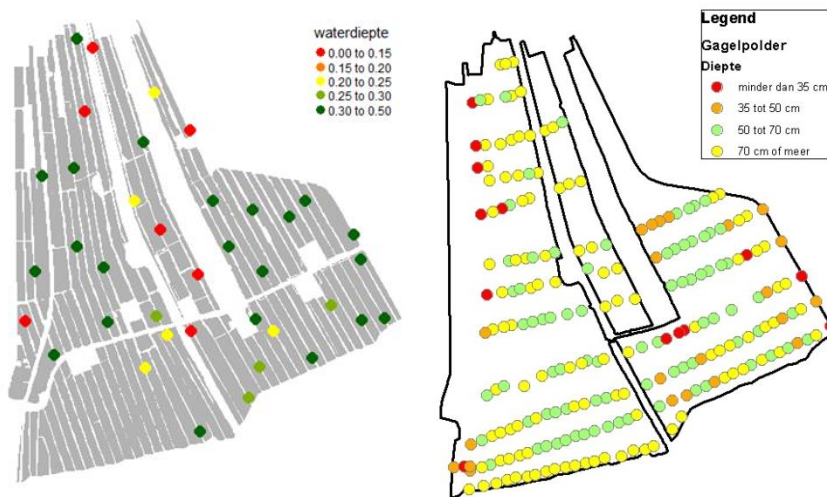
Figuur 8: EGV gemeten in augustus 2017 (links) en zomer van 2018 (rechts).

Bij dit eenmalige onderzoek in de zomer van 2017 bleek dat binnen de polder de EGV waarden relatief laag zijn en oplopen tot maximaal 800 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Over de hele polder lagen de EC-waarden tussen de 470 en 1800 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (zie Figuur 8). Aan de noordkant van de polder bleek een aantal schotten te lekken wat zichtbaar is aan de hogere geleidbaarheid; hier stroomt namelijk brak water de polder binnen. Verder bleken er geen grote veranderingen meetbaar te zijn op korte afstand. Dit betekent ook dat eind 2017 de grote lekkages zoals die in de waterbalans zichtbaar zijn niet meer voorkomen. Er stroomt dus minder gebiedsvreemd brak water de polder in. De instroom van het brakke water is afhankelijk van het peil van de Vinkeveense polder (polder aan de oostelijke kant van de proefpolder met het Veldhuisweg-gemaal). In de droge zomer van 2018 varieerde de EGV tussen de 500 en 1500 $\mu\text{S cm}^{-1}$ en waren de metingen (met uitzondering van die in peilvak 16) vergelijkbaar met de EGV-waarden in de zuidelijk gelegen wetring. De EGV lijkt in het uiteinde van de

sloten hoger te zijn dan de EGV van het inlaatwater, wat suggereert dat het zoutgehalte hier concentreerde door de stilstand en hoge verdamping in de droge zomer. De EGV van het uitgepompte water bij het gemaal lag overigens de hele periode (juni, juli en augustus) in dezelfde range als de EGV van de inlaat aan de Korenmolenweg (de wetering). Dit doet vermoeden dat het inkomende water vanaf de oostzijde direct via de hoofwatergang bij de pomp uitkomt en verdere menging met andere bronnen nauwelijks plaatsvond in deze droge periode.

Voor de ontwikkeling van een goede slootvegetatie is de slootdiepte van cruciaal belang. De belangrijkste voorwaarde voor het voorkomen van waterplanten is namelijk dat er voldoende licht op de bodem valt. Door zwevende deeltjes vermindert het doorzicht en de diepte tot waar licht in het water kan doordringen. Zwevende deeltjes komen in het water door opwerveling van slib (door vis, scheepvaart of wind), algen, afkalvende oevers, afgestorven algen en afbraak van de waterbodem en humuszuren. Ook kroos en perifyton kunnen het lichtklimaat voor onderwaterplanten verslechteren.

Bij ondiepe sloten is het moeilijk om een mooie vegetatie te ontwikkelen omdat de temperatuur snel oploopt in de zomermaanden, er veel fosfaat en andere nutriënten beschikbaar komen, en er daardoor een groot risico is op groei van algen. Inzicht in de slootdiepte is daarom belangrijk om zicht te krijgen op de sleutelfactoren die van invloed zijn op de waterkwaliteit. In zowel 2014 als 2017 is daarom op diverse meetpunten de slootdiepte gemeten (Figuur 9). Uit deze metingen blijkt dat de sloten in 2017 een stuk dieper liggen dan in 2014.



Figuur 9: Sloopdiepte gemeten in 2014 (links) en april 2017 (rechts).

Dit is mogelijk een gevolg van de opgestelde Stimuleringsregeling Waterkwaliteits-baggeren die is opgesteld in 2011. Het doel van de Regeling was om in alle watergangen een waterdiepte van tenminste 50 cm te realiseren. Een waterdiepte van 35 cm is voldoende voor de aan- en afvoer, maar kan onvoldoende zijn (afhankelijk van de verblijftijd) voor het ecologisch functioneren van de sloot. Voor het vergroten van de waterdiepte tussen 35 en 50 cm kregen de deelnemers een vergoeding van € 3.000 per hectare wateroppervlak zodra deze op diepte werd gebracht. De Regeling liep tot 31 december 2016 en is kort verlengd tot 15 maart 2017 omdat een aantal deelnemers de baggeropgave wilden afronden. Alle vijf boeren van de proefpolder hebben aan het einde van deze periode nog deelgenomen aan deze regeling. In

2017 was daarom op alle onderzochte locaties de waterdiepte meer dan 50 cm (Ter Hennepe, 2017). Het meten van de waterdiepte is overigens een momentopname. Frequent onderhoud is nodig om de sloot ook op diepte te houden.

Opvallend was wel dat uitgevoerd veldonderzoek door Emma van Deelen in de zomer van 2018 liet zien dat er op veel locaties een dikke sliblaag aanwezig was die varieerde van 10 tot 50cm dikte (Van Deelen, 2019). Deze sliblaag was een slappe bovenlaag van fijn organisch materiaal, waarbij de slootdiepte vooral laag was in het westen van de polder. Dit suggereert dat de slootbodem weer snel volloopt en dat aandacht nodig is voor de methode waarop en de frequentie van baggeren.

3.6 Ecologische waterkwaliteit

Als graadmeter voor de (ecologische) toestand in de polder wordt door het waterschap frequent de hoeveelheid en soortensamenstelling van de aanwezige vegetatie (waterplanten) gemonitord. Dit vormt namelijk een goede maatstaf voor de ecologische toestand van een oppervlaktewater: waterplanten zijn namelijk een essentieel onderdeel van, en randvoorwaarde voor watergebonden leven als kleine waterdierpjes en vissen. De aanwezigheid van waterplanten is getoetst volgens de landelijke maatlatten voor sloten, kanalen en meren. De resultaten zijn daarmee uitgedrukt in een EKR (ecologische kwaliteitsratio) score, conform de KRW-methodiek. Een score van 1 staat voor een maximaal haalbare ecologische kwaliteit en een score van 0 voor een slechte kwaliteit.

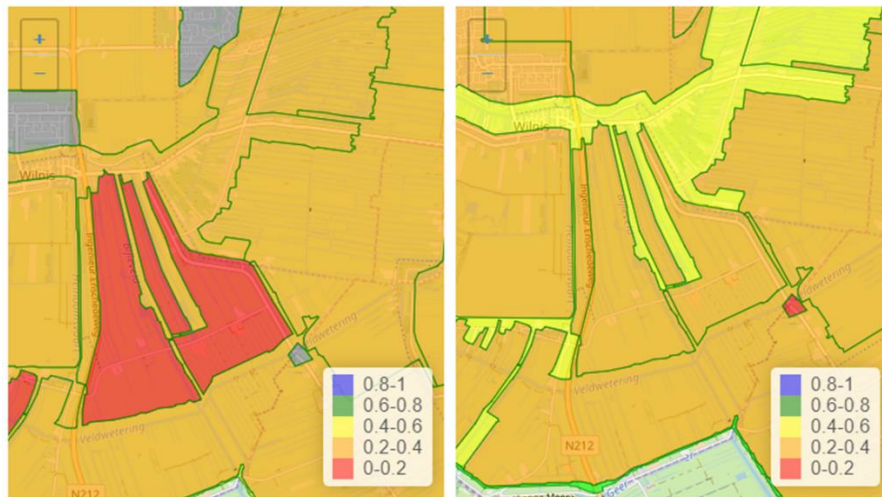
In afbeelding 10 staat een hypothetisch voorbeeld van een sloot met een EKR-score van 1 (links) als wel een sloot met een EKR-score van 0 (rechts) om te illustreren wat een EKR-score in de praktijk betekent.



Figuur 10: Ecologische doelen verbeeld; actuele en gewenste toestand Bovenste Blik. Tekeningen gemaakt door Annemoon van Steen.

Om de huidige (ecologische) toestand te behouden en deze waar mogelijk te verbeteren, worden doelen en ambities afgeleid op basis van gebiedsgericht maatwerk. Een doel is het Goed Ecologisch Potentieel, kortweg het GEP. Dit is de toestand die ontstaat na het treffen van alle relevante maatregelen die de ecologische waterkwaliteit kunnen verbeteren. Maatregelen met een fysiek karakter, zoals herinrichting, die een significant negatief effect hebben op gebruiksfuncties of die negatieve effecten hebben op het milieu in brede zin, worden niet meegenomen bij het vaststellen van dit doel. De maatregelen en de verwachte ecologische effecten daarvan legt het waterschap vast in de stroomgebiedbeheerplannen (KRW) en watergebiedsplannen (Overig water).

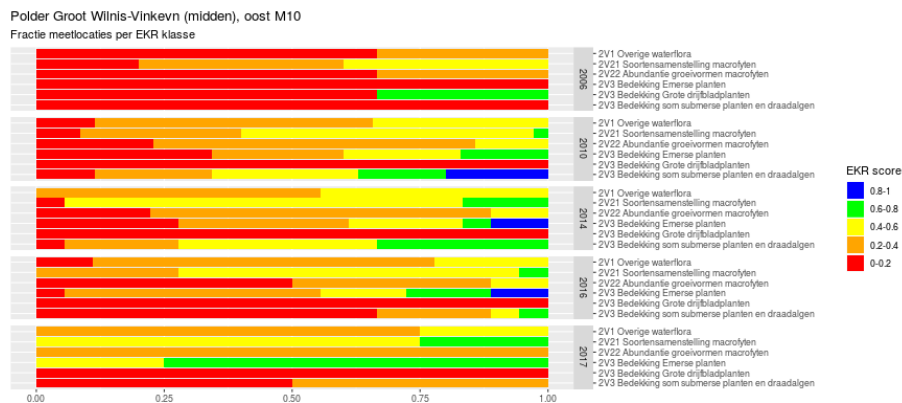
De totale EKR-score voor de hoofdmeetlat 'Overige waterflora' is in de afgelopen tien jaar licht toegenomen (Figuur 11): de poldergemiddelde score lag onder de 0,2 in de periode 2006 tot 2013 en is daarna gestegen naar maximaal 0,4 in de periode erna.



Figuur 11. Overzicht van EKR score op de maatlat Overige Waterflora in 2006-2013 (links) en 2013-2017 (rechts) voor de proefpolder aan de Gagelweg. Bron: Moria (2018).

De totale EKR-score zoals hierboven weergegeven kan worden uitgesplitst in zogenoemde deelmeetlatten. De hoofdmeetlat 'Overige waterflora' geeft de totale ecologische status weer waarbij de onderliggende deelmeetlatten inzicht geven in de vegetatie per soort. Onder deze hoofdmeetlat vallen twee deelmeetlatten waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen het voorkomen (abundantie) en de diversiteit (samenstellingen) van soorten. Op basis van metingen aan de vegetatie wordt een inschatting gegeven van de bedekking met a) submerse planten, b) flab en kroos, c) emerse planten en d) drijfbladplanten.

In figuur 12 wordt de ontwikkeling van de vegetatie binnen de proefpolder weergegeven over de periode 2010 tot 2016. Het eerste wat opvalt is dat de ecologische waterkwaliteit de afgelopen jaren is verbeterd. In 2006 viel het grootste aandeel meetpunten in de polder in de laagste score, terwijl in 2017 alle meetlatten een hogere score lieten zien. De gebiedsgemiddelde EKR-score steeg van 0,2 naar 0,4. Tegelijkertijd is zowel het voorkomen van emerse planten uniformer geworden: situaties met een score boven de 0,8 komen niet meer voor, maar vrijwel alle meetpunten vallen nu wel in de klasse >0,6. Ook lijkt de bedekking met submerse planten en draadalg daarentegen te verslechteren.



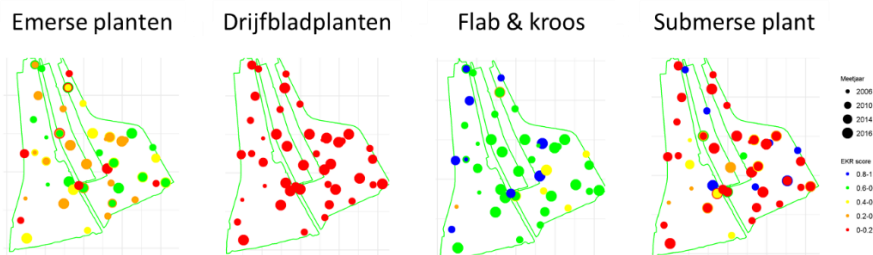
Figuur 12: EKR-scores voor verschillende plantengroepen: fractie meetlocaties per EKR-klasse over de jaren 2006, 2010, 2014, 2016 en 2017.

De ecologische kwaliteit is niet alleen het resultaat van de chemische waterkwaliteit, maar heeft zelf ook effect op de waterkwaliteit. De planten kunnen zorgen voor versteviging van de slootkanten en een zuiverend effect hebben omdat ze nutriënten opnemen uit het water.

De boeren in de proefpolder bevestigen het hierboven beschreven beeld. Zij gaven overigens ook aan (bijeenkomst 16 januari 2018) dat er de afgelopen jaren vrijwel geen vegetatie in hun sloten aanwezig is. In hun ogen kwam dit door (te) grondig baggeren van de sloten. Deze achteruitgang is in de meeste deelmaat-latten echter niet zichtbaar, maar correspondeert mogelijk met de geobserveerde verandering in submerse planten en draadalg. Uitgevoerd veldonderzoek door Emma van Deelen in 2018 bevestigt dit beeld: op 23 van de 31 onderzochte locaties was geen ondergedoken vegetatie aanwezig en op slechts 8 van de 31 bemonsterde locaties was een (zeer) lage bedekking van ondergedoken macrofyten aangetroffen (Van Deelen, 2019). Emergente vegetatie kwam relatief vaak voor, terwijl kroos vrijwel nooit in hoge percentages aanwezig was.

In de praktijk kan het overigens 3 tot 5 jaar duren dat de vegetatie zich herstelt na een grondige ingreep in het watersysteem (zoals hier gebeurd is met baggeren). Deelnemende boeren suggereerden dat de aanwezige karpers en brasems ook een negatieve invloed op de vegetatie kon hebben omdat deze de bodem omwoelen. Het is onbekend in welke mate de rode rivierkreeft veel invloed heeft op de vegetatie in de sloten binnen de proefpolder.

Ter illustratie is hieronder een voorbeeld opgenomen van de ruimtelijke spreiding in het voorkomen van emerse planten, drijfbladplanten, flab en kroos en submerse planten binnen de proefpolder, zoals deze zichtbaar is in de vegetatie-opnamen die zijn uitgevoerd in de periode 2006 tot 2016. Er is vooralsnog geen duidelijk patroon waarneembaar binnen de polder: hoge en lage EKR-scores voor de verschillende vegetaties komen binnen de hele polder voor.



Figuur 13: Voorkomen van emerse planten, drijfbladplanten, flab en kroos, en submerse planten binnen de proefpolder.

Het veldonderzoek in de zomer van 2018 door van Deelen suggereert dat de polder in een ecologisch arme, maar heldere staat verkeerd (Van Deelen, 2019). Afgezien van oevervegetatie werd er in haar onderzoek weinig vegetatie aangetroffen. Zelfs de meer eutrofe groeivormen, zoals kroos en flab, zijn nauwelijks aanwezig. Dit beeld is opvallend, omdat dit afwijkt van de monitoringsresultaten van de afgelopen jaren en omdat eutrofe groeivormen onder vrijwel alle omstandigheden kunnen voorkomen. Van Deelen (2019) suggereert dat de externe belasting van het watersysteem erg laag kan zijn (vanwege een observatie van kranswieren) door constante wegzijging en versnelde afvoer van nutriëntrijk water richting het grondwater door scheuren in het onverzadigde bodemprofiel. Dit beeld wordt niet bevestigd vanuit de berekende water- en stofstromen als ook de waarnemingen vanuit het monitoringsmeetnet. Hoe sterk de observaties van Van Deelen (2019) beïnvloedt zijn door de extreem droge zomerperiode in 2018 is onduidelijk.

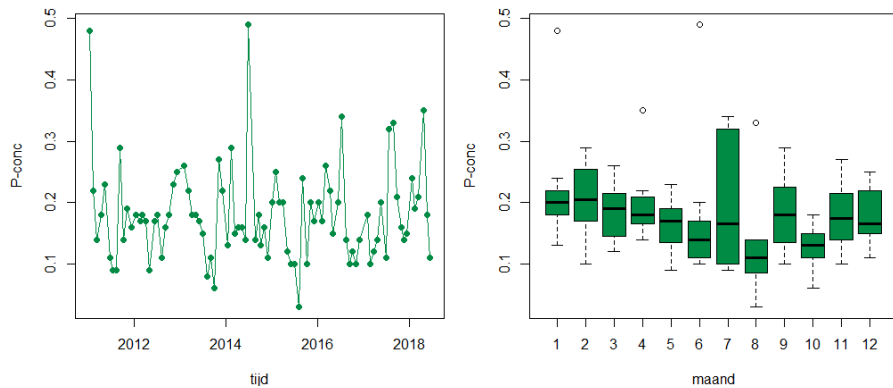
De analyse van Van Deelen (2019) suggereert dat andere factoren als stikstof en fosfor een rol spelen zoals hoge zwavelconcentraties of vraat of omwoeling van wissel of rivierkreeften. Het beeld van een nutriënten- en ecologisch arme polder wordt echter niet herkend door betrokken ecologen van het waterschap.

3.7 Fosfaatconcentraties in het water

Bij het gemaal worden er 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 is het resultaat van alle processen die in de bodem van de polder de P-beschikbaarheid beïnvloeden als wel van het watertransport waarmee het fosfor naar het oppervlaktewater wordt verplaatst. Het vrijkomende fosfor in de polder kan gedurende het transport door de polder namelijk vastgelegd worden in de slootbodem, opgenomen worden door de groeiende vegetatie in de sloot dan wel doorspoelen richting het gemaal. Er zijn meetgegevens beschikbaar van 1991-2001 en vanaf 2010 tot op heden.

De fosforconcentraties schommelen tussen de 0,1 en 0,5 mg L^{-1} en zijn gemiddeld hoger in de winter dan in de zomer (Figuur 14). Dit hangt samen met het feit dat er in de zomermaanden weinig water vanuit de percelen richting het oppervlaktewater stroomt. Er is namelijk netto sprake van een negatief neerslagoverschot in de zomer en de slootvegetatie neemt eventueel aanwezige fosfaat op in de zomerperiode. Daarnaast wordt de P-concentratie in sterke mate gebufferd door de slootbodem. In de winterperiode is er sprake van afstervende vegetatie, aanwezigheid van maaisel en een netto waterflux vanuit de percelen naar het oppervlaktewater. Percelen met

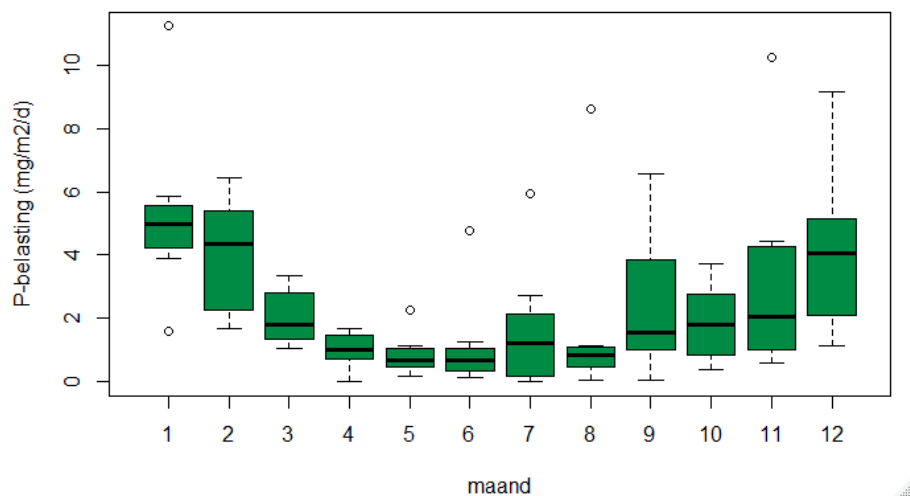
een hoge P-concentratie in het bodemvocht zullen daarbij hogere P-concentraties laten zien in het uitspoelend water.



Figuur 14: seizoensvariatie P-gehalte gemeten bij het gemaal (links) en maand-gemiddelde P-gehalte over de periode 2010-2017 (rechts).

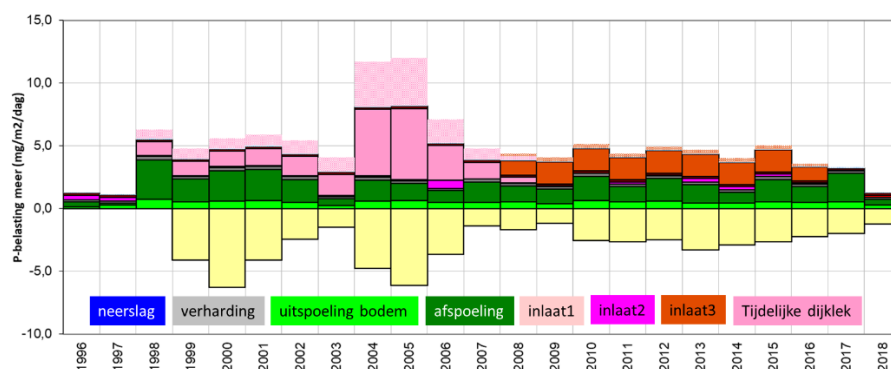
Voor P is er niet een heel sterk seizoenspatroon aanwezig; één tot twee keer per jaar zijn er wel opvallende uitschieters. Deze uitschieters komen zowel in de zomer als in de winterperiode voor en zijn daarom niet per direct gerelateerd aan het agrarisch management (bemesting of graslandvernieuwing). Een opvallende meting is die van 28 september 2000 waar de concentratie groter is dan 1 mg L^{-1} (niet weergegeven). Deze hoge meting kwam voor tijdens een erg natte periode opvolgend op een droge periode.

Voor de Kaderrichtlijn Water zijn er geen normen opgesteld voor de N- en P-concentraties in het oppervlaktewater zoals die wel beschikbaar zijn voor het grondwater. Wel wordt er gestuurd op de P-belasting van het oppervlaktewater. Zoals te verwachten is, is er voor de geschatte P-belasting (Figuur 15) wel een duidelijk patroon waarneembaar over het jaar: maanden met een netto neerslagoverschot (de winter) hebben een substantieel hogere P-belasting dan de maanden met een netto neerslagtekort. Dit effect is veel groter dan de maandelijkse spreiding in P-concentraties, wat aangeeft dat de P-belasting in grote mate afhangt van de waterflux. De P-belasting in de zomer ligt gemiddeld onder de $2 \text{ mg P per m}^2 \text{ water per dag}$. In een enkele situatie (6 keer over een periode van 18 jaar) kan de P-belasting oplopen tot zelfs boven de $8 \text{ mg P m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$. In veenweidesloten is de P-belasting vaak de beperkende (limiterende) factor die sturend is voor de vegetatie die zich daar ontwikkelt.



Figuur 15: Seizoensvariatie in P-vrachten ($\text{mg P m}^{-2} \text{dag}^{-1}$) gemeten bij het gemaal over periode 2010-2017 (debiet maal concentratie).

Over de hele bemeten periode van 1996 tot 2018 wordt duidelijk dat de P-belasting de laatste jaren substantieel en structureel is gedaald (Figuur 16).



Figuur 16: Fosforbelasting voor periode 1996 en 2017.

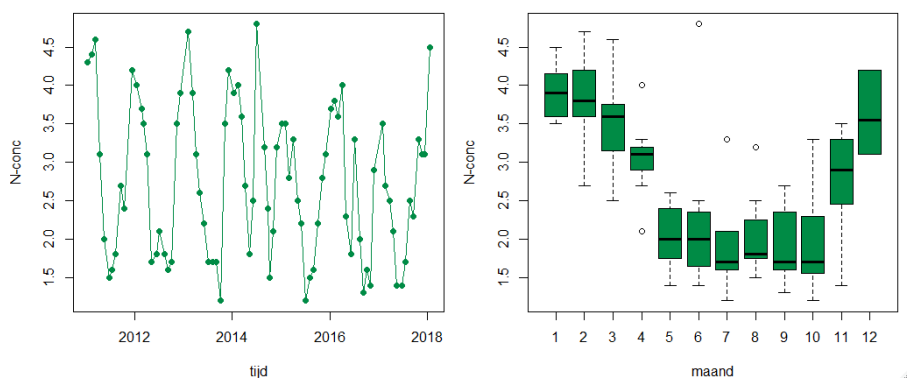
In de bovenstaande figuur wordt de P-belasting weergegeven in relatie tot de bron waar de fosfor vandaan komt. De gele (negatieve) balken geven de gemeten P-belasting weer zoals deze berekend wordt uit het gemeten debiet (bij het gemaal) en de maandelijkse fosfaatmetingen die daar zijn uitgevoerd. Vanaf de jaren 2006 ligt de P-belasting structureel lager, en deze verlaging is voor het grootste deel veroorzaakt door het op orde brengen van het watersysteem. Het dichtten van de dijklek heeft namelijk voor een sterke daling van de P-belasting gezorgd. De bijdrage van fosfor uit de bodem is over de afgelopen 10 jaar behoorlijk constant gebleven, evenals het feit dat de meeste P-verliezen uit de bodem optreden via ondiepe uitspoeling en oppervlakkige afstroming. Maatregelen die daarop ingrijpen, hebben daardoor (op termijn) een positief effect op de waterkwaliteit.

De berekende P-belasting van het oppervlaktewater (de gekleurde balken in Figuur 16) zijn opgeteld hoger dan de gemeten P-belasting bij het gemaal. Dit kan twee dingen betekenen. Allereerst kan de P-belasting vanuit de bodem worden overschat: zowel de P-concentratie als de berekende uitspoeling en afstroming zijn gebaseerd op eenvoudige modelaannames en generieke bodemgegevens. Ten tweede kan ook retentie in de watergang een rol spelen: fosfor dat in het oppervlaktewater terecht

komt kan namelijk worden vastgelegd in de slootbodem als wel de vegetatie. De retentie in de bodem hangt af van de slootdiepte, de dikte van de sliblaag, de verblijftijd van het water en de chemische eigenschappen van de sliblaag. Welke factor hierbij het meest verklarend is voor optrendende verschillen is op dit moment nog niet duidelijk.

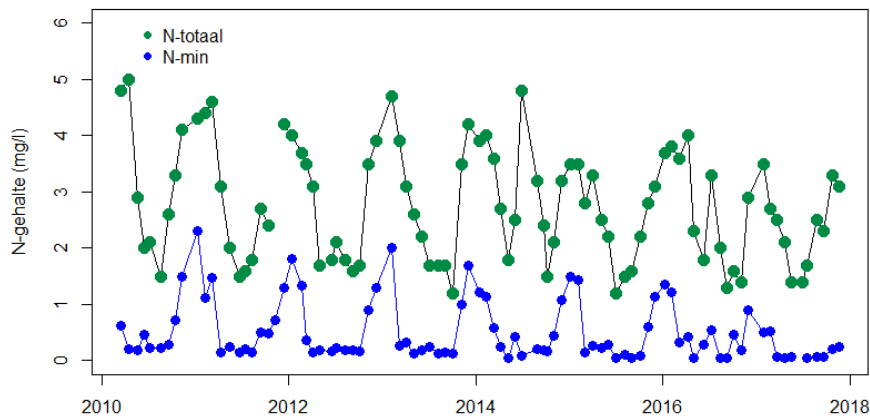
3.8 Stikstofconcentraties in het water

In tegenstelling tot fosfor is het opvallend dat er voor stikstof (N) een zeer sterke seizoensvariatie zichtbaar is in de gemeten N-concentraties bij het gemaal. De concentraties in de winter zijn gemiddeld twee keer hoger dan de zomer (Figuur 17). Dit hangt niet alleen samen met de opname van stikstof gedurende de zomer en het netto watertransport vanuit de sloot naar het perceel, maar ook met hogere denitrificatie-verliezen (die zijn afhankelijk van de temperatuur) als met mogelijke nalevering van stikstof vanuit de bodem in het najaar. De variatie over de tijd lijkt de afgelopen jaren af te nemen, wat het resultaat kan zijn van een hogere bodembenutting dan wel minder inlaatwater vanuit de omgeving.



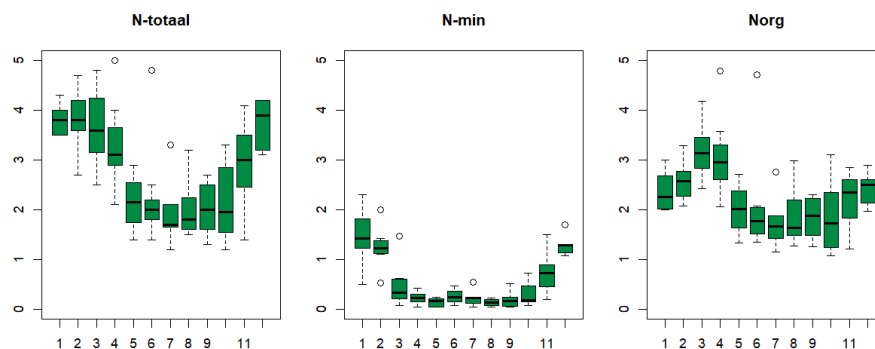
Figuur 17: seizoensvariatie N-gehalte gemeten bij het gemaal (links) en maand-gemiddelde N-gehalte over de periode 2010-2017 (rechts).

Interessant fenomeen is dat over de afgelopen jaar het grootste deel van de stikstof aanwezig is in organische vorm; het percentage ammonium en nitraat is kleiner dan 50% (Figuur 18). Er komen nauwelijks piekevents voor de anorganische stikstof, want aangeeft dat er weinig tot geen directe N-verliezen optreden rondom het tijdstip van bemesting. De lagere concentraties in de zomerperiode betekenen overigens niet dat er geen N-verliezen optreden gedurende het groeiseizoen. Aanwezige N-verliezen in het vroege voorjaar of tijdens neerslagevents worden in het oppervlaktewater gedenitrificeerd (en dan verdwijnt de stikstof naar de lucht) ofwel opgenomen door de groeiende slootvegetatie of aanwezige algen. De stijging in het najaar hoeft namelijk niet volledig afkomstig te zijn van verliezen die op dat moment optreden, maar kunnen ook afkomstig zijn van afstervende vegetatie/ algen die de stikstof in de zomerperiode hadden opgenomen. In die situatie is er sprake van een biologisch gestuurde verschuiving in N-concentraties in het najaar. Als afstervende waterplanten een reden is voor de verhoogde N-concentraties kan het verwijderen van dit afstervende materiaal een positieve bijdrage leveren aan vermindering stikstof in het oppervlaktewater?



Figuur 18: N-totaal (groen) en de som van ammonium, nitriet en nitraat (anorganisch N; blauw) in het oppervlaktewater (in mg L^{-1}) voor periode 2010 – 2018.

Omdat veenaafbraak ook in het najaar en winter plaatsvindt maar er dan geen gewasopname optreedt, en er sprake is van een netto neerslagoverschot, zijn de concentraties in anorganisch N (ammonium en nitraat) in de winter hoger (Figuren 18 en 19). Dit beeld is niet zichtbaar voor de organische N-fractie; daar is alleen een sterke toename zichtbaar in het voorjaar.



Figuur 19: Gemiddelde N-totaal (links), minerale N (midden) en organisch N (rechts) concentraties bij het gemaal, gemiddeld per maand (in mg L^{-1}).

De organische N-fractie in het oppervlaktewater lijkt meer een natuurlijk afbraak-product te zijn van de veenbodem dan een fractie die samenhangt met (vertraagde) bemestingseffecten. Dit kan mogelijk samenhangen met het feit dat deze fractie altijd hoog is in veengronden en niet alleen bestaat uit kleine deeltjes afstervend plant-materiaal of algen of bodemdeeltjes (zogenoemd *particulate organic matter*) maar ook uit opgelost organisch stikstof. Deze laatste fractie is een stabiel “afvalproduct” van veenaafbraak en wordt als zodanig niet sterk beïnvloedt door bemesting en gewasgroei (Ros, 2011). De bijdrage van deze organische N-fractie is namelijk veel constanter over het seizoen dan anorganisch stikstof (Figuur 19). Op basis van de huidige meetgegevens is het niet mogelijk om de bron van deze organische stikstof kwantitatief te onderbouwen.

Om een eerste indruk te krijgen van de bijdrage van afstervende gewasresten wordt hieronder een indicatieve berekening uitgevoerd. In de wintermaanden stroomt er gemiddeld circa 8000 m^3 per dag uit de polder. Bij een Nmin-concentratie van $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ betekent dit dat er per dag 12 kg N als ammonium en nitraat uit de polder

verdwijnt. Over een periode van 5 maanden komt dat neer op een N-verlies van circa 7 kg N per ha landbouwgrond. Omdat op veengronden normaliter meer dan 250 kg N per jaar beschikbaar komt via mineralisatie vanuit de organische stof in de bodem, is het verlies van 7 kg in een periode van 5 maanden relatief klein. Dit hangt samen met hoge denitrificatieverliezen in veen onder natte omstandigheden.

Op basis van een beperkt aantal metingen schatten onderzoekers van CLM en WEnR in dat de productie van slootvegetatie varieert tussen 0,2 en 0,7 kg droge stof per m², waarbij de waarde van 0,7 als erg extreem wordt aangeduid (Van der Wal et al., 2011). Het N-gehalte van dit maaisel varieert tussen 3 en 12 g N per kilogram droge stof. In het scenario dat 50% van het water (en bijbehorende slootkant) is begroeit, betekent dit voor de proefpolder dat er 42 (ha water) x 50% x 0,7 kg droge stof per m² x 7,5 gram N per kilogram droge stof = 1113 kg N is opgenomen door slootmaaisel dat eventueel in het water terecht kan komen. In werkelijkheid wordt een deel ook gemaaid en afgevoerd. Stel dat 50% van de slootvegetatie in de sloot achterblijft, dan betekent dit er via afstervend slootmaaisel zo'n 2,2 kg stikstof per hectare landbouwgrond in het water terechtkomt. Deze indicatieve inschatting laat zien dat slootvegetatie voor een beperkt deel (max 30%) bij kan dragen aan de N-verliezen in de winterperiode.

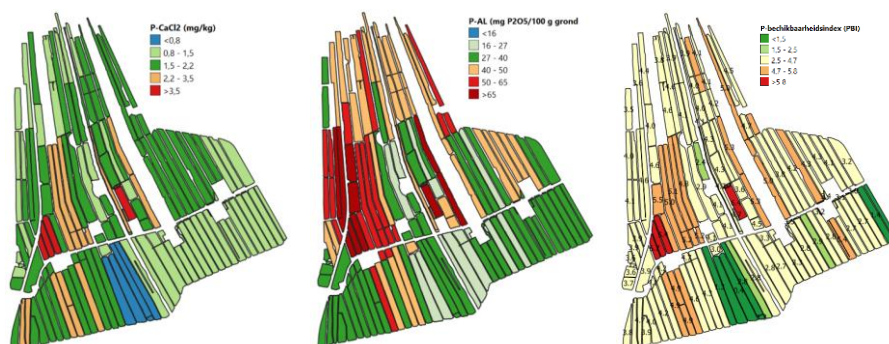
4 De landbouwpraktijk en de bodem

4.1 Bodemeigenschappen

De bodem van de polder bestaat grotendeels uit Koopveengrond op bosveen. De bodem is doorgaans kleiig veen met als bovenlaag een toemaakdek.

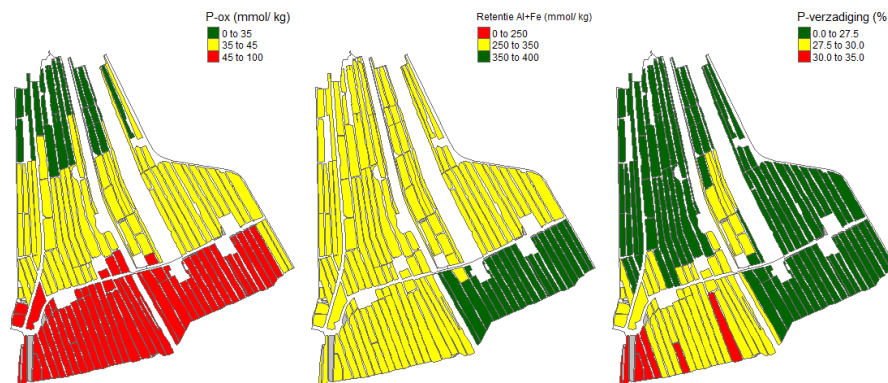
4.2 Fosfaat in de bodem

De hoeveelheid fosfaat in de bovengrond (0-10cm) van percelen in de proefpolder is in beeld gebracht via twee analysemethoden: via ammonium lactaat (PAL, mg P_2O_5 100 g⁻¹) en via 0,01M $CaCl_2$ (PAE, mg P kg⁻¹). Gebaseerd op deze twee metingen kan ook een beschikbaarheidsindex (PBI) voor fosfaat worden gekwantificeerd, die de potentiële beschikbaarheid voor gewasopname als ook het risico op uit- en afspoeling in kaart brengt (zie van Rotterdam & Bussink, 2016). Van deze methoden geeft PAE een indicatie van de hoeveelheid fosfaat dat direct beschikbaar is voor gewasopname; het is vergelijkbaar met de concentratie in de bodemoplossing. De PAL-waarde geeft een maat voor de potentieel beschikbare fosfaatvoorraad in de bodem, en deze wordt tot 2021 ook gebruikt om de bemestingsruimte van bedrijven in beeld te brengen. De P-beschikbaarheidsindex is gebaseerd op een combinatie van zowel PAE als PAL.



Figuur 20: Ruimtelijke variatie in fosfaatkengetallen (kleuren volgen relevantie voor waterkwaliteit).

Van de percelen in de proefpolder valt 83% in de fosfaattoestandsklasse neutraal. Dit betekent dat de bemestingsgift voor de meeste percelen rond de 90 kg P_2O_5 ha⁻¹ ligt. De overige 17% ligt grotendeels in de toestand hoog met een toegestane mestgift van 80 kg P_2O_5 ha⁻¹. Deze percelen liggen vooral in het westen van de proefpolder en zijn anno 2017 in beheer bij een viertal ondernemers (Figuur 20). De daadwerkelijke concentratie in de bodemoplossing varieert van 0,9 tot 2,4 mg P kg⁻¹ grond, waarbij de laagste concentraties voorkomen in het zuidoosten van de polder. De percelen met de laagste beschikbaarheid worden vooral beheerd door de biologische boer Samson. De PBI varieert van 2,9 tot 4,9 met de laagste beschikbaarheid in het zuiden. Op circa 33% van de percelen is de beschikbaarheid optimaal (PBI tussen 2,5 en 4), op 61% is deze suboptimaal (PBI tussen 4 en 4,8) en op 6% is deze hoog. Op deze laatste percelen is weinig tot geen fosfaatbemesting nodig. Deze beoordeling gaat er wel vanuit dat de beschikbaarheid van kalium en stikstof voldoende is, en dat de pH conform het bemestingsadvies in toestand voldoende is.

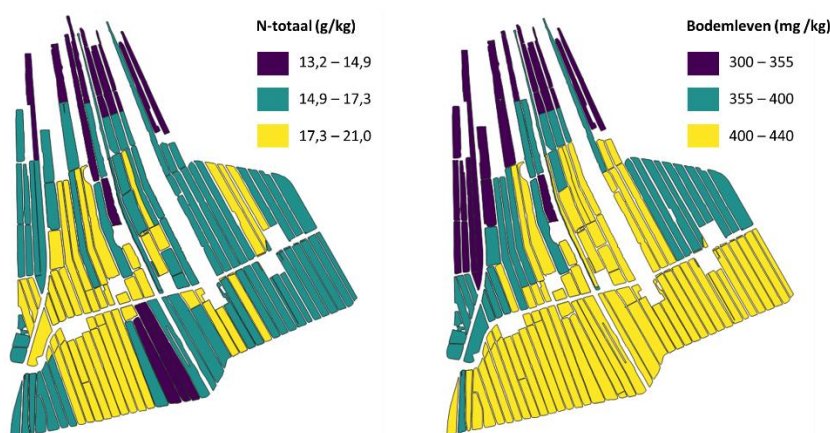


Figuur 21: Ruimtelijke variatie in fosfaatverzadiging, retentie en P-voorraad.

Naast de agronomische parameters voor fosfaat wordt vaak gebruik gemaakt van een zogenoemde oxalaat-extractie om inzicht te krijgen in het milieukundig risico op P-verliezen uit de bodem (Figuur 21). De mate waarin landbouwpercelen bijdragen aan P-belasting van het oppervlaktewater hangt namelijk niet alleen af van de P-ophoping in de bodem, maar ook van de capaciteit van de bodem om fosfaat te binden en de hydrologische situatie. Vaak wordt hiervoor gebruik gemaakt van de zogenoemde P-verzadigingsgraad: het deel van de fosfaatvastleggingscapaciteit (geschat via de hoeveelheid aluminium- en ijzer-oxiden in de bodem) dat gebruikt is om fosfaat mee vast te leggen. Percelen met een grote verzadigingsgraad zijn gevoeliger voor fosfaatuitspoeling. Voor veengronden wordt veelal een kritische grens aangegeven van 10%. Alle percelen in de proefpolder liggen daarboven: de fosfaatverzadiging varieert van 25 tot 31% (Figuur 21). Het grootste risico op fosfaat-verliezen zou volgens deze indicator liggen in het zuidwesten van de proefpolder.

4.3 Stikstof in de bodem

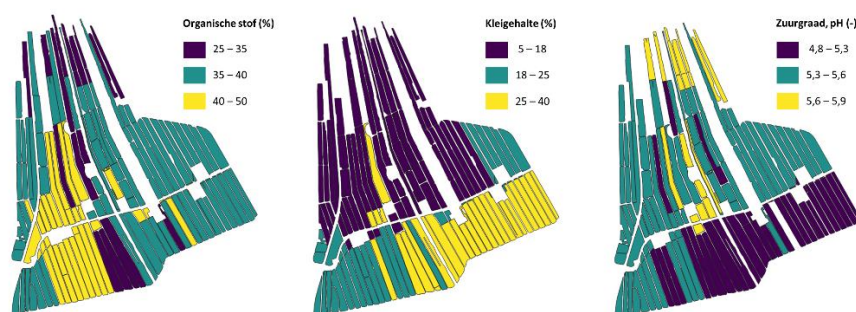
De totale hoeveelheid stikstof in de bodem varieert van 13 tot 21 g kg⁻¹ waarbij er geen duidelijke trend is binnen de polder: hoge gehalten komen zowel in het oosten als westen voor (Figuur 22). Bodems met veel organische stof bevatten ook meer N.



Figuur 22: Ruimtelijke variatie in totale hoeveelheid stikstof in de bovenste 10 cm van de bodem (g kg⁻¹) als ook de afbreekbaarheid ervan gemeten via een anaerobe incubatiemethode (bodemleven mg N kg⁻¹)

De afbreekbaarheid van de aanwezige organische N in de bodem wordt bepaald via een anaerobe incubatieproef waarbij grondmonsters 10 dagen bij een temperatuur van 40 graden Celsius worden opgeslagen onder anaerobe omstandigheden. De toename van ammonium wordt vervolgens gemeten. Deze toename geeft een indicatie van de activiteit van het bodemleven, en daarmee ook van de kwaliteit van de organische N in de bodem. Bodems met een hoge afbreekbare hoeveelheid N worden gekenmerkt door een hoge natuurlijke N-levering, en hogere N-verliezen gedurende de winterperiode. Binnen de proefpolder varieert deze afbreekbaarheid van 313 tot 436 mg N kg⁻¹ in de bovenste 10 cm van de bodem. De afbreekbaarheid is het hoogst in het zuiden van de polder en neemt af richting het noorden. Onder optimale omstandigheden kan dus 300 tot 500 kg N ha⁻¹ beschikbaar komen via afbraak van organische stikstof. In de praktijk varieert de werkelijke N-opname door gras tussen 100 en 600 kg N ha⁻¹ (gebaseerd op metingen in historische bemestingsproeven op veen, Ros et al., 2016).

Veengronden bestaan voor een groot deel uit organische stof. Alle percelen in de proefpolder hebben dan ook meer dan 20% organische stof (Figuur 23). Binnen de polder varieert het organische stofgehalte van de toplaag van de bodem van 25 tot 45% waarbij het gehalte oploopt van noord naar zuidwest. De koolstof-stikstofverhouding (CN-ratio) is redelijk stabiel over het hele gebied en varieert van 9,5 tot 11. Dit betekent ook dat de bodems relatief stikstofrijk zijn (zie Figuur 22) en van nature veel stikstof leveren dat beschikbaar kan komen voor gewasopname, afhankelijk van het weer en de vochtigheid van het perceel. Het kleigehalte van de bovenste 10 cm van het bodemprofiel is het hoogst in het zuidoosten en het laagst in het noordwesten.



Figuur 23: Ruimtelijke variatie in basis bodemkenmerken als organische stof (%), kleigehalte (%) en de zuurgraad van de bodem (0-10 cm diepte).

Het kleigehalte varieert van 8 tot 36% met de hoogste kleigehaltes in het zuidoosten. Het oppervlak van kleideeltjes en organische stof heeft onder normale omstandigheden een negatieve lading, waardoor positief geladen kationen, zoals calcium, magnesium en kalium aan deze bodemdeeltjes worden gebonden. De kationen aan het adsorptiecomplex zijn zwak gebonden en kunnen via omwisselreacties in de bodemoplossing terecht komen. Het kationuitwisselcomplex (CEC) varieert binnen de proefpolder van 440 tot 590 mmol+ kg⁻¹ waarbij deze oploopt van zuid naar noord (niet weergegeven). Er is sprake van een evenwicht tussen de hoeveelheid kationen aan het adsorptiecomplex en die in de bodemoplossing. De hoogste bufferpotentie voor kationen ligt in het midden en oosten van de proefpolder. Onder zure

omstandigheden verliezen de organische stofdeeltjes overigens hun negatieve lading en daarmee hun vermogen om kationen te binden.

De zuurgraad (pH) van de bodem beïnvloedt de vorm waarin nutriënten in de bodem aanwezig zijn en de beschikbaarheid ervan. De zuurgraad heeft niet alleen een groot effect op de chemische vorm van de verbindingen en hun omzettingen, maar ook op biologische processen. Een optimale zuurgraad voor het bodemleven ligt tussen de 6 en 7. Bij lage pH's wordt de gewasopname van nutriënten geremd. Binnen de proefpolder varieert de pH van 4,8 tot 5,9 (Figuur 23). De pH van veengronden ligt lager dan dat van klei door een hogere natuurlijke verzuring via afbraak van organische stof en de afwezigheid van kalkrijke onderdelen (zoals schelpen en carbonaten) in het moedermateriaal. De pH van de bodem daalt jaarlijks door o.a. gewasonttrekking, uitspoeling en de verzurende werking van kunstmest.

4.4 Bemesting

Vrijwel alle percelen binnen de proefpolder worden gebruikt voor landbouw en in het bijzonder voor de teelt van gras. In totaal hebben de vijf veehouders 271 hectare in gebruik waarvan er 41 hectare buiten de proefpolder ligt. Conform het huidige mest-beleid kunnen bedrijven op veen 265 kg werkzame N ha⁻¹ toedienen als de grasland-percelen ook worden beweide. Als er geen beweiding plaatsvindt dan mag een bedrijf tot 300 kg werkzame N ha⁻¹ toedienen. Conform de Nitraatrichtlijn mag er maximaal 170 kg N ha⁻¹ aan stikstof worden toegediend uit dierlijke mest tenzij een bedrijf derogatie heeft. Bedrijven met minimaal 80% grasland en met derogatie mogen maximaal 250 kg N ha⁻¹ toedienen uit dierlijke mest. Bedrijven die derogatie hebben mogen geen fosfaatkunstmest gebruiken. De P-gebruiksruimte geeft aan hoeveel fosfaat er maximaal mag worden bemest, en deze hangt samen met de P-toestand van de bodem. Bij een hoge P-toestand mag er minder fosfaat worden bemest. Netto betekent dit dat het beleid streeft naar een gemiddelde bodemvruchtbaarheids-toestand, een situatie waarbij de aan- en afvoer van P met elkaar in evenwicht zijn.

Om aan de wettelijke gebruiksnorm voor stikstof te voldoen is het opstellen van een jaarplan voor de N-bemesting essentieel. Het belangrijkste doel van het jaarplan is het berekenen van de stikstofjaargift op het intensief bemeste grasland, waarbij wordt voldaan aan de wettelijke gebruiksnorm voor stikstof. Het bemestingsadvies wordt gestuurd door deze stikstofjaargift als ook het N-leverend vermogen van de bodem. Percelen op een bedrijf hebben vaak grote verschillen in N-levering en vervolgens ook in de N-benutting van de gegeven mest.

Fosfaatbemesting wordt gegeven om een optimale opbrengst te realiseren en om zeker te stellen dat melkkoeien voldoende fosfor opnemen. Voor een optimale opbrengst is zowel een goede P-toestand van de bodem als voldoende P-bemesting relevant. Bij een lage toestand in de bodem kan namelijk niet de opbrengst worden gerealiseerd die gerealiseerd wordt bij een toestand in de bodem die voldoende hoog is, ongeacht de bemesting. Anderzijds is het vanuit oogpunt van de uitscheiding van fosfaat door het vee aantrekkelijk om niet meer P in het gras te hebben dan strikt nodig is. Immers, een hogere P-opname door het vee betekent ook een hogere P-uitscheiding in de mest. Dit leidt bij de huidige wetgeving op veel bedrijven tot een hogere (verplichte) afzet van mest. Het bemestingsadvies geeft mogelijkheden om hier zo goed mogelijk rekening mee te houden. In eerste instantie wordt via de bemesting gestuurd op een P-gehalte van 3,5 g per kg droge stof in vers gras. Dan heeft gras voldoende fosfaat uit de bodem en bemesting kunnen opnemen en is er

geen opbrengstderving. Indien de toestand in de bodem van een perceel relatief laag is, is er ook een hoger bemestingsadvies om zo de fosfaattoestand geleidelijk aan te kunnen verhogen tot de status “voldoende hoog”. Dit komt overeen met sturen op een P-gehalte in gras van 3,7 g P per kg droge stof.

4.5 Mineralenbalans KringloopWijzer

De ontwikkeling in gebruikte landarealen, dierbezetting, bedrijfsintensiteit van de vijf ondernemers in de proefpolder worden weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Gemiddelde bedrijfsgegevens voor wat betreft arealen, bemesting, gewas-opname en bodemoverschotten van de vijf bedrijven die actief deelnemen aan de proeven in de proefpolder.

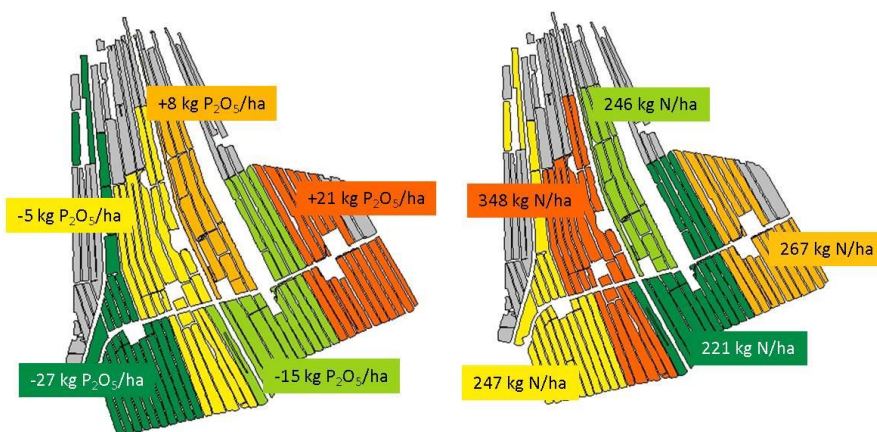
	2016	2017	2018
Totaal areaal gras (ha)	47	47	54
Aantal melkkoeien	89	86	83
Melkproductie (kg koe ⁻¹)	7918	8274	8383
Ureumgehalte melk	23,8	24	25
Drijfmestgift (kg N ha ⁻¹)	220	218	225
Kunstmest (kg N ha ⁻¹)	62	81	68
Weidemest (kg N ha ⁻¹)	59	49	54
Gewasopbrengst N (kg N ha ⁻¹)	291	340	254
Gewasopbrengst P (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	90	93	63
Bodembenutting N (%)	53	61	48
Bodemoverschot (kg N ha ⁻¹)	267	226	276
Bodembenutting P (%)	106	119	91
Bodemoverschot (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	-5	-15	8

Uit de analyse van de gegevens van de KringloopWijzer (Honkoop, 2019) blijkt dat in de periode 2016 tot 2018 het areaal land gestegen is omdat er extra hectares buiten de polder zijn aangetrokken. Het aantal melkkoeien als ook het aantal jongvee is afgenomen als gevolg van het fosfaatreductieplan in 2017 en het fosfaatrechtstelsel in 2018. De melkproductie per koe is licht gestegen, evenals het ureumgehalte in de melk. De hogere productie zorgde niet voor een hogere intensiteit per hectare (kg melk per ha land) omdat er extra land is bijgekomen.

De gemiddelde N-bemesting over de jaren 2016 tot 2018 is gelijk gebleven: er werd gemiddeld 219 - 225 kg N ha⁻¹ aangevoerd via drijfmest, 62 - 81 kg N ha⁻¹ via kunstmest en 49 - 59 kg N ha⁻¹ via weidemest. De hogere kunstmestgift in 2017 als ook de lagere weidemest in dat jaar hangt samen met het goede groeiseizoen van dat jaar. Hierdoor wordt er meer mest benut om grasgroei te stimuleren. Het kunstmestgebruik in 2018 lag substantieel lager door de grote droogte. De N-opname via gras fluctueerde van 291 kg N ha⁻¹ in 2016 naar 340 kg N ha⁻¹ in 2017 en daalde tot 254 kg N ha⁻¹ in 2018. Vergelijkbaar was de P-opname rond de 90-93 kg ha⁻¹ in 2016 en 2017 en daalde tot 63 kg fosfaat in 2018. Tezamen leidde dit tot een gemiddeld stikstofbodemoverschot van 226 tot 276 kg N en een fosfaatbodemoverschot van -15 tot +8 kg P₂O₅ per ha. Let wel, de berekening van het bodemoverschot in de KLW neemt niet alle stikstofbronnen even nauwkeurig mee (bijvoorbeeld het N-leverend vermogen van de bodem).

De variatie tussen de vijf bedrijven is daarbij overigens nog aanzienlijk (Figuur 24). Het geschatte bodemoverschot was in 2016 negatief voor twee bedrijven en liep op

tot gemiddeld 5 á 10 kg P_2O_5 op twee bedrijven en was maximaal +21 kg P_2O_5 per hectare op het biologische bedrijf. Het N-bodemoverschot varieerde van 220 tot 270 kg N per hectare op vier bedrijven en liep op tot maximaal 348 kg N per hectare.



Figuur 24: Ruimtelijke variatie in N- en P-bodemoverschotten (met data uit 2016).

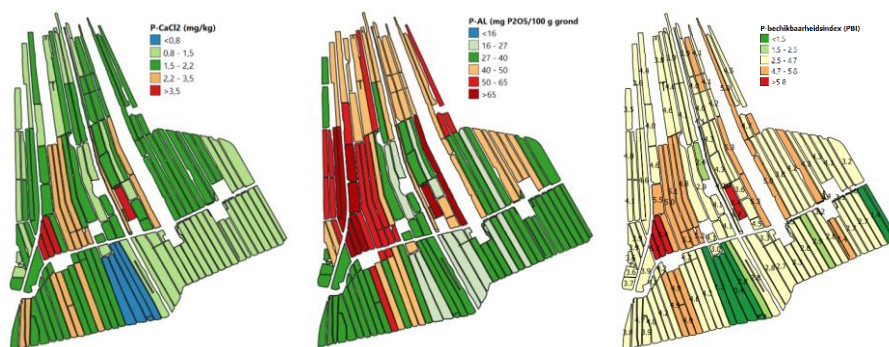
Op basis van de analyse van de KLV-gegevens concludeert Honkoop (2019) dat de intensiteit qua dierbezetting en melkproductie per hectare is gedaald. Een logische verklaring hiervoor zijn de ingevoerde veranderingen in mestbeleid. De ingezette daling in N-bodemoverschotten en de negatieve P-bodemoverschotten zijn in 2018 gestopt in verband met de grote droogte. De gewasopbrengst was relatief laag, waardoor de benutting van de toegediende mest daalde als ook de bodemoverschotten stegen. Op dierniveau zijn er duidelijke stappen gezet om kringlooplandbouw te stimuleren: de input uit krachtvoer is gedaald waardoor de bedrijven beter gebruik maken van lokale eiwitproductie. Voortbouwend op de ervaringen in de afgelopen drie jaar geeft Honkoop (2019) de volgende aanbevelingen:

- verhoog de eiwitbenutting door het verhogen van de energiegehalte in het rantsoen;
- verlaag de kunstmestgift bij tegenvallende (mindere) groei;
- optimaliseer het tijdstip van bemesting en maaien als ook de hoogte van de mestgift gegeven het weer en de gewasbehoefte (gegeven de resultaten van de uitgevoerde proeven);
- neem maatregelen om opbrengstschade bij droogte te voorkomen dan wel te beperken via peilopzet, beregenen of bevoeien of de aanleg van onderwater-drainage.

4.6 Mestverdeling: fosfaat

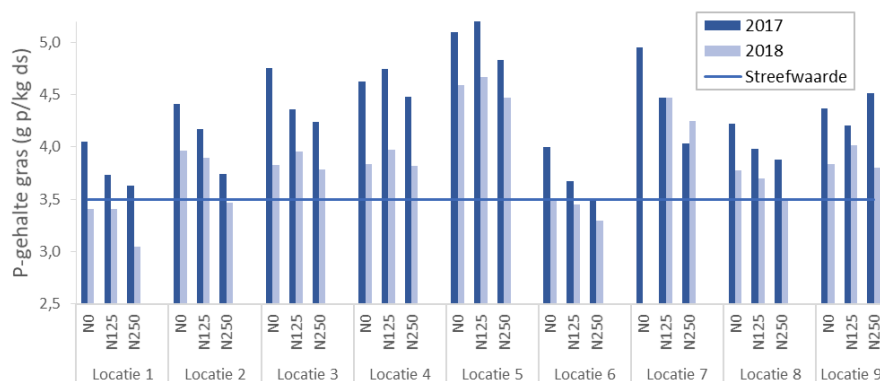
In 2017 en 2018 zijn allerlei proeven uitgevoerd op negen veenweidepercelen in de proefpolder. Hieruit bleek dat het gras gemiddeld voldoende P bevatte voor het rantsoen van melkkoeien. Er was echter wel veel variatie in de bodem P-toestand van percelen en gras P-gehalten. Dit betekent dat er winst valt te behalen voor de waterkwaliteit door drijfmest goed te verdelen binnen het bedrijf: meer mest op percelen met een lagere P-toestand en minder op percelen met een hogere P-toestand (Van Rotterdam et al., 2019). Met deze maatregel kan de P-benutting van de bemesting stijgen, het risico op P-verliezen naar watersystemen verminderen en de P-kringloop verder worden gesloten. Hieronder wordt dat kort toegelicht.

Omdat fosfaat sterk bindt aan de bodem is de fosfaattoestand een reflectie van het bemestingsverleden. Dit leidt ertoe dat de fosfaattoestand van de bodem sterk kan variëren tussen percelen. De Proefpolder bestaat voornamelijk uit veengrond met een toemaakdek. Binnen de polder is er een vrij grote variatie in fosfaattoestand tussen percelen (Figuur 25). Dit komt tot uitdrukking in zowel P-AL als P-CaCl₂. Met name in het westelijke deel van de polder is de fosfaattoestand hoog. Figuur 25 laat ook de fosfaattoestand op basis van de PBI zien. De oranje- en roodgekleurde percelen geven aan waar de PBI hoog is en een risico vormt voor de waterkwaliteit. De groene percelen geven aan waar de fosfaattoestand laag is en de P-opname door het gewas beperkt kan worden.



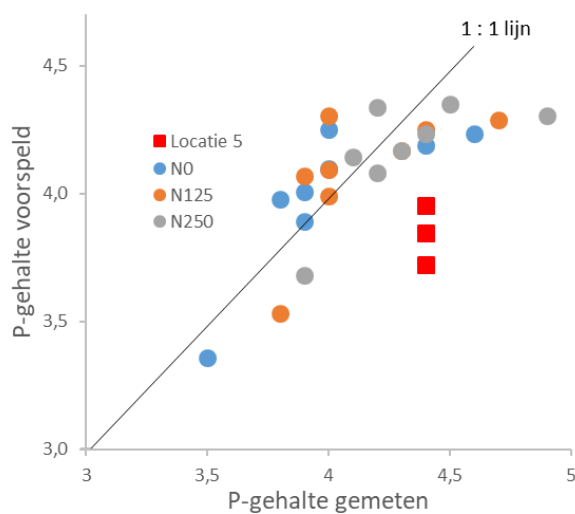
Figuur 25: Fosfaattoestand op basis van direct beschikbare P (P-CaCl₂, links), beschikbare P-reserves (P-AL, midden) en de P-beschikbaarheidsindex (rechts).

Binnen de polder is in 2017 en 2018 een proef uitgevoerd waar op negen locaties metingen zijn gedaan aan de fosfaatopname van gras bij drie stikstof bemestingsniveaus; geen bemesting (0N), 125 kg N ha⁻¹ (behandeling 1N) en 250 kg N ha⁻¹ (behandeling 2N). Bij de 1N en 2N behandeling is ook 40 kg P₂O₅ ha⁻¹ en 180 kg K₂O ha⁻¹ bemest. De P-gehalten in het gewas lagen structureel boven de streefwaarde van 3,5 mg kg⁻¹, met uitzondering van locaties 1 en 6 in het jaar 2018 (Figuur 26). Beide locaties liggen in het zuidelijke deel van de polder en hebben een lage fosfaattoestand. Het P-gehalte was op locatie 5 het hoogst. De oorzaak hiervan is de combinatie van een hoge fosfaattoestand en een lage droge stofopbrengst als gevolg van een afwijkende botanische samenstelling. De beschikbaarheid van N, P of K leken niet limiterend voor droge stofopbrengst op deze locatie.



Figuur 26: Gemiddelde P-gehalte in gras in de jaren 2017 en 2018 op 9 locaties met 3 bemestingsniveaus (0, 125 en 250 kg N ha⁻¹) in de proefpolder.

Om het P-gehalte in de eerste snede gras te voorspellen, is op basis van historische proeven door NMI een empirisch model ontwikkeld dat het P-gehalte in het gras voorspeld op basis van bodemkenmerken en bemesting. Hiervoor is gebruik gemaakt van verschillende proeven die tussen 1999 en 2008 zijn uitgevoerd ($n = 952$, alle grondsoorten, $R^2_{\text{adj}} = 83\%$, Bussink et al., 2011). Dit empirische model is gebaseerd op de potentiële opbrengst en een dervingsfactor, waarbij de dervingsfactor aangeeft in welke mate de potentiële opbrengst op een perceel ook daadwerkelijk gerealiseerd kan worden. Deze dervingsfactor hangt af van de P-beschikbaarheidsindex, de zuurgraad, de beschikbaarheid van kalium als ook van de bemesting met P_2O_5 en stikstof. Op basis van deze bodemkenmerken blijkt het goed mogelijk om de actuele P-gehalten van het gras te voorspellen, zoals hieronder geïllustreerd wordt voor de percelen in de proefpolder (Figuur 27).



Figuur 27: Voorspelde versus gemeten P-gehalte in de eerste snede gras (2017) op 9 locaties met drie bemestingsniveaus (0, 125 of 250 kg N).

Bij een hoge fosfaattoestand van de bodem wordt de gewasopname vooral bepaald door de levering uit de bodem en is er weinig tot geen effect van bemesting. Bij een lage fosfaattoestand is het voor een optimale benutting van de fosfaat in bodem en meststoffen van belang om zowel de zuurgraad (pH) als de kalitoestand van de bodem op een voldoende hoog niveau te houden. Op veengrond is de pH een extra aandachtspunt omdat deze van nature laag is. De pH kan slechts in kleine stappen verhoogd worden om extra veenoxidatie te voorkomen. De kalitoestand is op veengronden doorgaans (ruim) voldoende. Te veel kalium in het gras (> 35 g per kg) kan problemen opleveren met het vee en is veelal het resultaat van onnodige kaliumbemesting.

Geconcludeerd kan worden dat het P-gehalte in de eerste snede gras naast de N- en P-gift vooral bepaald wordt door de fosfaattoestand (PBI), de zuurgraad (pH) en kalitoestand van de bodem. Met name bij een lage bodem fosfaattoestand is het voor een goede P-benutting belangrijk dat de zuurgraad van de bodem en de kalitoestand op orde is (zie de adviezen op www.bemestingsadvies.nl).

Binnen de proefpolders staan de agrarische ondernemers voor de uitdaging om onnodige verliezen naar het oppervlaktewater te beperken en de bedrijfsbenutting te verbeteren. Allerlei modelstudies als ook enkele veldproeven laten zien dat de grootste P-verliezen uit mest optreden via ondiepe uitspoeling en oppervlakkige

afspoeling. Beide uitdagingen kunnen simultaan worden aangepakt door onderscheid te maken tussen percelen en de dierlijke mestgift daarop aan te passen; waar de P-toestand laag is kan meer dierlijke mest worden toegediend en op percelen met een hoge P-toestand moet bij voorkeur minder mest worden toegediend. Het is vooralsnog onduidelijk of het sturen op de P-verzadigingsgraad van de bodem meerwaarde heeft boven het sturen op de P-bufferindex. De landbouwkundige interpretatie van de P-verzadigingsgraad (gebaseerd op de P-beschikbaarheid in een oxalaat extractiemethode) is binnen Nederland nooit in beeld gebracht. Anderzijds wordt de P-verzadigingsgraad wereldwijd vaak gebruikt als indicator voor P-verliezen op het niveau van stroomgebieden. Zodra helder is wat de optimale P-verzadigingsgraad is van landbouwbodems voor zowel landbouwkundige productie als het risico op verliezen naar het watersysteem, zou ook deze informatie gebruikt kunnen worden voor een betere inzet van drijfmest.

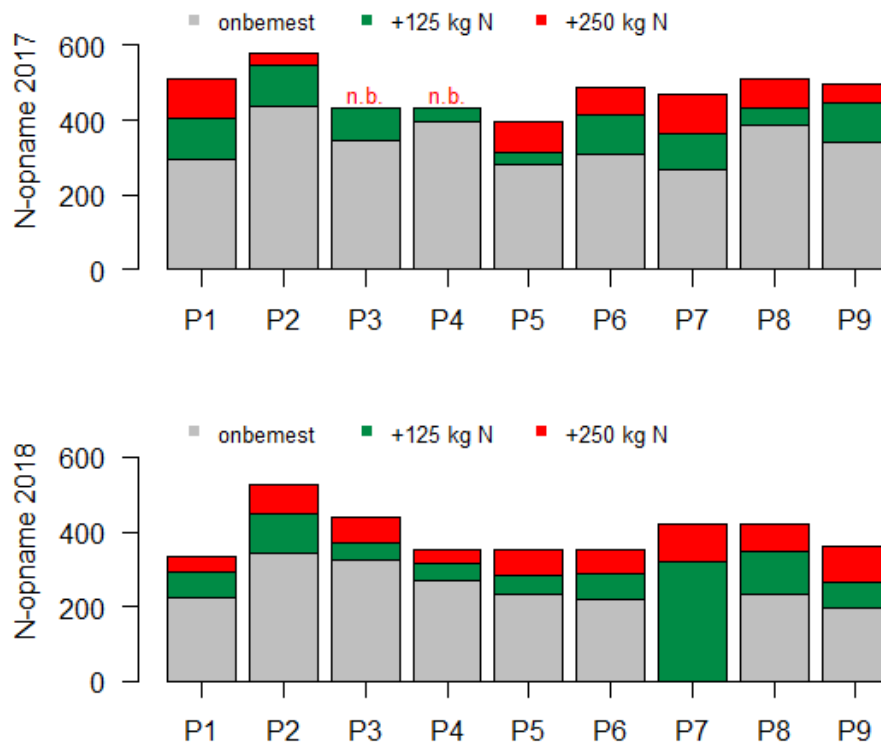
Aanvullend kan ook rekening worden gehouden met de morfologie van percelen: percelen met een bol maaiveld hebben een groter risico op P-verliezen dan percelen met een hol maaiveld. Zo wordt op alle percelen de fosfaattoestand op de streeftoestand gehouden of gebracht. De fosfaattoestand wordt hierbij gedefinieerd door de combinatie van de beschikbare P-reserves (P-AL) en de directe P-beschikbaarheid (P-CaCl₂). Dit leidt niet alleen tot een betere benutting van de P-reserves in de bodem, maar ook tot een betere benutting van de mestgift. Bij een lage bodem fosfaattoestand is de benutting van de mestgift hoger. Randvoorwaarden zijn wel dat de zuurgraad van de bodem (pH) en de kalitoestand op orde zijn.

4.7 Mestverdeling: stikstof

In de periode 2017 en 2018 zijn op negen percelen in de proefpolder stikstofproeven aangelegd, waarbij de veldjes werden bemest met 0 kg N, met 125 kg N en 250 kg N per hectare. Uit de resultaten hiervan blijkt dat er een aanzienlijk deel van de opgenomen stikstof afkomstig is van de mineralisatie van organische stof in de bodem. Deze organische stof bestaat onder andere uit organische stof uit bemesting van voorgaande jaren, organische stof afkomstig van afgestorven onder- en bovengronds plantmateriaal en veen.

In 2017 varieerde de N-levering van 268 tot 437 kg N per hectare en in 2018 varieerde de NLV van 199 tot 345 kg N per hectare (Figuur 28). De N-levering in 2018 lag deze structureel lager dan in het voorgaande jaar, wat vooral samenhangt met het droge groeiseizoen. Ook liggen de proefvelden in 2018 op dezelfde locatie als in 2017 waardoor de bijdrage vanuit eerder toegediende drijfmest (in de periode voor 2017) kleiner wordt.

Als op jaarbasis 125 kg werkzame N werd aangevoerd, dan steeg de N-opname met 35 tot 109 kg N ha⁻¹ in 2017 en met 42 tot 115 kg N ha⁻¹ in 2018. Een hogere N-gift van 250 kg N per hectare verhoogde de N-opname met 115 tot 214 kg N ha⁻¹ in 2017 en met 80 tot 191 kg N ha⁻¹ in 2018. Toediening van stikstof zorgt dus in alle situaties voor extra gewasproductie en stikstofopname.



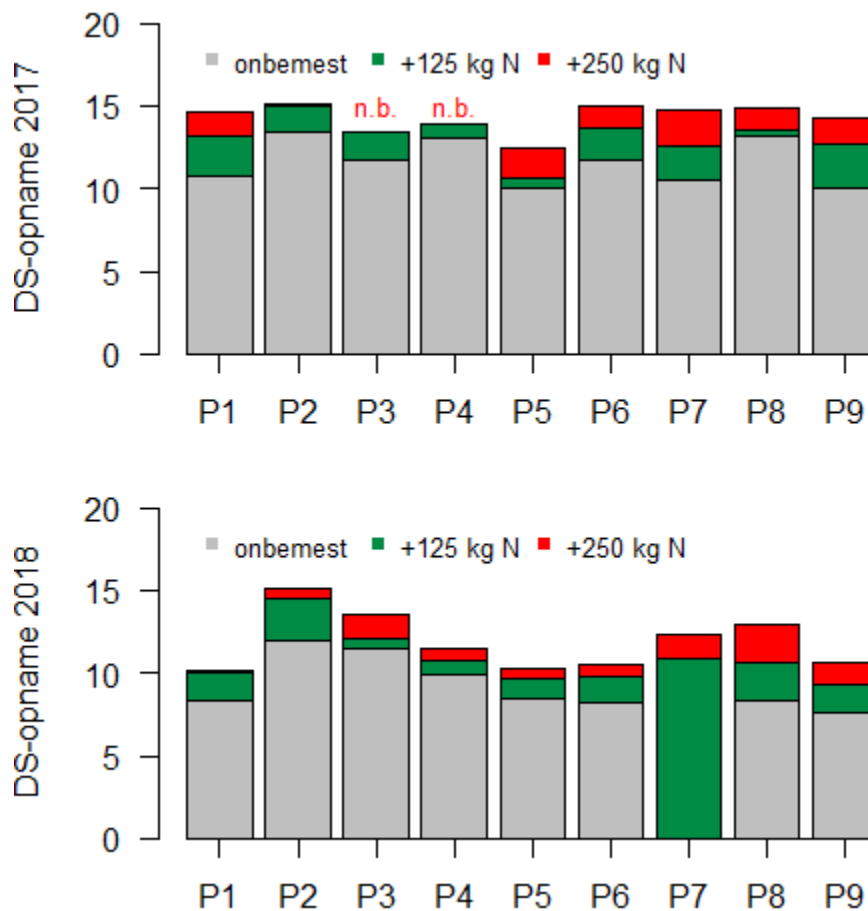
Figuur 28: N-opname (kg N ha^{-1}) op onbemeste (grijs) en bemeste (groen = 125 kg N, rood = 250 kg N) proefvelden in 2017 (boven) en in 2018 (onder).

Op jaarbasis betekent dit ook dat de N-benutting varieert van 28 tot 87% bij een N-jaargift van 125 kg N ha^{-1} . Verhoging van de N-jaargift tot 250 kg N ha^{-1} zorgt voor een vergelijkbare N-benutting die varieert van 32 tot 86%. Deze resultaten laten zien dat er grote verschillen zijn in de N-werking van de toegediende kunstmest tussen percelen. De N-benutting is overigens niet gerelateerd aan de hoogte van de N-levering van de percelen.

Het droge weerjaar in 2018 zorgde voor structureel lagere opbrengsten (Figuur 29), Waar de opbrengst in 2017 varieerde van 10 tot 15 ton droge stof (DS) per hectare, varieerde deze van 7,6 tot 15 ton DS ha^{-1} in 2018. De gemiddelde opbrengst in 2017 was 11,7 ton DS per hectare in de onbemeste situatie en deze steeg tot gemiddeld 14,7 ton na bemesting met 250 kg N. In 2018 was de gemiddelde opbrengst 8,4 ton DS ha^{-1} als er niet was bemest en steeg de opbrengst tot gemiddeld 11,5 ton DS ha^{-1} als er 250 kg N was gegeven.

Uit de analyse van de gemeten opbrengsten per snede blijkt ook dat een N-gift na juni in veel situaties overbodig is door de hoge stikstofmineralisatie vanuit de veenbodem. In de derde snede van zowel 2017 als 2018 bleek een gift van 70 kg stikstof weinig invloed te hebben op de droge stof opbrengst in vergelijking met een gift van 35 kg stikstof. De gewasopbrengst in de derde snede (maaidatum 3-14 augustus) was gemiddeld 200 tot 300 kg DS per hectare hoger en het eiwitgehalte steeg van 216 tot 224 g kg^{-1} in 2017 en van 175 tot 204 g kg^{-1} in 2018. Het eiwitgehalte van het verse gras was daarmee aan de hoge kant, ook bij lagere N-bemesting. Op een maaiperceel wordt in de praktijk vaak zo'n 10 m^3 drijfmest

aangewend voor de derde snede. Met deze drijfmest komt er inclusief de nawerking van de eerdere drijfmestgiften zo'n 25 kilo stikstof beschikbaar voor grasgroei. Dat is voldoende voor een goed eiwitgehalte van 160 gram per kg DS. Uit proeven binnen de proeftuin veenweiden blijkt dat wanneer de drijfmest met water wordt gemengd tijdens het uitrijden de hoeveelheid beschikbare stikstof nog verder op kan lopen.



Figuur 29: Gewasopbrengst (ton DS ha⁻¹) op onbemeste (grijs) en bemeste (groen = 125 kg N, rood = 250 kg N) proefvelden in 2017 (boven) en in 2018 (onder).

Kijkend naar de jaarlijkse gewasopbrengst heeft het halveren van de N-gift een beperkt effect op de gewasopbrengst in meer dan de helft van de percelen. Dit betekent dus dat er mogelijkheden liggen om beter te sturen op het sluiten van kringlopen en het verlagen van het stikstofbodemoverschot. Goed dus voor de kringloop, natuur én de portemonnee. Dit geldt overigens binnen de context van een gemiddeld extensief bedrijf; bij intensieve bedrijven is vaak een hoger eiwitgehalte wenselijk om minder afhankelijk te zijn van geïmporteerd soja als eiwitbron.

In de zomerperiode neemt de stikstofmineralisatie van de bodem snel toe. Het bodemleven is dan hard aan het werk om organische stof af te breken, waarbij stikstof vrijkomt. Veenweidebodems zijn rijk aan organische stof. Hierdoor neemt veenweidegras in de zomerperiode extra veel stikstof op uit de bodem. Zoals eerder aangegeven, varieert deze N-levering vanuit de bodem tussen de 199 en 437 kg N ha⁻¹. Dit wordt bevestigd door eerder onderzoek van het Louis Bolk Instituut, Nutriënten Management Instituut en Wageningen Livestock Research waarbij meer

dan 200 proefvelden van 13 verschillende locaties in het Westelijk veenweidegebied uit de periode 1992 tot 2017 zijn geanalyseerd (Ros et al., 2016; Pijlman et al., 2019). De stikstoflevering uit de bodem komt op gang als de bodemtemperatuur stijgt. Gemiddeld levert een veenweidebodem in maart en april zo'n 10 tot 15 kg stikstof per ha per maand, terwijl in de maanden juni en juli het gras ruim 30 tot 35 kg stikstof per ha per maand opneemt uit de bodem. Voor een maaisnede en zeker voor een weidesnede is dat in combinatie met een drijfmestgift ruim voldoende. Hoe hoger het organische gehalte van de bodem, hoe hoger het stikstof leverend vermogen. Gemiddeld levert een veengrond met 35% organisch stof zo'n 220 kg stikstof per jaar en een veengrond met 55% organische stof zo'n 300 kg stikstof per jaar. Deze resultaten geven aan dat het in de praktijk op veengronden vaak het niet nodig is om de aanwezige N-ruimte maximaal op te vullen. Er komt uit de bodem vaak voldoende stikstof vrij voor een goede snede gras met een voldoende hoog ruw eiwit gehalte.

De studie van Honkoop (2019) geeft aan dat een gemiddeld bedrijf met 12.000-18.000 liter melk per hectare streeft naar een graskuil met 160 à 170 gram ruw eiwit om zo op een rantsoen eiwitgehalte van 150 à 160 gram voor de melkkoeien uit te komen. Op dergelijke bedrijven met voldoende grasproductie is er op veen al snel te veel eiwit in het gras aanwezig voor benutting door de koe, wat kunstmest bemesting vanaf juli overbodig maakt. Het is wel opletten want op een intensief bedrijf worden tekorten aan eiwit vaak aangevuld met bijvoorbeeld sojaschroot aldus Honkoop (2019). Daarom mag op een intensiever bedrijf (>18.000 liter melk per ha) gestreefd worden naar hogere RE gehalten in het geoogste gras.

4.8 De graslandkalender

In 2017 is door de boeren bijgehouden welke activiteiten qua beweiding, bemesting en maaien op de percelen zijn uitgevoerd. Enkele kenmerkende elementen worden weergegeven in Tabel 2. Op alle bedrijven worden de percelen beweide, waarbij het areaal beweide percelen kan variëren van 16 ha tot meer dan 90 ha. Als er beweiding plaatsvindt, dan worden de percelen over het algemeen meerdere keren beweide. De eerste sneden krijgen daarbij regelmatig extra kunstmest waarbij de jaargift op kan lopen tot 160 kg werkzame N per hectare.

Tabel 2. Kenmerkend management bodembeheer en bemesting (data uit jaar 2017).

Management	Boer				
	1	2	3	4	5
beweiding (ha)	21,2	15,8	48,3	26,7	90
beweidingsuren	beperkt	veel	normaal	normaal	veel
max # weide-events	6	2	7	4	>8
Aantal kunstmestgift (max)	3	4	3	-	0
Tsom eerste N-gift	458	322	530	-	-
Eerste dag N-kunstmest	30-mrt	16-mrt	6-apr	-	-
Laatste dag N-kunstmest	4-aug	2-sep	29-aug	-	-
Eerste dag drijfmest	21-mrt	17-mrt	28-feb	18-mrt	20-feb
Laatste dag drijfmest	31-aug	8-aug	29-jul	12-sep	30-aug

De eerste snede krijgt bijna op alle bedrijven standaard een gift met drijfmest, waarbij de eerste gift wordt toegediend rond eind februari en begin maart. Dit is positief voor de waterkwaliteit omdat de gemineraliseerde stikstof vanuit de mest zo gedurende het hele seizoen kan worden opgenomen. De laatste drijfmestgift varieert sterk maar

bij vrijwel alle bedrijven wordt er op een aantal percelen nog drijfmest uitgereden tot eind augustus en begin september. Hier liggen nog kansen tot verdere verbetering. De stikstofkunstmest wordt over het algemeen relatief laat toegediend, wat positief is voor een hoge N-benutting. De Tsom op het moment van toediening van de eerste N-gift met kunstmest is minimaal 322 graden en maximaal 530 graden.

De analyse van historische proefresultaten laat zien dat het meest optimale tijdstip van bemesten afhankelijk is van de gewenste streefopbrengst van de eerste snede als ook de gewenste N-benutting. Een te vroege toediening zorgt in de praktijk voor een lage N-benutting als ook hogere N-verliezen. Voor een weidesnede betekent dit dat het optimale bemestingsmoment rond een Tsom van circa 300 graden ligt. Voor een maaisnede ligt het optimum bij een Tsom rond 350 á 400 graden. De bemestingspraktijk in de proefpolder is gemiddeld genomen positief voor de waterkwaliteit. De jaargift ligt lager dan de wettelijke gebruiksruimte en het tijdstip van toediening lijkt flexibel te worden ingevuld in relatie tot het weer en de mogelijke gewasbehoefte. Aandachtspunt is de N-kunstmestgift en drijfmestgift rond eind augustus en september; hier liggen mogelijk nog kansen tot verbetering. Dit (in het bijzonder het toedienen van drijfmest laat in het seizoen) is meerdere keren onderwerp van gesprek geweest maar niet voor iedereen even gemakkelijk te implementeren binnen de bestaande bedrijfsvoering (o.a. door de beschikbare opslagruimte voor mest).

4.9 Berekende N- en P-bemesting

Door *Wageningen Environmental Research* is in 2016 ook een analyse gemaakt van de bemesting in de proefpolder door gebruik te maken van het landelijke mestverdelingsinstrumentarium INITIATOR (versie 4). Dit instrumentarium maakt gebruik van bedrijfsspecifieke gegevens voor wat betreft aantallen dieren, bodemtype en landgebruik en fosfaattoestand. Op basis van deze bedrijfsgegevens en de forfaitaire normen voor mestproductie en de gebruiksnormen kan de bemesting voor elk perceel in kaart worden gebracht. Dit instrumentarium doet daarbij de aanname dat de gebruiksruimte voor dierlijke mest maximaal wordt opgevuld evenals de N-gebruiksruimte voor werkzame stikstof. Dit betekent concreet dat de N-aanvoer via drijfmest wordt opgevuld tot 250 kg N per hectare (met uitzondering voor de percelen van de biologische ondernemer Samson in het (zuid)oosten van de proefpolder).

De gemiddelde kunstmestaanvoer in de proefpolder wordt door het mestverdelingsinstrumentarium geschat op 150 tot 211 kg stikstof per hectare. De hoeveelheid toegediende fosfaat lag in 2011 voor vrijwel alle percelen rond de 45 kg P per hectare (wat overeenkomt met circa 103 kg P_2O_5 ha⁻¹). De geschatte N- en P-opname voor deze percelen lag op 285 kg N en 41 kg P ha⁻¹. Dit betekent daarmee een bodemoverschot van circa 433 kg N (totale gift van 450 kg N plus 268 kg N uit de bodem en depositie minus opname van 285 kg N) en 6 kg P_2O_5 . Deze indicatie gaat uit van een vergelijkbare N-aanvoer via mineralisatie en depositie als de KringloopWijzer. Ook na de update van het mestverdelingsinstrumentarium eind 2018 (versie 5, Kros et al., 2019) wordt de totale N-bemesting in de proefpolder geschat op circa 380-400 kg N per hectare en de P-bemesting op 41-42 kg P (dan wel 91 á 96 kg P_2O_5) per hectare (Ros, 2019). Vergeleken met de resultaten uit de KringloopWijzer wordt de N-aanvoer via het mestverdelingsinstrumentarium met minimaal 65 á 100 kg N overschat en de P-aanvoer met 6 tot 20 kg P_2O_5 per hectare.

5 Maatregelen

5.1 Voorstudie 2015

In 2015 is er een voorstudie uitgevoerd door *Wageningen Environmental Research*, PPP-Agro, LBI, NMI en Boerenverstand met als doel de potentie van kringlooplandbouw en onderwaterdrainage in beeld te brengen voor veenweidepolders als ook mogelijke maatregelen te inventariseren waarmee agrarische ondernemers binnen de proefpolder aan de slag kunnen gaan om de waterkwaliteit te verbeteren (Schipper et al., 2015). De meest geschikte maatregelen spelen in op het efficiënter gebruik van dierlijke mest en kunstmest (tijdstip, type kunstmest, bemesten naar gewasbehoefte, manier van bemesten etc.) waardoor het risico op af- en uitspoeling van stikstof en fosfaat wordt verminderd. Ook kunnen er specifieke hydrologische maatregelen worden getroffen om droogte- en natschade te minimaliseren dan wel onnodige verliezen te voorkomen. Denk hierbij aan het gebruik van een baggerpomp om de sloot op diepte te houden of het verminderen van erfafspoeling.

Uit een analyse van gegevens uit de KringloopWijzer van 74 bedrijven in het veenweidegebied bleek dat het N-bodemoverschot in potentie met 60 kg N ha^{-1} kan dalen en het fosfaatoverschot met 11 kg P ha^{-1} . Gegeven de gangbare praktijk in 2016 betekende dit een potentiële reductie van het N-overschot met 30-90% en een reductie van het P-overschot met 50-150%. De bodemoverschotten in de beste 20% bedrijven varieerde namelijk van 72 tot 110 kg N ha^{-1} en van -4 tot $-20 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$. De variatie hangt samen met de invloed van het weerjaar; weersomstandigheden hebben namelijk een grote invloed op zowel de gewasproductie als de mogelijkheden om mest uit te rijden.

De top-10 maatregelen die door de beste kringloopboeren werden genomen om de verliezen van stikstof en fosfaat te beperken zijn:

- Drijfmest in het voorjaar toedienen bij de juiste weersomstandigheden om zo zorg te dragen voor een hoge benutting van de gegeven stikstof;
- Geen drijfmest meer uitrijden na 1 augustus om onnodige verliezen in het najaar te verminderen;
- Verlaging van de N-kunstmestgift op veen tot maximaal 100 kg N ha^{-1} om zo de uit- en afspoeling te verminderen;
- Fosfaatarmer voeren omdat stikstof de limiterende factor is bij het bemestingsplan waardoor mest met minder P zorgt voor een sterker negatief bodemoverschot;
- Verhogen van de gewasbedekking zodat er meer stikstof en fosfaat wordt onttrokken uit de bodem;
- Mest uitrijden op licht regenachtige en bewolkte dagen om zo de benutting van vooral stikstof te verhogen;
- De maailengte van gras te verhogen van 5 naar 7 cm om zo snellere hergroei te realiseren na het maaien;
- Het gebruik van stripgrazen of korte omweidesystemen om zo te zorgen voor minder beweidingsverliezen en een betere mestverdeling tijdens de weideperiode. Dit zorgt voor een hogere grasgroeisnelheid.
- Het afstemmen van de kunstmestgift op de N-levering van de bodem, in het bijzonder in de periode na 15 augustus;
- Afstellen van de drijfmesttank en netjes bemesten om zo te zorgen voor een hogere benutting van de gegeven stikstof en fosfaat.

Door inzet van deze maatregelen kan het bodemoverschot substantieel worden verlaagd. Op basis van modelstudies is vervolgens ingeschat wat dit kan betekenen voor de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater: deze kan met 20 tot 25% afnemen. Vergeleken met de gangbare praktijk kan een daling van het N-overschot tot 90 kg N ha⁻¹ en een daling van het P-overschot tot -12 kg P ha⁻¹ leiden tot een afname in uitspoeling van 12 kg N en 2,6 kg P per hectare. Goed bodembeheer, en een optimale bemesting en beweidingsstrategie kunnen daarmee substantieel bijdragen aan lagere N- en P-emissies naar het watersysteem. Wel geldt deze inschatting niet voor polders waar de nutriëntenbelasting gedomineerd wordt door andere bronnen als inlaatwater, rwzi's of glastuinbouw. Het te behalen resultaat wordt daarbij overigens eerder zichtbaar voor stikstof dan voor fosfaat.

5.2 Inventarisatie ondernemers 2017

In 2017 heeft PPP-Agro samen met de agrarische ondernemers binnen de proefpolder een inventarisatie uitgevoerd van mogelijke maatregelen waarvoor de boeren zelf interesse hebben. Uitgangspunt hierbij is de aanwezige energie en betrokkenheid van de betrokken veehouders en de maatregelenlijst zoals die is opgesteld binnen de voorstudie uit 2016.

Uit deze inventarisatie bleek dat één van de vijf ondernemers geen extra maatregelen wilde nemen om de waterkwaliteit te verbeteren; hij draait mee binnen dit project en wil graag leren van de ervaringen van andere ondernemers. Bij de resterende vier ondernemers kwamen de volgende maatregelen naar boven:

- Een optimale beweidingsstrategie volgen door het verkleinen van percelen, de aanleg van een kavelpad, het aanpassen van de bijvoeding op basis van frequente grasanalyses, het gebruik maken van een beweidingsplan, en jongveebezetting te verlagen.
- Een optimale gewasgroei faciliteren door niet te kort te maaien, door nieuw gras in te zaaien in plaats van te scheuren, en door in droge perioden extra gebruik te maken van de baggerspuit.
- De bemesting verder te optimaliseren door de mest onder gunstige omstandigheden uit te rijden (rekening houden met het weer), door slimme keuzes te maken in mestsoorten (wel of geen compost), de kunstmestgift in het najaar te verlagen, water toe te voegen aan de mest bij de toediening (lees: een hogere benutting), mest af te stemmen op de gewasbehoefte, en door de mest goed te verdelen over de sneden (relatief meer in het voorjaar).
- De bodem te verbeteren: zorgdragen voor een goede pH om zo de benutting van de gegeven stikstof en fosfaat te maximaliseren en een hogere gewasproductie te faciliteren.
- Het verminderen van erfafspoeling.
- De aanvoer van externe bijproducten te verminderen om zo de bedrijfsbenutting te verhogen.

In samenspraak met de ondernemers zijn per bedrijf verschillende maatregelen geselecteerd en uitgevoerd in 2018 en 2019.

5.3 Maatregel op de Kaart

In 2013 is het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW) van start gegaan om een bijdrage te leveren aan de wateropgaven in Nederland. Het DAW heeft een lijst met landbouwmaatregelen vastgesteld in het Bestuurlijk Overleg Open Teelten en

veehouderij (BOOT) in juni 2017. Deze BOOT-lijst bevat vrijwillige maatregelen die kunnen worden genomen bovenop de wettelijk verplichte maatregelen vanuit o.a. het Mestbeleid en het Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Maatwerk staat daarbij centraal omdat de belangrijkste bronnen en routes afhankelijk zijn van perceel-specifieke kenmerken als de nutriëntentoestand, het bouwplan, de aanwezigheid van drainage en de morfologie van het perceel. Ook de inzetbaarheid en effectiviteit van maatregelen varieert per perceel. Veel van de huidige kennis is echter generiek, waardoor het lastig is om op lokaal niveau de juiste maatregelen te kiezen waarmee een agrarische ondernemer kan sturen op een goede gewasopbrengst met minimale verliezen naar het watersysteem.

In 2018 hebben Verhoeven en Ros (2018ab) een pleidooi gevoerd om de ondernemer (het agrarische bedrijf) en het agrarische perceel centraal te stellen in de uitvoering van beleidsopgaven rondom klimaat, biodiversiteit en waterkwaliteit. Vanuit deze aanpak kan er concreet handelingsperspectief worden gegeven aan agrarische ondernemers om maatregelen te selecteren die inpasbaar zijn binnen hun bedrijf en positief bijdragen aan de waterkwaliteit. De zogenoemde Kansenkaart start met bedrijfskenmerken die sturen op lagere bodemoverschotten en een efficiëntere bemesting. Gebruik makend van het bouwplan en perceelkenmerken is het mogelijk maatwerk te leveren via maatregelen als bemestingsvrije zones, baggerfrequentie, slootkantbeheer, drainage, afasteringen langs het perceel en ingrepen in de sloot zelf. Door dit ruimtelijke expliciet in beeld te brengen kan een ondernemer niet alleen sturen op minder verliezen naar het watersysteem, maar tegelijkertijd ook sturen op het sluiten van kringlopen, een rendabel bouwplan en een duurzaam sloot(kant)-beheer dat de biodiversiteit op het bedrijf stimuleert. Hierbij ligt de focus op het inzichtelijk maken van kansen: waar kan de ondernemer bijdragen aan een betere leefomgeving.

Om deze integrale aanpak via ruimtelijke kansen voor waterkwaliteit uit te werken is het belangrijk om bestaande kennis rondom DAW-maatregelen te koppelen aan perceelkenmerken. In het project 'Maatregel op de Kaart (Fase 1)' is daarom voor elk landbouwperceel aangegeven welke DAW-maatregelen kansrijk zijn om de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit te verbeteren. Dit is gedaan door het koppelen van expertkennis over de toepasbaarheid en effectiviteit van maatregelen aan kenmerken van elk perceel zoals gewas, bodem, hydrologie en morfologie. Dit resulteert per perceel in een 'inspiratielijst' van kansrijke maatregelen. Voor de gebruiker is zo de groslijst aan DAW-maatregelen uitgedund tot een op zijn situatie gerichte selectie van maatregelen.

Op basis van de openbare beschikbare informatie worden voor de proefpolder de volgende maatregelen aanbevolen voor verbetering van oppervlaktewaterkwaliteit:

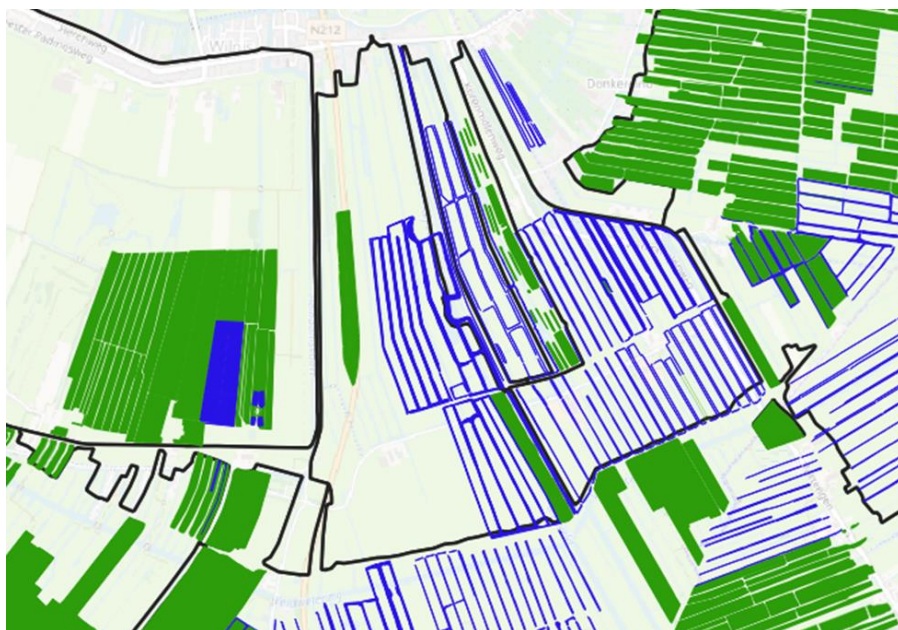
- **Bodem:** i) het gebruik van vaste rijpaden op het perceel en het gebruik van GPS bij toediening van bemesting en ii) het gebruik van diep wortelende grassoorten;
- **Landgebruik:** i) niet scheuren van blijvend grasland, ii) een betere grasbedekking door maai- en of graaslengte van 5 naar 7 cm te brengen en iii) verhogen van de gewasbedekking op de weidepercelen in de zomerperiode;
- **Nutriëntenbenutting:** i) niet of nauwelijks drijfmest in het najaar uitrijden, ii) het gebruik van de baggerpomp om de sloot op diepte te houden en iii) het volvelds uitmijnen van fosfaat door een meerjarig negatief P-overschot
- **Waterbeheer:** het gebruik van onderwaterdrains;

- **Randenbeheer:** i) het gebruik van drinkbakken in het midden van het perceel om afkalving van oevers te voorkomen, ii) het gebruik van natte bufferstroken en iii) het verminderen van oppervlakkige afspoeling door aanwezige greppels afsluitbaar te maken.

Uitspoeling van nitraat naar het grondwater is minimaal door de hoge denitrificatie-verliezen. Er zijn daarom geen (extra) maatregelen nodig om de doelstellingen van de Nitraatrichtlijn te realiseren.

5.4 Groene en blauwe diensten

Het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb) bestaat sinds 2016. Het is een van de maatregelen van het Plattelandsontwikkelingsprogramma (POP3), een Europees subsidieprogramma voor het ontwikkelen, verduurzamen en innoveren van het Nederlandse platteland. Via het ANLb verstrekken provincies subsidie aan collectieven van agrariërs om leefgebieden voor beschermde akker- en weidevogels en andere diersoorten op het boerenland te creëren en in stand te houden. Hierbinnen zijn verschillende maatregelpakketten ontwikkeld die de waterkwaliteit kunnen verbeteren. De belangrijkste zijn: ecologisch slootbaggeren, 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 30).



Figuur 30: 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.

In 2019 was er 33 km sloot dat regelmatig op diepte wordt gehouden via het pakket sloot-baggeren, was er 2,18 hectare natuurvriendelijke oever aangelegd en was er 8,58 ha bufferzones aangelegd binnen de proefpolder. Uitgaande van een bufferstrook van circa 3 m breed, betekent dit dat bij benadering 21 km watergang een onbemeste bufferstrook heeft die het risico op uit- en afspoeling van nutriënten vermindert.

6 Synthese en Aanbevelingen

Het veenweidegebied in West-Nederland kampt met grote opgaven, waaronder het afremmen van de bodemdaling en het realiseren van een duurzaam watersysteem. Met bestuurlijk draagvlak heeft in 2016 een breed consortium van private en publieke partijen, van waterschappers en ondernemers, adviseurs en onderzoeksinstituten het initiatief genomen om een zogenoemde 'proefpolder' in te richten om de potentie van kringlooplandbouw en onderwaterdrainage te beproeven, te evalueren, en bij positieve resultaten breed uit te rollen in het veenweidegebied. In de polder Groot Wilnis-Vinkeveen rondom de Gagelweg is daarom vanaf 2016 gewerkt aan meer inzicht in de rol van de bodem en de invloed van het agrarisch landgebruik (beweiding, bemesting, bodembeheer) op de waterkwaliteit. Dit rapport compileert en integreert gegevens die zijn verzameld om inzicht te krijgen in de kenmerken van de polder die sturend zijn voor de waterkwaliteit. Hiermee wordt meer en meer duidelijk waar welke agrarische maatregelen inzetbaar zijn om de waterkwaliteit verder te verbeteren. De inzichten die zijn opgedaan via de ontwikkeling van mechanistische modellen zijn hierbij overigens niet meegenomen.

De proefpolder is een typische veenweidepolder uit het Westelijk veenweidegebied en wordt omringd door droogmakerijen. Hierdoor is er sprake van netto wegzijging dat op kan lopen tot 1 mm per dag. Gegeven de grondwaterstanden, de ontwatering en het peilbeheer is er geen groot risico op watertekorten (uitzonderlijke jaren niet meegerekend): Kijkend naar de waterbalans van de polder blijkt dat er tot 2016 veel invloed was vanuit de omliggende peilgebieden: meer dan 60% van het water was afkomstig uit omliggende peilvakken. Door verbeteringen aan de waterscheiding is deze invloed sterk vermindert en sinds 2017 is de rol van gebiedsvreemd water minimaal.

De fosforconcentraties schommelen tussen de 0,1 en 0,5 mg L⁻¹ en zijn gemiddeld hoger in de winter dan in de zomer. Dit hangt samen met het feit dat er in de zomer weinig water vanuit de percelen richting het oppervlaktewater stroomt: er is in de zomer namelijk netto sprake van een negatief neerslagoverschot en de vegetatie in de sloot neemt het eventueel aanwezige fosfaat op. Daarnaast wordt fosfaat in sterke mate gebufferd door de slootbodem. Uit de metingen blijkt overigens geen sterk seizoenspatroon. Wel zijn er één tot twee keer per jaar opvallende uitschieters. Deze uitschieters komen zowel in de zomer als in de winter voor en zijn niet per direct gerelateerd aan het agrarisch management. De P-belasting vertoont overigens wel een sterk seizoenspatroon dat samenhangt met de waterflux. In de zomer ligt deze onder de 2 mg P per m² water per dag en deze loopt op tot 5 mg m⁻² d⁻¹ in de winter. Metingen over de periode van 1996 tot 2018 laten zien dat de P-belasting de laatste jaren substantieel en structureel is gedaald. De bijdrage van fosfor uit de bodem via ondiepe uitspoeling en afspoeling is daarbij overigens behoorlijk constant gebleven.

In tegenstelling tot fosfor is het opvallend dat er voor stikstof (N) een zeer sterke seizoensvariatie zichtbaar is in de N-concentraties. Deze zijn in de winter gemiddeld twee keer hoger dan de zomer. Dit hangt niet alleen samen met de N-opname in de zomer en het netto watertransport vanuit de sloot naar het perceel, maar ook met hogere denitrificatie-verliezen (die zijn afhankelijk van de temperatuur) als met mogelijke N-nalevering van stikstof in het najaar. De variatie over de tijd lijkt de afgelopen jaren af te nemen, wat het resultaat kan zijn van een hogere bodembenutting dan wel minder inlaatwater vanuit de omgeving. Interessant fenomeen is dat het grootste deel van de stikstof aanwezig is in organische vorm; het percentage

ammonium en nitraat is structureel kleiner dan 50%. Er komen nauwelijks piekevents voor de anorganische stikstof, want aangeeft dat er weinig tot geen directe N-verliezen optreden rondom het tijdstip van bemesting.

Voor de ontwikkeling van een goede slootvegetatie is naast de waterchemie de slootdiepte van groot belang. In de periode na 2016 zijn de meeste watergangen grondig gebaggerd wat zorgde voor een gemiddelde waterdiepte groter dan 50 cm. De poldergemiddelde waterflora als ook de soortensamenstelling en bedekking van emerse planten, macrofyten en draadalgen laten de laatste jaren dan ook een verbetering zien. Opvallend is wel dat studentenonderzoek in 2018 op veel locaties nog een dikke sliblaag vond en er een (zeer) lage bedekking van soorten werd gevonden; een observatie die werd gedeeld door de boeren in de polder. Dit studentenonderzoek suggereert dat de polder in een ecologisch arme, maar heldere staat verkeert; een conclusie die niet correspondeert met de inzichten van ecologen als ook de berekende water- en stofstromen op basis van de waterbalans. Hoe sterk deze observaties beïnvloedt zijn door de extreem droge zomerperiode in 2018 is vooralsnog onduidelijk.

Van de percelen in de proefpolder valt 83% in de fosfaattoestandsklasse neutraal. De P-verzadiging is hoog met het grootste risico op P-verliezen in het zuidwesten van de polder. Op circa 33% van de percelen is de beschikbaarheid optimaal, op 61% is deze suboptimaal en op 6% is deze hoog. Op deze laatste percelen is weinig tot geen fosfaatbemesting nodig en is het risico op P-verliezen het grootst. Bodems met een hoge afbreekbare hoeveelheid N komen vooral in het zuiden voor, en in potentie kan uit de toplaag van de bodem 300 tot 500 kg N ha⁻¹ beschikbaar komen via mineralisatie.

De gemiddelde N-bemesting over de jaren 2016 tot 2018 is gelijk gebleven: er werd gemiddeld circa 220 kg N ha⁻¹ aangevoerd via drijfmest, 72 kg N ha⁻¹ via kunstmest en 54 kg N ha⁻¹ via weidemest. Gegeven de huidige gewasproductie (zoals geschat via de K LW) resulteerde dit in een bodemoverschot van circa 250 kg N ha⁻¹ en een negatief P-bodemoverschot. De variatie tussen de vijf bedrijven is daarbij overigens nog aanzienlijk. Uitgevoerde bemestingsproeven in 2017 en 2018 laten zien dat de P-gehalten in het gewas structureel boven de landbouwkundige streefwaarde lagen. Door rekening te houden met de P-bufferindex als ook de morfologie van percelen bij de verdeling van (drijf)mest over de percelen kan de P-benutting worden verhoogd: bodems met een lage P-bufferindex laten daarbij een hogere P-benutting zien. Voor stikstof blijkt dat de bodems veel stikstof leveren via mineralisatie van organische stof: de N-levering varieert van 199 tot 437 kg N ha⁻¹. Toediening van stikstof via bemesting zorgt in alle situaties voor extra gewasproductie en N-opname, maar het effect hiervan is wisselend en in veel gevallen relatief klein. De N-benutting varieert van 32 tot 86%. Deze resultaten laten zien dat er grote verschillen zijn in de N-werking van de kunstmest tussen percelen, wat mogelijkheden biedt voor verdere optimalisatie. Uit de analyse van de gemeten opbrengsten per snede blijkt ook dat een N-gift na juni in veel situaties overbodig is door de hoge stikstofmineralisatie. De resultaten van deze bemestingsproeven uit 2017 en 2018 laten dus zien dat er (nog) mogelijkheden liggen om beter te sturen op het sluiten van kringlopen en het verlagen van het N- en P-bodemoverschot.

De literatuur- en modelstudie naar maatregelen voor een betere waterkwaliteit laat zien dat de meest geschikte maatregelen voor de proefpolder inspelen op het efficiënter gebruik van dierlijke mest en kunstmest (tijdstip, type kunstmest, bemesten

naar gewasbehoefte, manier van bemesten etc.). Een inventarisatie met betrokken ondernemers bevestigde dit beeld waarbij er extra aandacht is voor het sluiten van kringlopen (minder krachtvoer), slimme beweidingstrategieën en het inspelen (met bemesting) op bodemkwaliteit en weer. De studie 'Maatregel op de Kaart' prioriteert bekende maatregelen op basis van openbaar beschikbare perceelsinformatie en geeft aan dat in de proefpolder de grootste verbetering voor de waterkwaliteit te realiseren is met de optimalisatie van de bemesting in het najaar, het gebruik van de baggerpomp, het structureel uitmijnen van de bodem voor fosfaat, het voorkomen van oeverafkalving, het verhogen van de gewasbedekking op weidepercelen, de gebruikte grassoort en onbemeste bufferstroken. Ook het gebruik van onderwater-drains is perspectiefvol.

Aanbeveling is ook om op basis van de huidige gegevens - die bekend zijn op het niveau van perceel, bedrijf en polder – een relatie te leggen tussen de doelen voor waterkwaliteit (een gebiedsdoel) en maatregelpakketten op perceelsniveau (zie Verhoeven & Ros, 2018a). Hiermee is in één oogopslag helder waar er nog kansen liggen om als agrariër en als waterbeheerder een positieve bijdrage te leveren aan waterkwaliteit en om het concept kringlooplandbouw concreet te maken via maatwerk per perceel. Waar mogelijk is een heldere prioritering in maatregelen ook wenselijk: is het voor de ecologische waterkwaliteit belangrijk om eerst de slootdiepte op orde te brengen of heeft een focus op een (nog) lagere belasting vanuit de bodem prioriteit?

De huidige bemestingspraktijk als ook de afname van groenblauwe diensten laat zien dat de agrarische ondernemers in de proefpolder een positieve bijdrage leveren aan de verbetering van de waterkwaliteit. De jaargift ligt lager dan de wettelijke gebruiksruimte¹ en het tijdstip van toediening lijkt flexibel te worden ingevuld in relatie tot het weer en de mogelijke gewasbehoefte. Aandachtspunt is de bemesting rond eind augustus en september; hier liggen mogelijk nog kansen tot verbetering.

¹ Dit is overigens in grote delen van het veenweidegebied het geval. Zie bijvoorbeeld: www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2282&indicatorID=2772

7 Literatuur

- Bussink DW, Bakker RF, Van den Draai H & EJM Temminghoff (2011) Naar een advies voor fosfaatbemesting op nieuwe leest, deel 2 grasland. NMI-rapport 1246.2, 54 pp.
- Van Deelen EE (2019) Integrale systeemanalyse Groot Wilnis-Vinkeveen Midden. AGV-rapport, 60 pp.
- Hendriks RFA & JJH van den Akker (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.
- Honkoop W (2019) Analyse Kringloopwijzer Proefpolder Kringlooplandbouw, Notitie PPP-Agro, 6 pp.
- Kros J, Van Os J, Voogd JC, Groenendijk P, van Bruggen C, te Molder R & GH Ros (2019) Ruimtelijke allocatie van mesttoediening en ammoniakemissie; beschrijving mestverdelingsmodule INITIATOR versie 6. WEnR-rapport 2939, 96 pp.
- Massop HThL, Clement J en C Schuiling (2014) Plassen op het land: een landsdekkende kaart van potentiële risicolocaties voor oppervlakkige afspoeling. Alterra-rapport 2546.
- Moria L (2018) Waterkwaliteit in beeld. Beschikbaar / te downloaden via de volgende webpagina: <https://bookdown.org/lauramoria/waterkwaliteitsAtlas/>
- Noordhuis R (2010) Ecosysteem IJsselmeergebied: nog altijd in ontwikkeling. Trends en ontwikkelingen in water en natuur van het Natte Hart van Nederland. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad, 420 pp.
- Pijlman J, Holshof G, Van den Berg W, Ros GH, Erisman JW & N van Eekeren (2019) Herbage nitrogen uptake from mineralization of dairy grasslands on peat soils is influenced by soil and weather variables. Submitted for Nutrient Cycling in Agroecosystems.
- Ros GH (2011) Predicting soil Nitrogen supply. Relevance of extractable soil organic matter fractions. PhD thesis, Wageningen University, 248 pp.
- Ros GH & N van Eekeren (2016) Evaluatie NLV-concept op grasland. Is een update nodig? CBGV-rapport 36 pp.
- Ros GH (2019) Regionale pilots LWKM. Update resultaten ANIMO en opgedane leerervaringen. Presentatie 8 mei 2019, Amersfoort, 46 pp.
- Stoudhamer E, Cohen KMC & WZH Hoek (2015) De vorming van het land: geologie en geomorfologie. Perspectief Uitgevers, 432 pp.
- Schipper PNM, Hendriks RFA, Noij IGAM, Honkoop W, Van Eekeren N & L Boekhorst (2015) Potentie kringlooplandbouw en onderwaterdrainage in veenweide. Alterra-rapport 2684, 30 pp.
- Ter Hennepe E (2017) Resultaat, vervolg en evaluatie van de Regeling Waterkwaliteitsbaggeren, Groot Wilnis Vinkeveen, AGV-rapport.
- Van der Wal A, Lommen JL, den Hollander HJ & W Tolkamp (2011) KRW-pilot Praktische bedrijfsinnovaties in de landbouw. Deelproject slootkant. CLM-rapport 744-2011, 73 pp.
- Van Rotterdam D & DW Bussink (2016) Fosfaatstreeftoestand in de bodem voor mais en gras. CBGV-notitie, 23 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, uitgave juli 2019.
- Verhoeven F & GH Ros (2018a) Kansenskaart waterkwaliteit: slimme combinaties. V-Focus feb-18.

Verhoeven F & GH Ros (2018b) Kansenskaart 1.0: slimme combinaties. V-Focus okt-18.