

BTO 2017.016 | Maart 2017

BTO rapport

Gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid

Het perspectief voor de drinkwatersector

BTO

Gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid: het perspectief voor de drinkwatersector

BTO 2017.016 | Maart 2017

Opdrachtnummer

400554-207-004

Projectmanager

Ir. Jos Frijns

Opdrachtgever

Vewin-BTO - Beleidsonderbouwend onderzoek

Kwaliteitsborger

Prof. Dr. Pieter Stuyfzand

Auteur

Dr. ir. Arnaut van Loon

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar.

Jaar van publicatie
2017

Meer informatie

Dr. Ir. Arnaut van Loon
T 550
E Arnaut.van.Loon@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



BTO Rapportcode zonder 'BTO' | Januari 2017 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

BTO Managementsamenvatting

Gebiedsgerichte maatregelen kunnen bijdragen aan het oplossen van de mestproblematiek van de drinkwatersector

Auteur: dr. ir. Arnaut van Loon

Gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid zijn in staat om de stikstofuitspoeling naar het grondwater tot maximaal 20% te beperken. Dit blijkt uit literatuuronderzoek waarbij voorbeelden van deze maatregelen onder de loep zijn genomen, zoals het optimaliseren van de mestgift, bijzaaien van vanggewassen, rijenbemesting, verandering van teelten en bodemverbetering. Anno 2017 is de mestproblematiek van de drinkwaterbedrijven in zuid- en oost-Nederland nog altijd actueel en omvangrijk. Bovendien is het huidige mestbeleid naar verwachting onvoldoende om de mestproblematiek bij 10 tot 40 grondwaterwinningen in de toekomst op te lossen. Voor het oplossen van deze problematiek staan gebiedsgerichte maatregelen toenemend in de belangstelling, omdat daarmee de problemen daar worden opgelost waar ze zich voordoen.

Gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid zijn breed toepasbaar en in diverse pilotprojecten rond drinkwaterwinningen met succes in de praktijk toegepast. Dit geeft aan dat ze op voldoende grote schaal toegepast kunnen worden om een bijdrage te kunnen leveren aan het oplossen van de mestproblematiek van drinkwaterbedrijven. Wel is voor de implementatie van dergelijke maatregelen teelt- en bedrijfsspecifiek maatwerk vereist, omdat de effectiviteit van de maatregelen afhankelijk is van tal van factoren, waaronder bodemeigenschappen, teelt en bedrijfstype. Daarom wordt geadviseerd om gebiedsgerichte maatregelen op te nemen in het landelijke mestbeleid, zodat de toepassing van dergelijke maatregelen op voldoende grote schaal binnen de intrekgebieden van kwetsbare winningen geborgd is. Binnen grondwaterbeschermingsgebieden worden aanvullende maatregelen geadviseerd, zoals bindende mestadviezen, het ontmoedigen van uitspoelingsgevoelige teelten, en demonstraties van nieuwe oplossingen. Ten slotte is effectmonitoring noodzakelijk om de effectiviteit van het beleid te toetsen en de toepassing van gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid te bevorderen.

Belang: Aanvullende maatregelen zijn nodig voor het oplossen van de mestproblematiek van drinkwaterbedrijven

Recent onderzoek van het RIVM geeft aanwijzingen dat het huidige mestbeleid voor waterbedrijven ontoereikend is. Verwacht wordt dat het in 10 tot 40 grondwaterbeschermingsgebieden niet lukt om de nitraatconcentratie in ondiep grondwater beneden de norm van 50 mg/l te krijgen.

Aanvullende maatregelen op het huidige mestbeleid zijn nodig om de mestproblematiek van drinkwaterbedrijven in zuid- en oost-Nederland te kunnen oplossen. Hierbij wordt veel verwacht van gebiedsgerichte maatregelen, omdat daarmee de stikstofuitspoeling als gevolg van mestgebruik daar beperkt kan worden waar de problemen zich voordoen.

Aanpak: literatuuronderzoek naar de effectiviteit van maatregelen

Op basis van een screening van literatuur zijn negen typen gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid geïdentificeerd. Deze maatregelen variëren van nieuwe toepassingen van reeds bewezen maatregelen, tot potentiële innovaties die nog niet in de praktijk zijn getoetst. Voor elke maatregel zijn de werkende mechanismen, de toepasbaarheid voor drinkwaterwinningen en het perspectief voor de drinkwatersector beschreven. Deze informatie biedt de drinkwatersector ondersteuning bij het leveren van input aan de invulling van het Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn, zonder een compleet beeld te geven van alle mogelijke gebiedsgerichte maatregelen.

Resultaten: Gebiedsgerichte maatregelen kunnen bijdragen aan het verminderen van de uitspoeling van meststoffen

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat een vermindering van de stikstofuitspoeling naar het grondwater mogelijk is door (1) te streven naar evenwichtsbemesting, (2) precisiebemesting, (3) aanpassing van teelten en (4) teelt van gewasmixen, gecombineerd met vanggewassen. Met deze maatregelen neemt de stikstofuitspoeling op perceelniveau – afhankelijk van bodemtype, teelt en bedrijfstype – met maximaal 20% af. Voor een bijdrage aan het oplossen van de mestproblematiek van de drinkwaterbedrijven is brede en structurele toepassing van deze maatregelen noodzakelijk. Hierbij ligt de prioriteit op de grondwaterbeschermingsgebieden, maar afhankelijk van de daadwerkelijke effectiviteit kan bredere toepassing op intrekgebieden noodzakelijk zijn.

Een andere gebiedsgerichte maatregel in het mestbeleid bestaat uit ingrepen die zorgen voor bodemverbetering. Vaak gaat het om toevoeging van organische stof, wat de bodem beter doorwortelbaar en minder droogtegevoelig maakt. De bodem houdt hierdoor ook beter meststoffen vast. De effectiviteit van deze maatregel varieert van plaats tot plaats en is nog maar beperkt onderbouwd. Een mogelijk ongewenst bijeffect voor drinkwaterproductie is een toename van de hardheid van het ruwwater, doordat met de organische stof ook zuur wordt aangevoerd. Tevens kunnen mogelijke bijmengingen, zoals zware metalen en gewasbeschermingsmiddelen, voor problemen zorgen. Geadviseerd wordt om bij de implementatie van deze maatregel rekening te houden met deze mogelijke ongewenste bijeffecten, o.a. door uitsluitend met kwalitatief hoogwaardig

organische stof te werken. Daarnaast is het gewenst om meer duidelijkheid te krijgen over de invloed van deze bijeffecten op de ruwwaterkwaliteit en hoe eventuele problemen gemitigeerd of gecompenseerd kunnen worden.

Implementatie: Gebiedsgerichte maatregelen dienen grootschalig en structureel te worden toegepast

Er komt veel bij kijken om gebiedsgerichte maatregelen voor het terugdringen van de mestproblematiek van de drinkwatersector tot een succes te maken. Naast teelt- en bedrijfsspecifiek maatwerk, is een brede en structurele toepassing binnen grondwaterbeschermingsgebieden, en mogelijk daarbuiten, noodzakelijk. Met de lopende regionale pilotprojecten is daar op basis van vrijwillige deelname door agrariërs een begin mee gemaakt. Deze projecten lopen echter tegen hun grenzen aan. Ondersteuning door landelijk beleid is noodzakelijk om gebiedsgerichte maatregelen op voldoende grote schaal en in alle grondwaterbeschermingsgebieden te implementeren. Daarnaast adviseren we extra inspanningen binnen grondwaterbeschermingsgebieden, zoals ontmoediging van de teelt van uitspoelingsgevoelige gewassen, uitbrengen van bindende mestadviezen en doorontwikkeling en demonstratie van innovatieve maatregelen in de praktijk. Tot slot zorgt een goede monitoring ervoor dat gebiedsgerichte maatregelen op grond van hun effectiviteit daadkrachtig kunnen worden ingezet.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid: het perspectief voor de drinkwatersector* (2017.016).

Inhoud

Inhoud	2
1 Inleiding	3
1.1 Mestgebruik problematisch voor drinkwaterwinning	3
1.2 Waarom gebiedsgerichte maatregelen?	4
1.3 Doelstelling	4
2 Achtergrond: mestgebruik en ruwwaterkwaliteit	5
2.1 Invloed van mestgebruik op de kwaliteit van diep grondwater	5
2.2 Voorkomen van mestgerelateerde problemen in Nederland	8
3 Gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid	12
3.1 Overzicht	12
3.2 Evenwichtsbemesting	13
3.3 Precisie bemesting	15
3.4 Andere gewassen en andere teelttechnieken	17
3.5 Gewasmix en vanggewassen	18
3.6 Bodemverbetering	20
3.7 Optimaliseren waterhuishouding	22
3.8 Stimuleren van denitrificatie door doseren van organische stof	23
3.9 Nitraat terugwinnen	24
3.10 Andere vormen van irrigeren	24
4 Synthese en advies	25
4.1 Noodzaak voor aanvullende maatregelen in het mestbeleid	25
4.2 Suggesties voor een gebiedsgerichte invulling van het mestbeleid	25
4.3 Kennisontwikkeling ter ondersteuning van gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid	28
5 Literatuur	30
Bijlage I Bestaande gebiedsgerichte samenwerkingsprojecten	32

1 Inleiding

1.1 Mestgebruik problematisch voor drinkwaterwinning

Sinds de jaren 1990 voert de Nederlandse overheid actief meststoffenbeleid door het reguleren van mestgebruik in de agrarische sector. Met dit beleid is de stikstofuitspoeling uit agrarisch gebied met succes sterk terug gebracht. Hierdoor is de gemiddelde nitraatconcentratie in het water dat uitspoelt uit de wortelzone in de Zandregio afgenomen van ongeveer 200 mg/l in 1991, naar 54 mg/l in 2015. In de Lössregio was het beleid wat minder succesvol. Daar is de gemiddelde nitraatconcentraties in uitspoelingswater gedaald tot ongeveer 75 mg/l in 2016 (Fraters e.a., 2016). Sinds 2003, echter, vlakt de dalende trend van de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater sterk af en is er nog maar beperkte vooruitgang in het beperken van de stikstofuitspoeling naar het grondwater geboekt (Fraters e.a., 2016)

Ondanks de sterke afname van het mestoverschot in de agrarische sector sinds de jaren 1990, kampen de drinkwaterbedrijven op de Hoge Zandgronden en het Lössgebied van zuid- en oost-Nederland nog altijd op grote schaal met ruwwaterkwaliteitsproblemen als gevolg van mestgebruik (Van Loon en Fraters, 2016). Afhankelijk van de eigenschappen van de winning en zijn omgeving, manifesteren deze problemen zich o.a. in verhoogde concentraties van nitraat, sulfaat en nikkel en toegenomen totale hardheid van het ruwwater. Volgens Van Loon en Fraters (2016) zijn gedurende de periode 2000-2015 in 86 grondwaterwinningen verspreid over zuid- en oost-Nederland normoverschrijdingen voor deze mestgerelateerde parameters in individueel ruwwater (in pompputten) waargenomen. Bij deze winningen leveren de drinkwaterbedrijven extra inspanningen, zoals het mengen van verschillende ruwwaterstromen zodat normoverschrijdingen in het gemengde ruwwater (de grondstof voor drinkwaterproductie) worden voorkomen. Zonder deze inspanningen zou niet altijd voldaan worden aan de normen die gelden voor de productie van drinkwater uit grondwater. Tevens brengen de verhoogde mestgerelateerde parameters in het ruwwater extra kosten met zich mee voor monitoring, zuivering (o.a. ontharding) en versnelde afschrijving van infrastructuur als gevolg van toegenomen corrosie en putverstopping.

De mestproblematiek die drinkwaterbedrijven op de hoge zandgronden thans ervaren hangt voor een deel samen met de hoge historische last die, als gevolg van decennialange reistijden van grondwater naar drinkwaterbronnen, nu tot uiting komt in de ruwwaterkwaliteit. Dit betekent dat zolang het mestbeleid niet afdoende is, de mestproblemen van de drinkwaterbedrijven ook op de lange termijn niet opgelost worden. Andersom geldt dat naarmate de stikstofbelasting van het grondwater sneller en verder wordt teruggebracht, ook de historische last sneller en verder verdund wordt, zodat de beleidsopgave voor drinkwaterbronnen eerder wordt gerealiseerd.

Daarnaast is deze problematiek gerelateerd aan de ligging van drinkwaterbronnen binnen de zandregio, namelijk op de gronden die bijzonder gevoelig zijn voor uitspoeling van meststoffen. Deze uitspoelingsgevoeligheid wordt vooral veroorzaakt door combinatie van diepe grondwaterstanden en het relatief lage organische stofgehalte in de bodem en diepere ondergrond. Hierdoor spoelt relatief veel stikstof uit naar het grondwater, en speelt de omzetting van nitraat naar stikstofgas (denitrificatie) geen rol van betekenis. Het gevolg is dat de stikstofbelasting van het grondwater in de grondwaterbeschermingsgebieden van zo'n 30 grondwaterwinningen in zuid- en oost-Nederland te hoog is, met overschrijding van

de nitraatnorm voor ondiep grondwater tot gevolg (Van Loon en Fraters, 2016; Claessens e.a., 2017). Bovendien berekenden Claessens e.a. 2017 dat deze nitraatnorm onder het huidige mestbeleid in 10 grondwaterbeschermingsgebieden ook in de toekomst zal worden overschreden, en dat in 30 andere grondwaterbeschermingsgebieden ternauwernood (40-50 mg/l) aan deze norm zal worden voldaan. Deze bevindingen geven aan dat aanvullende maatregelen nodig zijn om de doelstellingen ten aanzien van de drinkwaterbronnen te halen.

1.2 Waarom gebiedsgerichte maatregelen?

In 2017 wordt de invulling van het Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn door het ministerie van Economische Zaken nader uitgewerkt. Hierbij is de inzet van de drinkwatersector dat de grondwaterkwaliteitsproblemen in de intrekgebieden van kwetsbare grondwaterwinningen worden opgelost. Vooral nog wordt hierbij als uitgangspunt gebruikt dat de gemiddelde nitraatconcentratie in ondiep grondwater voor intrekgebieden de nitraatnorm van 50 mg/l niet mag overschrijden. Voor het behalen van deze norm zijn niet perse landelijke maatregelen, zoals het aanscherpen van stikstofgebruik normen, noodzakelijk. Gebiedsgerichte maatregelen die van kracht worden voor (delen van) intrekgebieden kunnen daarvoor ook volstaan. Hierbij hebben de grondwaterbeschermingsgebieden prioriteit, aangezien de effecten van de maatregelen zich daar het snelst manifesteren in de ruwwaterkwaliteit. Indien na het nemen van maatregelen in de grondwaterbeschermingsgebieden nog sprake is van een restopgave, kan opschaling van de maatregelen naar intrekgebieden aan de orde zijn.

1.3 Doelstelling

Het doel van dit rapport is om op basis van literatuur een advies op te stellen voor de wijze waarop het bestaande mestbeleid aangevuld kan worden om de mestproblematiek van de drinkwatersector met gebiedsgerichte maatregelen beheersbaar te maken. Hiertoe is een inventarisatie uitgevoerd van gebiedsgerichte maatregelen die bij kunnen dragen aan een verminderde stikstofbelasting van het grondwater. Deze inventarisatie is niet uitgevoerd met de intentie om een compleet beeld van de mogelijke maatregelen op te leveren, maar om het perspectief van regionale maatregelen in het mestbeleid vast te stellen. Op basis van dit perspectief kan een beargumenteerde keuze worden gemaakt inzake de inzet van de drinkwatersector bij de gesprekken over de invulling van het Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn. In dit rapport wordt er vanuit gegaan dat dit perspectief bepaald wordt door de toepasbaarheid van de maatregel in grondwaterbeschermingsgebieden, de mogelijke bijdrage aan het oplossen van de mestproblematiek en eventuele neveneffecten op de ruwwaterkwaliteit.

2 Achtergrond: mestgebruik en ruwwaterkwaliteit

2.1 Invloed van mestgebruik op de kwaliteit van diep grondwater

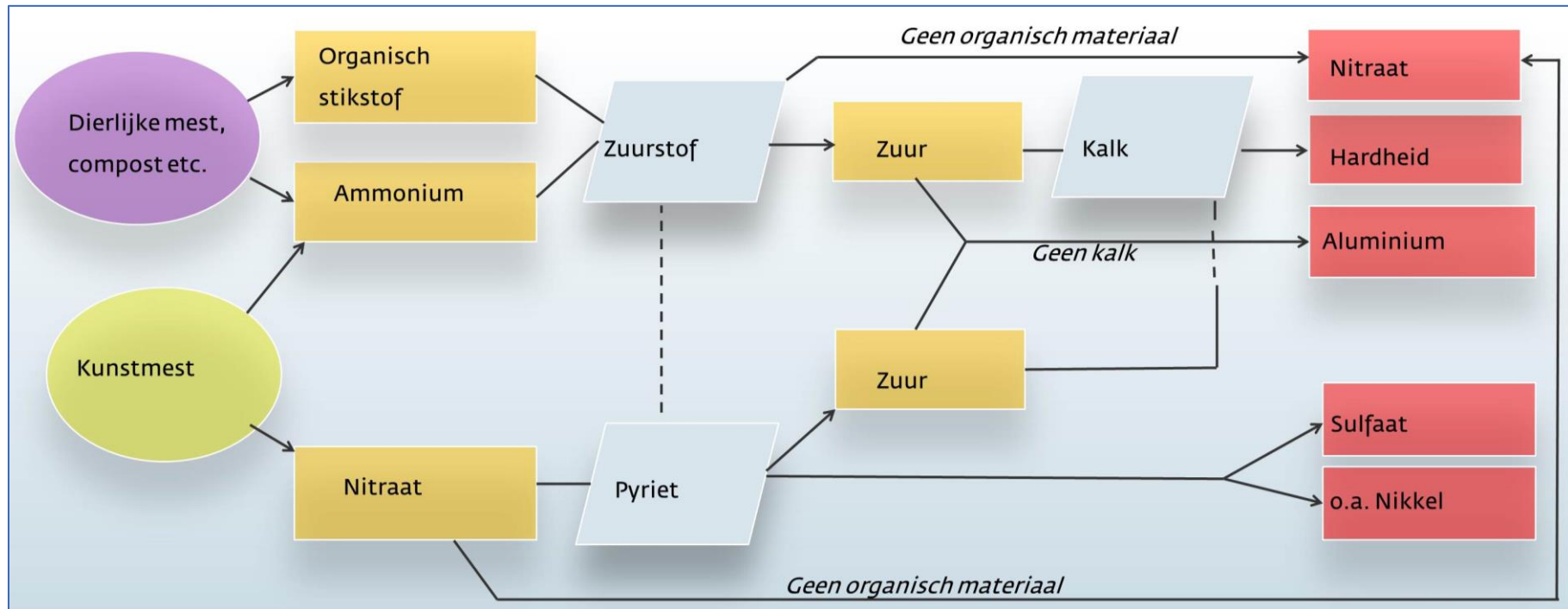
2.1.1 Algemeen

Stikstofbemesting in de Nederlandse agrarische sector is op hoofdlijnen gebaseerd op twee mestsoorten, namelijk (1) kunstmest en (2) dierlijke mest, voornamelijk van runderen, varkens en soms kippen. Deze mestsoorten verschillen onderling wezenlijk in de vorm waarin het stikstof aanwezig is en daarmee in de wijze waarop de effecten van mestgebruik zich manifesteren in de ruwwaterkwaliteit van drinkwaterbronnen. In Figuur 2-1 staat weergegeven een overzicht van de achterliggende oorzaak-gevolg relaties. In de rest van deze paragraaf worden de oorzaak-gevolg relaties kort toegelicht en wordt het voorkomen daarvan in Nederland beschreven.

2.1.2 Invloed van dierlijke mest op ruwwaterkwaliteit

Dierlijke mest bestaat uit organisch gebonden stikstof en ammonium. Beide stikstofvormen hechten goed aan bodembestanddelen en zijn daarom beperkt mobiel. Ze zijn echter ook niet goed beschikbaar voor planten. Dat worden ze pas nadat ze in de bovenste bodemlaag onder invloed van zuurstof zijn omgezet in het mobiele nitraat. Een deel van dit nitraat wordt door het gewas opgenomen en in biomassa vastgelegd. In organisch rijke bodems wordt het resterende deel onder invloed van organische stof omgezet naar stikstofgas en verdwijnt naar de atmosfeer, of het spoelt uit naar het grondwater. In bodems die weinig organische stof bevatten speelt dit proces van denitrificatie veel minder, en spoelt een groter deel van het gevormde nitraat uit naar het grondwater. Indien de reactiviteit van de ondergrond beperkt is, zal een deel van dit nitraat op termijn met het grondwater, dat de grondstof voor de productie van drinkwater vormt, opgepompt worden.

Een ongewenst effect van het proces van omzetting van organisch gebonden stikstof en ammonium naar nitraat (nitrificatie) is de vorming van zuur. Zonder maatregelen verzuurt hierdoor de bodem, zodat gewassen doorgaans minder goed wortelen en vaste aluminiumverbindingen, die in sommige bodems aanwezig zijn, in oplossing gaan. Om het ongewenste neveneffect van bodemverzuring tegen te gaan, wordt bemesting van kalkloze bodems meestal gecombineerd met bekalking. De toegevoegde kalk neutraliseert het vrijgekomen zuur, waarbij de kalk in oplossing gaat. Dit is één van drie de procesketens die aangejaagd wordt door mestgebruik en resulteert in een toename van de totale hardheid van het grondwater. De tweede procesketen betreft het, onder invloed van het vrijgekomen zuur, oplossen van kalk dat op veel plaatsen in Nederland *van nature* in de ondergrond aanwezig is. Hier is sprake van indien niet of onvoldoende bekalkt wordt, en kalkhoudend sediment of kalksteen in de ondergrond tussen de mestgift en de winning aanwezig is. De derde procesketen die resulteert in hoge hardheid is gerelateerd aan het voorkomen van pyriet (een ijzersulfide) in de ondergrond (zie hieronder).



FIGUUR 2-1: OORZAAK-GEVOLG SCHEMA VAN DE WIJZE WAAROP MESTGEBRUIK ZICH MANIFESTEERT IN HET RUWWATER VAN KWETSBARE GRONDWATERWININGEN IN DE VORM VAN VERHOOGDE CONCENTRATIES NITRAAT, ALUMINIUM, SULFAAT EN NIKKEL EN TOEGENOMEN TOTALE HARDHEID.

In een aantal gebieden in het zuiden en oosten van Nederland, vooral in de provincies Brabant, Overijssel en Drenthe, en op de Waddeneilanden, komt in de ondergrond pyriet voor. Pyriet is een ijzersulfide waaraan ook enkele zware metalen, zoals cadmium, kobalt, zink, arseen en nikkel gebonden kunnen zijn (Stuyfzand, 2015). Deze vaste stof is stabiel zolang het sediment anoxisch blijft, maar hij wordt omgezet in o.a. sulfaat en zuur bij blootstelling aan zuurstof of nitraat. Hierbij wordt nitraat omgezet in onschadelijk stikstofgas, maar gaat vrijwel altijd nikkel in oplossing, en soms ook andere zware metalen die in pyriet zijn vastgelegd. Onder invloed van het vrijgekomen zuur, lost kalk in het sediment op, met een stijging van de totale hardheid van het grondwater tot gevolg. De uitspoeling van nitraat naar het grondwater, en het daaropvolgende transport door pyriet-houdend sediment, resulteert in kenmerkend hoge sulfaat- en nikkelconcentraties en zeer hoge hardheid (Van Beek e.a., 2005). Grondwaterwinningen die via deze route beïnvloed worden door mestgebruik komen voor in o.a. Drenthe, Overijssel en Noord-Brabant. Ook op de Waddeneilanden staan grondwaterwinningen onder invloed van pyrietoxidatie, maar daaraan ligt vooral de toegenomen beluchting van de bovenste bodemlagen als gevolg van grondwaterstanddaling ten grondslag.

2.1.3 Invloed van kunstmest op ruwwaterkwaliteit

Kunstmest kan naast ammonium ook nitraat bevatten. De procesketens die ten grondslag liggen aan de invloed van kunstmestgebruik op de ruwwaterkwaliteit zijn dezelfde als bij dierlijke mest. Echter, een belangrijk verschil is dat bij gebruik van kunstmest minder organische stof wordt toegevoegd. Hierdoor is de omzetting van nitraat naar onschadelijk stikstofgas afhankelijk van andere aanvoerroutes van organische stof, of van de voorraad organische stof die is opgebouwd tijdens vaak eeuwenlange bodemvorming. Bovendien, zo stellen sommige onderzoekers, kan de bodemkwaliteit door het uitputten van kwalitatief hoogwaardige organische stof op de lange termijn dermate ver afnemen, dat een groter deel van de mestgift uit zal spoelen naar het grondwater. Merk op dat ook kunstmest enkele bijmengselen kan bevatten, zoals natrium, kalium, sulfaat en zware metalen. De belasting van grondwater met deze elementen is meer of minder ongewenst in relatie tot drinkwaterproductie.

2.1.4 Slotopmerkingen

In de vorige paragraaf zijn beschreven de mogelijke invloeden van mestgebruik op de diepe grondwaterkwaliteit als gevolg van de uitspoeling van nitraat en andere mestgerelateerde stoffen naar het grondwater. Naast deze directe belasting van het grondwater, kan mestproductie en -gebruik indirect, als gevolg van vervluchtiging van ammoniak, leiden tot verhoogde concentraties aan mestgerelateerde parameters in grondwater. Deze luchtverontreiniging komt door 'uitval' als droge stof, of opgelost in regendruppels weer op de bodem terecht (atmosferische depositie), en vormt zodoende een additionele bron van stikstof en het kan bijdragen aan bodemverzuring. Ook deze stikstofvormen dragen bij aan de mestinvloeden op de ruwwaterkwaliteit zoals beschreven in Figuur 2-1.

Mestgebruik kan resulteren in een verslechtering van de ruwwaterkwaliteit als gevolg van het doorslaan van nitraat, het oplossen van kalk of het oxideren van pyriet dat van nature in de ondergrond aanwezig is. Deze processen kunnen echter ook in gang gezet worden door andere invloeden, zoals verzuring als gevolg van zuurdepositie gerelateerd aan het gebruik van fossiele brandstoffen, of gedaalde grondwaterstand als gevolg van toegenomen drooglegging. Een verslechterde ruwwaterkwaliteit als gevolg van verhoogde nitraat-, sulfaat of nikkelconcentraties, of een verhoogde totale hardheid, is daarom niet uitsluitend het gevolg mestgebruik. Echter, mestgebruik heeft daar in de meeste gevallen wel een aanzienlijk aandeel in. Een landelijk beeld ontbreekt echter van het aandeel dat mestgebruik

heeft in de problematiek die drinkwaterbedrijven met bovengenoemde kwaliteitsparameters ondervinden.

2.2 Voorkomen van mestgerelateerde problemen in Nederland

2.2.1 Algemeen

Formeel gezien wordt de mate waarin de invloed van mestgebruik op de ruwwaterkwaliteit problematisch is, afgemeten op basis van algemeen geldende normen voor kwaliteitsparameters voor gemengd ruwwater. Hiervoor zijn vooral de normen voor nitraat, sulfaat en nikkel representatief (Tabel 1). Deze normen zijn opgenomen in het drinkwaterbesluit en ze zijn gebaseerd op gezondheidkundige, bedrijfstechnische en esthetische gronden.

De drinkwaterbedrijven hanteren echter vaak lagere streefwaarden voor deze kwaliteitsparameters dan de normen uit het drinkwaterbesluit. Dit om er voldoende zeker van te zijn dat aan de ruwwaternormen wordt voldaan, en zodoende met een kleinere meetinspanning kan worden volstaan om dit te monitoren. Voor nitraat, bijvoorbeeld, hanteren de drinkwaterbedrijven een streefwaarde van 25 mg/l in plaats van de norm van 50 mg/l. Bovendien hanteren de drinkwaterbedrijven naast de kwaliteit van het *gemengde* ruwwater uit meerdere pompputten, ook de kwaliteit van *individueel* ruwwater als grondslag voor de kwaliteitsbeoordeling. De reden daarvoor is dat drinkwaterbedrijven het verdelen van de onttrekkingshoeveelheid over de beschikbare onttrekkingsputten als maatregel gebruiken om probleemstoffen in de ene winput op te mengen met schoner grondwater uit andere putten. Dit heeft een gunstiger uitgangspositie voor de drinkwaterbereiding als resultaat. Een toenemende belasting van individueel ruwwater gaat ten koste van de flexibiliteit om deze maatregel in te zetten, en vereist bovendien een grotere meetinspanning en een hogere inspanning om aan de streefwaarden te kunnen blijven voldoen (meer verdunning en eventueel monitoring).

Sinds enkele jaren heeft de overschrijdingsnorm voor totale hardheid geen officiële status meer (is geen onderdeel meer van het drinkwaterbesluit). De drinkwaterbedrijven hanteren echter nog steeds hardheidsnormen als streefwaarden, ook al zijn deze bedrijfsspecifiek. Het gebruik van streefwaarden voor de totale hardheid van ruwwater is in stand gehouden vanwege de hoge kosten voor ontharding van het ruwwater als onderdeel van het drinkwaterproductieproces, en de grondstoffen die daarvoor nodig zijn. Ontharding is een gangbaar onderdeel van het drinkwaterproductieproces, omdat de kosten van centrale ontharding ruimschoots opwegen tegen de maatschappelijke kosten als gevolg van hard leidingwater, bijvoorbeeld als gevolg van kalkaanslag in warmwatervoorzieningen.

TABEL 1 RUWWATERNORMEN VOOR NITRAAT, TOTALE HARDHEID, SULFAAT EN NIKKEL VOLGENS HET DRINKWATERBESLUIT.

Stof	Norm	Status	Grondslag
Nitraat	50 mg/l	Drinkwaterbesluit	Gezondheidskundig
Totale hardheid	2,5 mmol/l	Geen	Bedrijfstechnisch, esthetisch
Sulfaat	150 mg/l	Drinkwaterbesluit	Bedrijfstechnisch, esthetisch
Nikkel	20 µg/l	Drinkwaterbesluit	Gezondheidskundig, esthetisch

2.2.2 Mestproblematiek in de lössregio van Zuid-Limburg

De lössregio van Zuid-Limburg wordt gekarakteriseerd door (zeer) diepe grondwaterstanden en kalkrijke bodems en gesteente (kalksteen), die bijzonder arm zijn aan organische stof. Hierdoor is de grondwaterkwaliteit zeer gevoelig voor mestinvloeden als gevolg van uitspoelend nitraat én het oplossen van kalk onder invloed van zuren die bij de mineralisatie van organische mest en de nitrificatie van ammonium oplossen (Van Beek e.a., 2005). Door de diepe grondwaterstanden is de reistijd van het uitspoelende nitraat naar het grondwater lang, zodat effecten op de grondwater- en ruwwaterkwaliteit zich zeer vertraagd manifesteren.

Als gevolg van deze setting zijn de kalksteenwinningen in Zuid-Limburg bijzonder gevoelig voor de effecten van mestgebruik, die zich als verhoogde concentraties aan nitraat en Ca+Mg (totale hardheid) manifesteren. Volgens Van Loon en Fraters (2016) zijn gedurende de periode 2000-2015 in 5 verschillende winningen normoverschrijdingen van nitraat in individueel ruwwater aangetroffen (Figuur 2-2).

2.2.3 De zuidelijke zandregio

De ondergrond van de zuidelijke zandregio van Noord- en Midden-Limburg en Noord-Brabant wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van meerdere, dikke watervoerende pakketten, die onderling van elkaar gescheiden worden door weerstandbiedende kleilagen. De drinkwaterbedrijven WML en Brabant Water benutten steeds meer de diepere watervoerende pakketten voor het winnen van grondwater. Dit is onder andere ingegeven vanuit de gedachte dat kwaliteitseffecten gerelateerd aan menselijke activiteiten aan maaiveld als gevolg van bodempassage en menging sterk gedempt tot uiting komen in diepere grondwaterwinningen. Tevens komen deze kwaliteitseffecten sterk vertraagd tot uiting, doordat de reistijd van grondwater globaal gezien toeneemt met de diepte van de winning. Uit een analyse van isotopenconcentraties in het ruwwater van grondwaterwinningen van Brabant Water blijkt dat de grondwaterwinningen in Noord-Brabant een aanzienlijk deel grondwater onttrekken met een leeftijd van 100 tot 1000 jaar, of zelfs ouder (Broers en De Weert, 2015).

De ondergrond van de zuidelijke zandregio bevat echter ook pyriet houdende sedimenten, die onder invloed van nitraat oxideren waarbij pyriet in oplossing gaat. Denitrificatie onder invloed van pyriet is een van de processen die er toe leidt dat nitraat niet meer voorkomt in de diepere watervoerende lagen van de zuidelijke zandregio (Van Beek e.a., 2005). Om dezelfde reden worden daar echter wel verhoogde concentraties sulfaat en nikkel waargenomen. In twee Brabantse winningen (Vierlingsbeek en Boxmeer) was de negatieve invloed op de ruwwaterkwaliteit dermate hoog, dat dit voor Brabant Water één van de redenen was om te besluiten tot het afstoten van deze winningen. In een aantal middeldiepe winningen van Brabant Water zijn de problemen minder ernstig, maar wordt een gestaag stijgende sulfaatconcentratie in het ruwwater waargenomen (Castelijns, 2012; Figuur 2-2).

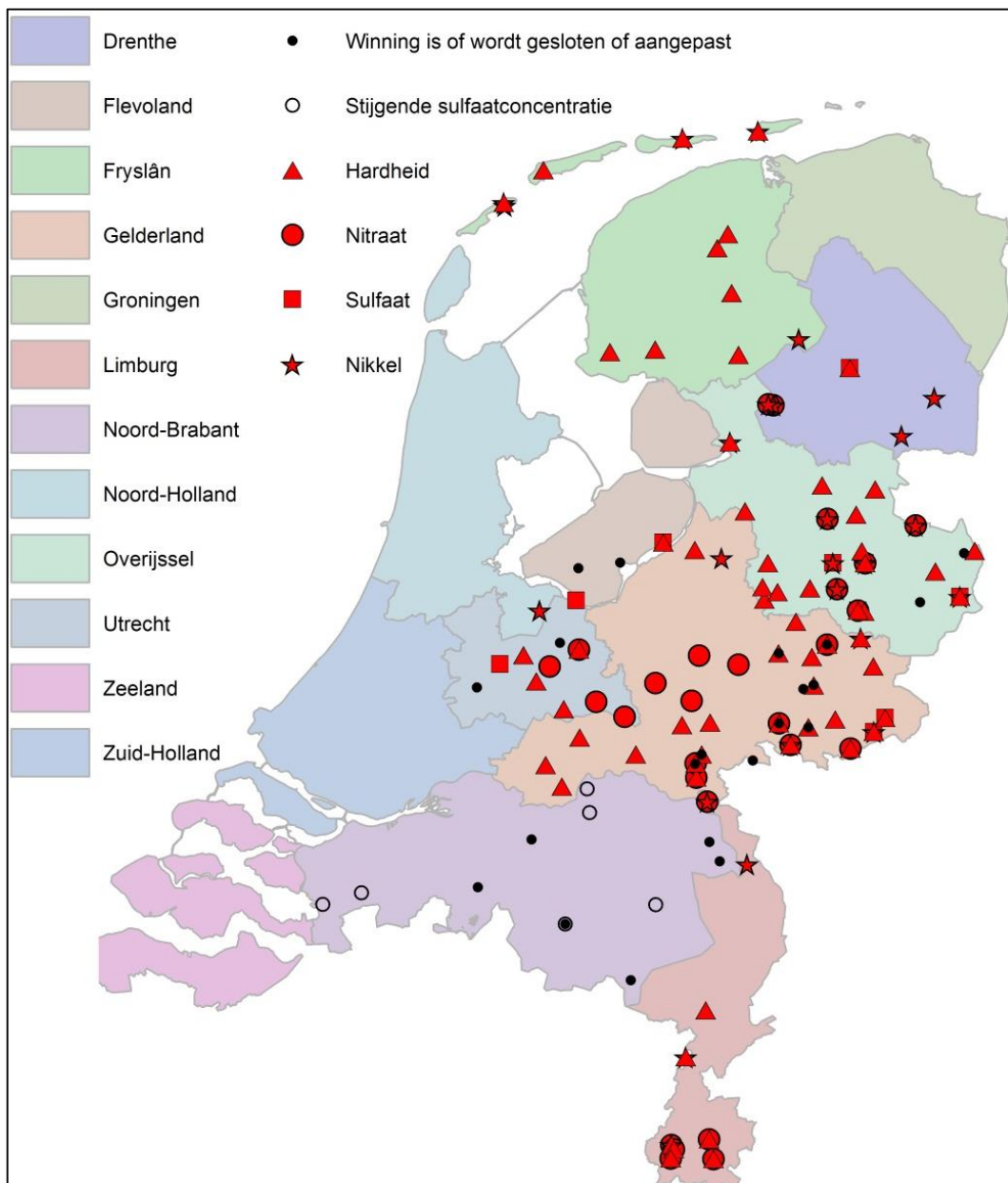
2.2.4 De centrale zandregio en rivierengebied

De centrale zandregio wordt gekenmerkt door grote stuwwallen die een dik watervoerend pakket van kalkarm zand vormen. De bodems van de stuwwallen zijn van nature arm aan organisch materiaal en pyriet houdende sedimenten komen daar niet in de ondergrond voor. Als gevolg van deze omstandigheden leidt mestgebruik hier tot verhoogde nitraatconcentraties in het grondwater, ook op grotere diepte (Van Beek e.a., 2005). De drinkwaterbedrijven ondervinden in deze regio dan ook hinder van mestgebruik als gevolg van verhoogde nitraatconcentraties in het ruwwater. Gedurende de periode 2000-2015 zijn in deze regio in 5 winningen norm-overschrijdende nitraatconcentraties in individueel ruwwater waargenomen (Van Loon en Fraters, 2016; Figuur 2-2).

De centrale zandregio wordt doorsneden door het veel nattere rivierengebied. Daar zijn de bodems rijk aan organische stof, en is meer kalk in de ondergrond aanwezig. Als gevolg van denitrificatie onder invloed van organische stof komt mestgebruik hier niet tot uiting in verhoogde nitraatconcentraties in het grondwater, maar wel als verhoogde totale hardheid door het oplossen van kalk (Van Beek e.a., 2005). Mestgebruik heeft hier bijgedragen aan de hoge totale hardheid die in veel winningen in het rivierengebied wordt waargenomen (Van Loon en Fraters, 2016; Figuur 2-2).

2.2.5 De oostelijke en noordelijke zandregio

De oostelijke zandregio wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van één of twee watervoerend pakketten met geringe dikte. Hierdoor kan grondwater daar enkel gewonnen worden uit ondiepe winningen, waar grondwater met een beperkte reistijd wordt opgepompt. Het gevolg is dat de gevolgen van mestgebruik daar relatief snel tot uiting komen in de ruwwaterkwaliteit. De ondergrond van de oostelijke zandregio is kalkrijk en bevat pyriet houdende sedimenten. Hierdoor hangen de effecten van mestgebruik op de diepe grondwaterkwaliteit samen met de oxidatie van pyriet en het oplossen van kalk onder invloed van het zuur dat daarbij vrij komt. De gevolgen van mestgebruik manifesteren zich dan ook in verhoogde concentraties aan sulfaat en nikkel (indien de ondergrond verzuringsgevoelig is door een laag kalkgehalte) en verhoogde totale hardheid van het grondwater (Van Beek e.a., 2005). In een aantal winningen zijn de verhogingen dermate groot dat ze hebben geleid tot normoverschrijdingen van een of meerdere van deze kwaliteitsparameters (Van Loon en Fraters, 2016; Figuur 2-2).



FIGUUR 2-2: WATERWINNINGEN WAAR GEDURENDE DE PERIODE 2000-2015 NORMOVERSCHRIJDINGEN VOOR NITRAAT, TOTALE HARDHEID, SULFAAT OF NIKKEL IN HET RUWWATER VAN INDIVIDUELE WINPUTTEN ZIJN WAARGENOMEN. TEVENS ZIJN DE WINNINGEN WEERGEGEVEN DIE O.A. VANWEGE INVLOED VAN MESTGEBRUIK RECENTELIJK ZIJN GESLOTEN OF AANGEPAST OF WORDEN GESLOTEN. VOOR DE PROVINCIE BRABANT ZIJN TEVENS DE WINNINGEN WEERGEGEVEN MET STIJGENDE SULFAATCONCENTRATIES (CASTELIJNS, 2012). BRON: VAN LOON EN FRATERS, 2016.

3 Gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid

3.1 Overzicht

3.1.1 Bestaande gebiedsgerichte samenwerkingsprojecten in grondwaterbeschermingsgebieden

De afgelopen jaren zijn in diverse grondwaterbeschermingsgebieden verspreid over zuid- en oost-Nederland diverse pilotprojecten met gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid gestart. In deze projecten participeerden het drinkwaterbedrijf, een wisselend aantal agrariërs, variërend van 15 (Bufferboeren, Noord Brabant) tot 200 (Vruchtbare Kringloop Achterhoek, Gelderland) en andere belanghebbenden zoals de provincie. De gemeenschappelijke deler tussen deze samenwerkingsprojecten is dat ze beogen bij te dragen aan het beperken van de stikstofuitspoeling uit agrarische percelen door het verbeteren van de bestaande landbouwpraktijk, zonder dat dit ten koste gaat van het bedrijfsrendement. Hierbij worden verschillende sporen gevolgd, namelijk

- (1) betere kennisbenutting en -vergaring, o.a. door advisering door onafhankelijke experts,
- (2) bewustwording van de stikstofverliezen in verschillende stappen van de bedrijfsvoering, o.a. op basis van de Kringloopwijzer,
- (3) verbeteren en demonstreren van innovatieve bodembewerking en bemestingstechnieken, en
- (4) de teelt van andere gewassen of het verbeteren van de effectiviteit van vanggewassen.

In Bijlage A worden vier pilotprojecten nader omschreven, namelijk (1) Bufferboeren (Brabant), (2) Vruchtbare Kringloop Achterhoek (Gelderland), (3) Boeren voor drinkwater (Overijssel) en (4) Duurzaam Schoon water (Limburg)

3.1.2 Werkende mechanismen en gebiedsgerichte maatregelen

Naast de lopende pilotprojecten binnen grondwaterbeschermingsgebieden, staan de mogelijkheden voor het verbeteren van de agrarische praktijk in de belangstelling, omdat ze een bijdrage kunnen leveren aan het verminderen van de stikstof- en fosforbelasting van oppervlaktewater (Groenendijk e.a., 2016). Voor beide beleidskaders geldt dat gebiedsgerichte maatregelen bij kunnen dragen aan het verminderen van stikstofuitspoeling indien:

- (1) de mestgift wordt verlaagd, door overdosering te voorkomen,
- (2) de mestgift volledig wordt opgenomen, bijvoorbeeld door de groeiomstandigheden van gewassen te verbeteren of de bodemkwaliteit te verbeteren zodat meststoffen langer worden vastgehouden en daardoor langer beschikbaar zijn voor gewasopname,
- (3) Het stikstofoverschot wordt afgevangen door het onderscheppen van het uitspoelingswater met geavanceerde drainagetechnieken of agrarische beregeningsputten, en
- (4) De omzetting van nitraat naar stikstofgas (denitrificatie) te bevorderen door het aanvoeren van (vloeibaar) organische stof onder de wortelzone.

Voor deze werkende mechanismen zijn op basis van een screening van literatuur (WaardeNetwerken Provincie Limburg, Groenendijk e.a. (2016), Schouwman e.a. (2012), de negen meest relevante en onderling onderscheidende categorieën van maatregelen gedefinieerd. Deze maatregelcategorieën zijn in Tabel 2 weergegeven. In de volgende paragrafen worden deze maatregelen kort beschreven, wordt ingegaan op de effectiviteit en het perspectief voor de drinkwatersector. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de aanvoer van organische stof onder de wortelzone, het nitraat teruggewinnen met agrarische beregeningsputten en andere vormen van irrigeren nog geen praktijktoepassing kennen.

TABEL 2: GEBIEDSGERICHTE MAATREGELEN EN WERKENDE MECHANISMEN DIE BIJ KUNNEN DRAGEN AAN HET VERMINDEREN VAN DE MESTPROBLEMATIEK DIE DE DRINKWATERSECTOR THANS ONDERVINDT.

Paragraaf	Maatregelcategorie	Beoogd werkend mechanisme			
		Mestgift verlagen	Verhogen gewasopname	Afvangen meststoffen	Omzetten meststoffen
3.2	Evenwichtsbemesting	x			
3.3	Precisie bemesting	x	x		
3.4	Andere gewassen		x		
3.5	Gewasmix/vanggewassen		x	x	
3.6	Bodemverbetering	x	x		
3.7	Aanpassen drainage			x	
3.8	Aanvoer van organische stof onder de wortelzone				x
3.9	Nitraat terugwinnen met agrarische beregeningsputten			x	
3.10	Andere vormen van irrigeren		x		

3.2 Evenwichtsbemesting

Werkend mechanisme

Met evenwichtsbemesting wordt bedoeld dat de hoeveelheid aangevoerde meststoffen op jaarbasis gelijk is aan de hoeveelheid meststoffen die door het gewas worden opgenomen. Doordat minder meststoffen worden aangevoerd, zullen de stikstofverliezen als gevolg van vervluchtiging van ammoniak naar de atmosfeer (resultierend in atmosferische stikstofdepositie) en de uitspoeling van nitraat naar het grondwater kleiner worden. De omvang van deze verliezen is afhankelijk van het soort meststof, het tijdstip van aanwenden van de mest, de verdeling van meststoffen over het perceel, de gewasbehoefte en het bodemtype. Zelfs bij zorgvuldig uitgevoerde bemesting is evenwichtsbemesting voor stikstof niet haalbaar en bedraagt het verlies tenminste 15% (<http://agricconnect.nl/thema/wat-evenwichtsbemesting>). De Haan en Verstegen (2015) rapporteren dat prei (een uitspoelingsgevoelige teelt) een stikstofbenutting van 60% heeft, en dat gewasresten die achterblijven in de bodem en groenbemesters 30% van de stikstofbehoefte van deze teelt kunnen opleveren.

Desalniettemin kunnen vooral veehouders efficiënter met stikstof omgaan, door de bemesting zo optimaal mogelijk af te stemmen op de behoeften van het gewas. Op basis van informatie over de stikstofvoorraad in bodemorganische stof in het voorjaar, de bodemnalevering, en nalevering van stikstof uit eerder toegediende mest en gewasresten kan de stikstofbemesting worden verfijnd (Schouwman e.a., 2012). Voor veehouders is het tevens noodzakelijk dat inzicht wordt verkregen in de mineralenbalans en benuttingscijfers van hun bedrijf, zodat bedrijfsspecifiek inzicht ontstaat in de belangrijkste verliesposten.

Om dit inzicht op te bouwen zijn de ExcretieWijzer en de KringloopWijzer ontwikkeld en via internet toegankelijk gemaakt. De waarde van de KringloopWijzer heeft zich in diverse samenwerkingsprojecten tussen drinkwaterbedrijven en agrariërs bewezen.

Effectiviteit

Uit diverse samenwerkingsprojecten tussen agrariërs en drinkwaterbedrijven is gebleken dat de KringloopWijzer goede ondersteuning biedt bij het optimaliseren van de mestgift op bedrijfsniveau. De algemene perceptie is dat met deze aanpak het mestoverschot in een aantal grondwaterbeschermingsgebieden binnen enkele jaren is gedaald. Zo heeft het project Boeren voor drinkwater, waar de o.a. werd gestreefd naar evenwichtsbemesting, geleid tot een afname van de stikstofconcentratie in het grondwaterbeschermingsgebied van Hoge Hexel geleid tot een afname van de nitraatconcentratie in het uitspoelingwater van 90 mg/l naar 67 mg/l. In de 3 andere grondwaterbeschermingsgebieden was een eenduidig dalende trend minder goed waarneembaar (Bijlage A), waarschijnlijk als gevolg van weersinvloeden (Van den Brink e.a., 2016). Volgens Schouwman e.a. (2012) heeft een verbeterde mineralenmanagement op basis van de Kringloopwijzer op de proefboerderij De Marke geleid tot een 50% lager stikstofoverschot in vergelijking met andere bedrijven op droog zand.

Volgens Schouwman e.a. (2012) kan stikstofbemesting efficiënter worden ingezet op basis van informatie over de nalevering van stikstof uit de bodem, eerder toediende mest en gewasresten. Deze auteurs stellen dat het stikstofoverschot daarmee met 10% kan worden teruggebracht. Hiervoor is een gedetailleerder bemestingsplan dan de globale plannen die de meeste bedrijven hebben noodzakelijk. Aanvullend is een verplichte mestverwerking in de veehouderij nodig om van de mestoverschotten af te komen.

Perspectief voor de drinkwatersector

Het optimaliseren van de bemesting van gewassen op basis van kennis over de stikstofbalans van het bedrijf als geheel en de bodem specifiek is een maatregel die breed toepasbaar is. De verwachting is dat kennis-gedreven bemestingsplannen op perceelsniveau een significante (>5%) levering bijdrage kan aan het verminderen van het stikstofoverschot in de landbouw. Een betere mineralenbeheersing van veeteeltbedrijven op basis van de Kringloopwijzer kan tot wel 50% afname van het stikstofoverschot op bedrijfsniveau opleveren. Om het volledige potentieel van deze aanpak te verzilveren is een gebiedsbrede aanpak (intrekgebieden) noodzakelijk, die minder uitgaat van vrijwilligheid dan de huidige samenwerkingsprojecten in grondwaterbeschermingsgebieden. Met andere woorden, evenwichtsbemesting, of in ieder geval een kennis-gedreven bemestingspraktijk, zou binnen de intrekgebieden van grondwaterwinningen gemeengoed moeten worden, eventueel ondersteund met actief beleid van verantwoordelijk overheden. De informatie, kennis en tools zijn hiervoor reeds voorhanden.

3.3 Precisie bemesting

Werkend mechanisme

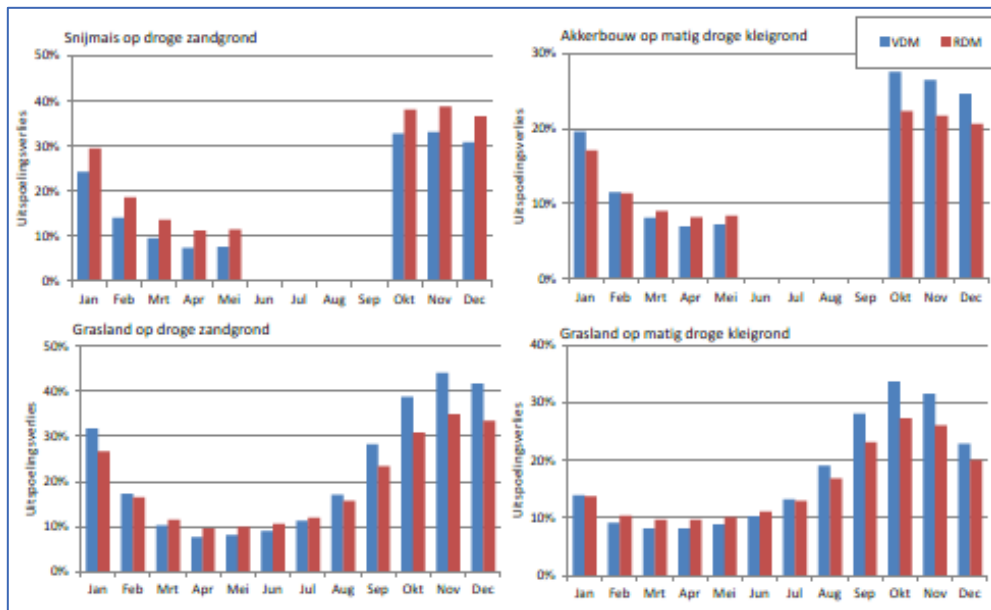
Bij conventionele, volveldse bemesting gaat een deel van het aangevoerde stikstof verloren door uitspoeling naar het grondwater, doordat een deel van de mestgift (a) buiten de invloedssfeer van het gewas plaats vindt (bij rijenteelt), of (b) beschikbaar komt voor het gewas in tijden dat de opname kleiner is dan de beschikbaarheid van stikstof. Andersom beredeneert, zou de nitraatuitspoeling dus verkleind kunnen worden ten opzichte van conventionele bemesting, door de mestgift beter af te stemmen op de behoeften van het zich ontwikkelende gewas. Dit houdt in dat de mestgift doelgericht, door precisiebemesting, wordt toegediend binnen de invloedssfeer van de wortels (bv rijenbemesting bij rijenteelt) en in tijden dat de mestgift optimaal beschikbaar komt voor het gewas. Meststoffen worden dan efficiënter benut, zodat bij gelijkblijvende bemesting minder stikstofverliezen naar het grondwater optreden. Een aantal van deze bemestingsmethoden is reeds gemeengoed, zoals rijenbemesting van kunstmest in de maisteelt, terwijl andere methoden in opkomst zijn, zoals rijenbemesting met dierlijke mest.

Effectiviteit

Betere timing van de mestgift

Velthof e.a. (2013) beschrijven op basis van een eenvoudig mineralisatiemodel de relatie tussen de maand van bemesting met dierlijke mest (varkens en runderen) en de uitspoelingsverliezen van stikstof (zie Figuur 3-1). Uit deze modelresultaten blijkt dat bij bemesting in het najaar (september-december) 22-43% van de stikstofgift verloren gaat door uitspoeling, terwijl bij bemesting in het voorjaar (maart-juni) dat ongeveer 8-13% is.

De modelresultaten van Velthof e.a. (2013) geven ook aanwijzingen dat het uitrijden van drijfmest over grasland en bouwland aan het begin van het tijdsvenster waarbinnen dat is toegestaan (1 of 14 februari) tot grotere uitspoelingsverliezen leidt, dan als dat twee maanden later wordt gedaan (april). Door de mestgift uit te stellen van de start van het mestseizoen tot het moment met minimale uitspoeling, kan de stikstofuitspoeling met 2-7% beperkt worden. Schouwman e.a. (2012) rapporteren soortelijke effectiviteit voor de proefboerderij De Marke. Deze auteurs geven aan dat een betere timing van bemesting vooral effectief kan zijn voor grasland, omdat daarmee de stikstofbenutting met 5% kan worden verhoogd, zodat het stikstofoverschot met 5-10% afneemt.



FIGUUR 3-1: HET DEEL VAN EEN DOSERING DIERLIJKE MEST DAT VERLOREN GAAT DOOR UITSPOELING ALS FUNCTIE VAN DE MAAND WAARIN DE DOSERING PLAATSVINDT. (VDM STAAT VOOR VARKENDRIJFMEST EN RDM STAAT VOOR RUNDERDRIJFMEST). BRON: VELTHOF E.A. 2013.

Rijenbemesting

Schröder e.a. (2015) geven aan dat voor sommige teelten efficiënter met meststoffen om kan worden gegaan door over te schakelen van volveldse bemesting naar rijenbemesting. Deze auteurs stellen dat met rijenbemesting van “gewassen met een krappe N-voorziening” een besparing van 28% kunstmest of 34% rundveedrijfmest kan worden bereikt ten opzicht van volveldse bemesting, zonder dat dat ten koste gaat van de gewasopname.

Rijenbemesting levert vrijwel zeker een positief resultaat op voor snijmaïs op zandgronden en mogelijk ook voor een aantal andere gewassen, zoals suikerbieten en broccoli. In de teelt van snijmaïs bleek rijenbemesting met drijfmest niet zo effectief te zijn als rijenbemesting met kunstmest. Voor aardappelen, bijvoorbeeld, zijn de resultaten uit veldproeven wisselend, zodat daar geen algemeen geldend advies voor de afname van de stikstofgift kan worden opgesteld (Van Geel, 2015). Volgens Schouwman e.a. (2012) kan rijenbemesting bij maïs een besparing van ongeveer 20 kg stikstof per hectare opleveren. Rijenbemesting kan dus bijdragen aan het beperken van de stikstofuitspoeling naar het grondwater bij de teelt van akkerbouwgewassen, maar de effectiviteit is wisselend en afhankelijk van een groot aantal factoren.

Perspectief voor drinkwatersector

Een op maat gesneden dosering en timing van meststoffen kunnen voor een aantal teelten resulteren in een aanzienlijke afname van de nitraatuitspoeling naar het grondwater. Schattingen lopen uiteen van zo'n 8% tot ruim 30% afname. De maatregel is echter, als aanvulling op de reeds geldende voorschriften, niet op alle gewassen toepasbaar. Bovendien is de effectiviteit van deze maatregel afhankelijk van een groot aantal factoren, en zal deze ook in de tijd variëren. Een deel van de winst kan namelijk verloren gaan doordat de meest gunstige timing, en daarmee de effectiviteit van de maatregel, niet altijd goed te voorspellen is. De toepassing van deze maatregel vereist daarom maatwerk op basis van grondig inzicht

in de relatie tussen de timing en plaatsing van de mestgift enerzijds en de stikstofuitspoeling anderzijds. Deze relatie is o.a. afhankelijk van het type gewas, het ontwikkelstadium van het gewas, de bodemsoort en het type mest.

Omdat de uitwerking van precisiebemesting afhankelijk is van tal van factoren is de totale bijdrage aan het verminderen van de stikstof- en zuurbelasting van het grondwater dat op termijn wordt opgepompt door de drinkwaterbedrijven niet bekend. Wel ligt het in de lijn der verwachting dat deze maatregel bij kan dragen aan het verminderen van de stikstofuitspoeling naar het grondwater met zo'n 5-10% op perceelsniveau. Naarmate deze maatregel op grotere schaal wordt ingevoerd en effectief blijkt, kan een grotere bijdrage worden geleverd aan het oplossen van de mestproblematiek die de drinkwaterbedrijven ondervinden. Hiervoor is het noodzakelijk om innovaties op het gebied van precisiebemesting tot gangbare praktijkuitvoering te laten komen. In de praktijk betekent dit, dat mestmachines aangepast moeten worden en de mestopslag vergroot. Grootschalige toepassing is daarom pas mogelijk nadat deze investeringen zijn gedaan.

3.4 Andere gewassen en andere teelttechnieken

Werkend mechanisme

Hoge nitraatconcentraties in ondiep grondwater zijn vaak gerelateerd aan de teelt van akker- en tuinbouwgewassen op uitspoelingsgevoelige gronden. Vooral vollegrondsgroenten staan bekend om de beperkte opname-efficiency van meststoffen, met als gevolg grote stikstofverliezen door uitspoeling van nitraat naar het grondwater. Zo rapporteren Hooijboer e.a. (2014) dat de nitraatconcentraties in het grondwater onder percelen met vollegrondsgroenten op uitspoelingsgevoelige bodems van 12 bedrijven in de periode 2007-2010 zonder uitzondering hoger was dan 80 mg/l, terwijl het gemiddelde van de zandregio als geheel op zo'n 55-60 mg/l lag.

Door teelten die gepaard gaan met relatief hoge stikstofverliezen te vervangen door teelten die gepaard gaan met relatief lage verliezen, kunnen uitschieters in de uitspoeling van nitraat naar het grondwater voorkomen worden. Dit betekent dat uitspoelingsgevoelige teelten, zoals asperges, aardbeien, prei, bladgewassen en aardappelen (gedeeltelijk) vervangen worden door minder uitspoelingsgevoelige teelten, zoals wintertarwe. Volgens Schouwman e.a. (2012) kan ook het afwisselend telen van ondiep wortelende (bijvoorbeeld aardappelen en mais) en diep wortelende gewassen (granen, suikerbieten) bijdragen aan het beperken van de stikstofuitspoeling op lössgrond.

Voor sommige van deze teelten, zoals prei, aardbeien en enkele boomsoorten, bieden innovaties in de teelttechniek mogelijk een alternatief voor vervangen door andere gewassen. Deze teelten zijn namelijk geschikt om "los van de grond te telen". Dit betekent dat de gewassen groeien op een bodemlaag die door een water ondoorlatende folielaag gescheiden is van de diepere ondergrond (Groenendijk e.a., 2016). Hierdoor kan het uitspoelingswater worden afgevangen en hergebruikt of gezuiverd, zonder dat het grond- of oppervlaktewater met meststoffen wordt vervuild.

Effectiviteit

Volgens Groenendijk e.a. (2016) zou het vervangen van consumptieaardappelen door wintertarwe leiden tot een afname van de nitraatconcentratie in ondiep grondwater onder Brabantse akker- en tuinbouwgewassen van 69-83 mg/l naar 61-74 mg/l. Dit is een afname van 10-12%. Schouwman e.a. (2012) rapporteren dat het N-overschot tussen verschillende aardappelrassen tot 40 kg N/ha kan verschillen. Daarnaast stellen deze auteurs dat het telen van meer granen of omvormen van bouwland naar grasland bij kan dragen aan het beperken van het stikstofoverschot met 5 tot 15 kg.

Volgens Groenendijk e.a. (2016) zou het "uit de grond telen" van vollegrondsgroenten leiden tot een afname van de nitraatconcentratie in ondiep grondwater onder Brabantse akker- en tuinbouwgewassen van 69-83 mg/l naar 56-70 mg/l. Dit is een afname met 15-20 %. Volgens Schouwman e.a. (2012) is de afname van de belasting van het grondwater afhankelijk van veel factoren die nog niet voldoende onder controle zijn. Voorbeelden zijn de beheersbaarheid van ziekten en plagen, natriumgevoeligheid van gewassen en de kwaliteit van het ingaande water. Onderzoek en pilots moeten uitwijzen of deze teeltechniek financieel en technisch haalbaar lijkt.

Perspectief voor de drinkwatersector

Het aanpassen van teelten en teeltwisselingen kan een significante bijdrage (> 5%) leveren aan het verminderen van de stikstofuitspoeling naar het grondwater in de intrekgebieden van kwetsbare winningen. De exacte bijdrage is afhankelijk van de gewassen en de schaal waarop deze maatregel wordt toegepast. Specifiek kan het beperken van de teelt van uitspoelingsgevoelige gewassen (zoals vollegrondsgroenten) in de intrekgebieden van grondwaterwinningen potentieel een aanzienlijke bijdrage leveren aan het verminderen van de mestgerelateerde problematiek die de drinkwaterbedrijven in Zuid- en Oost-Nederland ondervinden. Gezien het beperkte aandeel van deze teelten in de totale landbouw, is de absolute bijdrage wellicht beperkt ten opzichte van de opgave om de stikstof- en zuurbelasting van het grondwater tot onder het kritieke niveau te brengen.

3.5 Gewasmix en vanggewassen

Werkend mechanisme

Veel gewassen worden in rijen geteeld, zodat akkerbouwgronden niet volvelds beworteld zijn. Hierdoor kan een deel van de mestgift de wortelzone passeren, zonder in contact te komen met plantenwortels. Tevens komt met de oogst van gewassen de stikstofopname vrijwel tot stilstand, zodat het achtergebleven nitraat niet meer opgenomen wordt. In beide gevallen is sprake van een mismatch tussen de mestgift en de opname van meststoffen van gewassen, met mogelijk een verhoogde uitspoeling van stikstof naar het grondwater tot gevolg. Door vanggewassen als "onderzaai" tussen de rijen te laten groeien, of "late-oogst"-gewassen (bv late aardappelrassen en suikerbieten) te vervangen door "vroeg-oogst"-gewassen (bv wintertarwe) gevolgd door de teelt van een vanggewas, kan de stikstofopname verhoogd, en de stikstofuitspoeling verlaagd worden. Door de toegenomen nalevering van stikstof te verrekenen met de kunstmestgift, kan de mestgift omlaag gebracht worden, zonder dat dit ten koste gaat van de stikstofbeschikbaarheid voor het gewas.

In het project Bufferboeren (Provincie Brabant) is ervaring opgedaan met de teelt van minder droogtegevoelige gewassen, doordat ze droogte-toleranter zijn of een beter doorworteling hebben. Voorbeelden van succesvolle gewasveranderingen zijn vermeld in Tabel 3 (Eekeren e.a., 2012).

TABEL 3: DROOGTEBESTENDIGE ALTERNATIEVEN VOOR GANGBARE TEELTEN DIE GETEST ZIJN IN HET PROJECT BUFFERBOEREN.

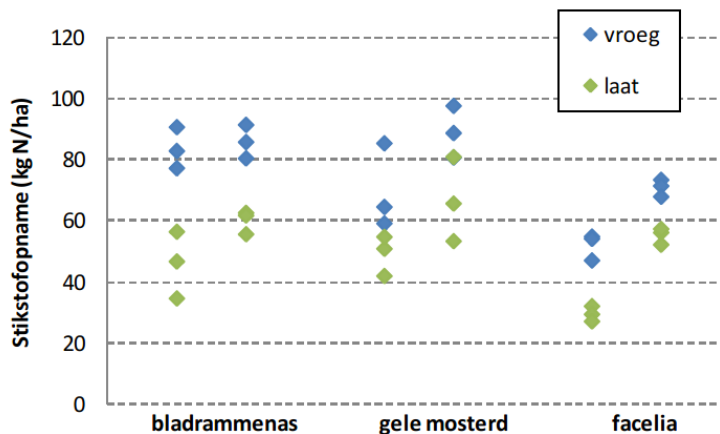
Gangbaar	Droogtebestendig alternatief
Standaard grasmengsel	Grasmengsel met Kropaar
Mais	Sorghum
Standaard grasmengsel	Gras met rode klaver
Engels raaigras	Rietzwenkgras

Effectiviteit

De Waele e.a. (2014) laten op basis van een uitvoerige literatuurstudie zien hoe effectief verschillende vanggewassen zijn voor het vastleggen van stikstof. Zo laten deze auteurs zien dat met een vroege bijzaai van vanggewassen veel effectiever stikstofoverschotten vastgelegd worden dan bij een late bijzaai van hetzelfde vanggewas (Figuur 3-2). Volgens deze auteurs kan een vroege bijzaai tot wel 30% meer stikstofopname leiden. De auteurs presenteren tevens resultaten waaruit blijkt dat vanggewassen gemiddeld zo'n 60 kg N/ha kunnen opnemen. Daarnaast wordt zo'n 20 kg N/ha opgenomen in ondergrondse biomassa die in de bodem achterblijft, zodat dit stikstof kan worden nageleverd aan het volgende gewas. Dit betekent dat met een vanggewas ongeveer 50% van het stikstofoverschot van cultuurland (148 kg N/ha over de periode 2012-2012, volgens Fraters e.a. (2016)) kan worden vastgelegd in biomassa.

Volgens Groenendijk e.a. (2016) zou het vervangen van late oogst gewassen door vroege oogst gewassen, gevolgd met de teelt van vanggewassen, leiden tot een afname van de nitraatconcentratie in ondiep grondwater onder Brabantse akker- en tuinbouwgewassen van 69-83 mg/l naar 60-71 mg/l. Dit is een afname van 13-14 %. Schouwman e.a. (2012) rapporteren een vergelijkbare afname, namelijk een daling van het stikstofoverschot tot 20 kg/ha. Groenendijk e.a. (2016) stellen dat de effectiviteit het hoogst is in het zuidelijk zandgebied, omdat de zandgronden daar het gevoeligst zijn voor stikstofuitspoeling. Voor de zeekleigebieden zijn de effecten klein of afwezig, omdat deze bodems van zichzelf al gunstige eigenschappen bezitten om meststoffen vast te houden.

De effectiviteit van vanggewassen neemt toe naarmate deze eerder bijgezaaid worden (De Waele e.a., 2014). Tijdens het project Boeren voor drinkwater (Provincie Overijssel) is aangetoond dat gras als vanggewas in de maisteelt effectiever wordt, indien het reeds tijdens de groei van het gewas wordt gezaaid (Brink e.a., 2016). Volgens Groenendijk e.a. (2016) is de effectiviteit het grootst indien eind augustus wordt gezaaid, en is een vanggewas dat gezaaid wordt na 15 oktober niet meer effectief. Vanggewassen kunnen daarom met name bijdragen aan het verminderen van stikstofverliezen indien vroege akkerbouwgewassen worden geteeld.



FIGUUR 3-2: STIKSTOFOPNAME DOOR DRIE VANGGEWASSEN VOOR VROEGE EN LATE ZAAI. BRON: HERMANS E.A., 2010 - IN DE WAELE E.A. (2014).

Perspectief voor de drinkwatersector

De teelt van vanggewassen is in een aantal gevallen reeds verplicht is, zoals na de teelt van snijmaïs op zand- en lössgrond en bij toepassing van dierlijke mest op bouwland in de maand augustus. De geraadpleegde literatuur geeft echter nog aanwijzingen dat vanggewassen effectiever en breder ingezet kunnen worden dan dat thans gangbaar is. Zo kan de effectiviteit van het vanggewas verhoogd worden door de bijzaai van vanggewassen in de teelt van maïs en granen te vervroegen. Daarnaast kan het gebruik van vanggewassen verbreed worden (op een groter areaal toegepast worden) door late-oogst gewassen te vervangen door vroege oogst gewassen, zodat cultuurland gedurende langere tijd begroeid blijft en de periode van stikstofopname door gewassen verlengd wordt. De effectiviteit van deze maatregel kan verder verhoogd worden door de mestgift te salderen met de extra nalevering van stikstof als gevolg van de teelt van het vanggewas.

3.6 Bodemverbetering

Werkend mechanisme

Hoge nitraatconcentraties in grondwater zijn vaak gerelateerd aan uitspoelingsgevoelige gronden, c.q. bodems met een laag organische stof gehalte, een diepe grondwaterstand en een suboptimale bodemstructuur voor worteling. Onder deze omstandigheden is zowel de tijdelijke vastlegging van stikstof in bodemorganische stof beperkt, als de opname door het gewas als gevolg van suboptimale groeiomstandigheden voor het gewas als geheel of voor de wortels in het bijzonder. Een laag organische stof gehalte bevordert de stikstofuitspoeling doordat ammonium minder goed aan zandkorrels dan aan organische stof (of leem, klei) blijft hangen, en stikstof in het bodemecosysteem wordt opgenomen. Een beperkte wortelingsdiepte beperkt de stikstofopname doordat mestgiften sneller door een dunnere en compactere (kleinere porositeit) wortelzone stromen.

Bodemverbetering is erop gericht om deze bodemeigenschappen te verbeteren, zodat stikstof langer in de bodem wordt vastgehouden en gewassen zich beter ontwikkelen en daardoor efficiënter met het aangevoerde stikstof omgaan. Een van de aspecten van bodemverbetering is het verhogen van het organische stof gehalte in de bodem. Hiermee worden het vochtvasthoudend vermogen van zandbodems en daarmee de

droogtebestendigheid van het gewas verbeterd. Hierdoor spoelt de mestgift minder snel uit naar het grondwater, zodat meststoffen langer beschikbaar blijven voor opname door het gewas. Een verhoging van het organische stofgehalte draagt ook bij aan een verbeterde droogteresistentie, zodat voorkomen wordt dat de stikstofbenutting afneemt als gevolg van droogteschade.

Naast het verhogen van het organische stof gehalte in de bodem, kunnen de volgende maatregelen geschaard worden onder bodem-verbeterende maatregelen:

- Het verbouwen van gewassen en rassen met een diepere beworteling, zodat de bodemstructuur en daarmee de bewortelbaarheid wordt verbeterd.
- Aanpassing van landbouwmachines (bv verlagen bandenspanning) om een goede bodemstructuur te behouden.

Deze maatregelen zijn in deze studie verder niet in beschouwing genomen.

Effectiviteit

Volgens een literatuurstudie van Groenendijk e.a. (2016) is het agrarisch stofgehalte in Nederlandse landbouwbodems sinds de jaren 1940/1950 stabiel gebleven of licht gestegen. Wel kan de kwaliteit van het organische stof achteruit gegaan zijn. Deze trend kan omgebogen worden met organische stofbemesting. Groenendijk e.a. (2016) berekenden met STONE dat bodemverbetering in Brabant kan leiden tot een afname van de nitraatconcentratie in ondiep grondwater onder akkerbouwpercelen van 10-15% en onder melkveehouderij met 6-23%. De spreiding in effectiviteit is het gevolg van grondwaterstanden. Volgens Schouwman e.a. (2012) kan door een beter bodembeheer op korte termijn het stikstofoverschot in de akkerbouw en de teelt van vollegrondsgroenten met maximaal 5% worden verlaagd. De effectiviteit op de langere termijn is onzeker en bedraagt maximaal 20% afname van het stikstofoverschot.

Een kanttekening bij de effectiviteit van organische stofbemesting in relatie tot stikstofuitspoeling naar het grondwater is dat het organische stof gehalte in bodems slechts zeer traag verandert. Volgens Groenendijk e.a. (2016) concludeert o.a. PPO uit onderzoek dat minimaal 10 jaar composten nodig is, voordat de nitraatuitspoeling afneemt. Op een proefbedrijf werd na 12 jaar aanvoeren van compost geconstateerd dat de opbrengsten stijgen en dat de nitraatconcentratie ruim aan de norm van 50 mg/l voldeed. In bedrijfssystemen zonder aanvoer van organische stof daalden de opbrengsten en bedroeg de nitraatconcentratie in de periode 2001-2013 meer dan 70 mg/l. Dit laatste is een indicatie dat bij te ver voortgeschreden uitputting van het kwalitatief hoogwaardige bodemorganische stof de stikstofuitspoeling toeneemt doordat stikstof minder goed door de bodem wordt vastgehouden.

De effectiviteit van organische stofbemesting is sterk afhankelijk van bodem- en bedrijfskenmerken, zodat onduidelijk is hoe representatief deze resultaten zijn voor andere situaties. Van Eekeren e.a. (2015) concluderen uit veldproeven met organische stofbemesting op basis van zeefgrond of groencompost dat jaarlijkse behandelingen gedurende minimaal 8 jaar noodzakelijk zijn om een duidelijk positief effect op de vochthuishouding van bouwlandgronden te bewerkstelligen. Groenendijk e.a. (2016) stellen dat empirische gegevens beperkt beschikbaar zijn, zodat goed onderbouwde kentallen en adviezen thans nog ontbreken.

Perspectief voor drinkwatersector

Maatregelen gericht op bodemverbetering door actief beheer van (de kwaliteit van) het organische stofgehalte is met wisselend succes op kleine schaal toegepast, en kan op de middellange termijn een positief effect hebben op de nitraatuitspoeling naar het grondwater. De effectiviteit van deze maatregel is nog niet goed bekend, en is afhankelijk van tal van factoren, waaronder de teelt, de grondwaterstand en het huidige organische stofgehalte. Vooral de effectiviteit op de lange termijn is nog onduidelijk, maar kan tot 20% afname van de stikstofuitspoeling opleveren. Een succesvolle toepassing vereist maatwerk en een doorlopende inspanning.

Vanuit het drinkwaterbelang beredeneert, heeft bodemverbetering op basis van organische stof bemesting als keerzijde dat met het organische stof ook extra zuur en mogelijk andere ongewenste stoffen, zoals gewasbeschermingsmiddelen, in het grondwater terecht komen. De aanvoer van zuren is in veel gevallen voor drinkwaterwinning een ongewenst bijeffect, omdat dit zuur leidt tot een toename van de totale hardheid van het grondwater door oplossen van kalk, of het uitlogen van metalen, zoals aluminium, bevordert. Dit is vooral het geval voor organische meststoffen waarin relatief hoge gehalten aan ammonium-N of ureum-N voorkomen. Een verdere toename van de totale hardheid van ruwwater is ongewenst, aangezien daarmee de kosten voor het ontharden van ruwwater toenemen, en het drinkwaterproductieproces meer grondstoffen zal vergen. Naast dat aangevoerd organische stof gewasbeschermingsmiddelen kan bevatten, kan het ook leiden tot de groei van meer onkruid (Schouwman e.a., 2012), zodat in sommige teelten mogelijk de behoefte aan onkruidbestrijdingsmiddelen toe zal nemen.

3.7 Optimaliseren waterhuishouding

Werkend mechanisme

Een achterblijvende gewasontwikkeling kan leiden tot een beperking van de gewasopname van meststoffen, met een verhoogde stikstofuitspoeling naar het grondwater tot gevolg. In Nederland speelt de waterhuishouding daar een grote rol in: als gevolg van tijdelijk te natte of te droge omstandigheden kan gewasschade ontstaan, zodat een deel van de mestgift niet meer ten goede komt aan het gewas. Hoewel met diverse waterhuishoudkundige ingrepen (drainage en beregening) de gewasproductie aanzienlijk is verbeterd, kunnen nog altijd perioden van watertekort of -overschot optreden. Een verdere optimalisatie van de waterhuishouding kan mogelijk bijdragen aan een optimale gewasopname, zodat een kleiner deel van de mestgift verloren gaat door uitspoeling naar het grondwater.

Een verdere optimalisatie van de waterhuishouding is mogelijk met de volgende technieken:

- (1) Regelbare drainage, een drainagetechniek waarbij het drainageniveau al naar gelang de behoefte van het gewas kan worden ingesteld, zodat grondwater langer wordt vastgehouden in droge perioden, en versneld wordt afgevoerd in natte perioden;
- (2) Klimaatadaptieve drainage, ofwel regelbare drainage waarbij de drainagehoogte geautomatiseerd en op basis van een beslissingsondersteunend beslissysteem wordt ingesteld, zodat optimaal kan worden ingespeeld op de weersverwachting;
- (3) Sub-irrigatie, een techniek waarbij zowel het drainageniveau, als de aanvoer van water kan wordt gereguleerd;
- (4) Plaatsen van stuwjes in kleinere watergangen om water langer vast te houden.

Effectiviteit

Volgens Groenendijk e.a. (2016) heeft het ombouwen van conventionele drainage naar regelbare drainage een afname van de stikstofuitspoeling op zandgronden van 62 naar 43 kg/ha/jaar tot gevolg. Dit is een afname van zo'n 30%. Het effect is echter sterk afhankelijk van de huidige grondwaterstand: naar mate de grondwaterstand verder wordt verhoogd, neemt de effectiviteit verder toe.

Kennis over de effectiviteit van deze maatregel is voornamelijk gebaseerd op verkennende modelberekeningen (bv Van Bakel e.a., 2007 en Van der Salm e.a. 2015), maar is noch goed gekwantificeerd, noch empirisch aangetoond.

Perspectief voor drinkwatersector

Sturing van de waterhuishouding op perceelschaal door middel van drainagetechnieken en oppervlaktewaterkunstwerken is alleen mogelijk in gebieden waar de grondwaterstand met de drains bereikt kan worden en droogval van waterlopen beperkt optreedt. Op de droge zandgronden waar de meeste grondwaterwinningen zich bevinden is daar slechts beperkt sprake van: de grondwaterstand is te diep om met drainage te kunnen sturen. Groenendijk e.a. (2016) gaan uit van een minimale grondwaterstand (GHG) van 80 cm-mv. Omdat de intrekgebieden van grondwaterwinningen doorgaans droger zijn (diepere grondwaterstanden) is het areaal waarop deze maatregel toepasbaar is beperkt. Desondanks is een verdere verkenning van de potentiële bijdrage van deze maatregel aan het beperken van de stikstofuitspoeling binnen intrekgebieden van kwetsbare grondwaterwinningen nuttig.

Voor de belasting van oppervlaktewater geldt tevens dat met regelbare drainage de reistijden en afvoerroutes van het uitspoelende water verlegd kunnen worden. Zo kan met regelbare drainage het infiltrerende water dieper de bodem indringen en in een zuurstofloos milieu terecht komen, zodat denitrificatie wordt bevorderd. Dergelijke werkende mechanismen zijn niet van toepassing voor de stikstofbelasting van de meeste drinkwaterbronnen, omdat de reistijden en stromingspatronen in de drogere gebieden nauwelijks te beïnvloeden zijn. Mogelijk biedt deze oplossing wel kansen voor waterwingebieden waar oppervlaktewater belast wordt met nitraat, dat vervolgens onder invloed van de winning infiltreert, en alsnog de winning belast.

3.8 Stimuleren van denitrificatie door doseren van organische stof

Nitraat kan in de bodem onder invloed van organische stof omgezet worden naar het onschadelijke stikstofgas (denitrificatie). Deze omzetting is echter niet gewenst in de wortelzone, maar wel daaronder. In het kader van het project Waarde Netwerken (Provincie Limburg) is hiervoor als mogelijke oplossing aangedragen het verhogen van het organische stof gehalte onder de wortelzone, zodat het nitrificerend vermogen van de ondergrond wordt versterkt. Dergelijke maatregelen waarbij actief wordt ingegrepen in het geochemische milieu dat in de diepe ondergrond heerst, worden ook ingezet voor het saneren van bodemverontreinigingen (puntbronnen). Het bevorderen van de afbraak van diffuse verontreinigingen, zoals meststoffen, in het grondwater vereist echter een grootschalige aanpak, zodat een centrale zuivering (bij de winning) goedkoper is.

3.9 Nitraat terugwinnen

In het project WaardeNetwerken dat in opdracht van de Provincie Limburg is uitgevoerd, wordt het terugwinnen van uitgespoeld nitraat genoemd als mogelijke maatregel om de stikstofbelasting van het grondwater te verminderen. De (onbekende) auteurs stellen zich dit voor als het oppompen van nitratrijk grondwater, dat vervolgens gebruikt wordt voor de irrigatie van gewassen. Hiermee kan een deel van het eerder uitgespoelde nitraat alsnog opgenomen worden door het gewas. Een efficiënte invulling van een dergelijke aanpak vereist dat beregeningsputten worden herplaatst naar locaties waar de nitraatconcentratie in het grondwater het hoogst is. Met andere woorden, deze maatregel is alleen effectief indien ondiepe beregeningsputten zijn geplaatst langs de route die het grondwater (met opgelost nitraat) in de ondergrond aflegt. De spreiding en diepteligging van bestaande beregeningsputten zijn suboptimaal of zelfs ongeschikt, omdat ze te diep zijn (tientallen meters) of grondwater afvangen dat niet in agrarisch gebied is geïnfiltreerd. Mogelijk zijn horizontale putten efficiënter in het afvangen van jong, nitratrijk grondwater dan conventionele verticale putten, maar horizontale putten kennen (nog) geen agrarische toepassing.

Voor succesvolle toepassing van deze maatregel is het bovendien vereist dat de mestgift aangepast wordt op de extra aanvoer van nitraat met het beregeningswater. Een Duitse modelstudie (Kubeck e.a.) laat zien dat bij een gelijkblijvende mestgift de stikstofbelasting van het grondwater juist toe kan nemen. De potentiële afname van de stikstofbelasting die met deze maatregel kan worden bereikt is onbekend, maar biedt voldoende perspectief voor een nadere verkenning.

3.10 Andere vormen van irrigeren

In het project Waardenetwerken dat in opdracht van de Provincie Limburg is uitgevoerd, wordt andere vormen van irrigeren benoemd als mogelijke maatregel om de stikstofuitspoeling naar het grondwater te verminderen. Maatregelen die daaronder geschaard worden zijn (1) telen op folie zodat regenwater opvangen en hergebruikt kan worden, en (2) toedienen van meststoffen via druppelirrigatie. De gedachte achter deze tweede maatregel is dat de groeiomstandigheden van gewassen worden geoptimaliseerd door optimale vochtvoorziening en "perfecte timing" van de mestgift. Mogelijk wordt daarmee tevens de uitspoeling van nitraat als gevolg van eventuele over-beregening voorkomen.

Een andere maatregel die geënt is op een andere vorm van irrigeren is het omschakelen van conventionele beregening naar sub-irrigatie. Bij sub-irrigatie wordt water via regelbare drainage in de bodem geïnfiltreerd, zodat het uitzakken van de zomergrondwaterstand wordt beperkt om voldoende capillaire nalevering voor optimale vochtvoorziening van het gewas te bewerkstelligen. Daarom wordt deze beregeningstechniek ook wel omgekeerde drainage genoemd. Doordat de watervoorziening van gewassen geregeld wordt door capillaire nalevering in plaats van door infiltratie van water, wordt mogelijk de uitspoeling van meststoffen beperkt. In ieder geval wordt de uitspoeling van stikstof naar het grondwater door over-beregening voorkomen.

De kennis en ervaring met bovengenoemde maatregelen is onvoldoende om op korte termijn perspectief voor de drinkwater sector te kunnen bieden. Wel is een verdere verkenning van de bijdrage van dergelijke maatregelen aan het beperken van de stikstofuitspoeling nuttig.

4 Synthese en advies

4.1 Noodzaak voor aanvullende maatregelen in het mestbeleid

Als gevolg van het meststoffenbeleid dat Nederland sinds de jaren 1990 voert, is het stikstofoverschot in de agrarische sector ongeveer gehalveerd (Fraters e.a., 2016). Hoewel de vooruitgang met het terugdringen van het stikstofoverschot de laatste jaren afvlakt, komt de milieudoelstelling voor nitraat in ondiep grondwater voor de zandregio in zicht (Fraters e.a. 2016). Ook binnen de Lössregio wordt vooruitgang geboekt, maar is de gemiddelde nitraatconcentratie met 75 mg/l fors hoger dan de doelstelling van 50 mg/l (Fraters e.a., 2016). De vooruitgang is ook minder groot voor de milieudoelstelling voor grondwater dat door de drinkwaterbedrijven in zuid- en oost-Nederland wordt opgepompt ten behoeve van de productie van drinkwater. Zowel Van Loon en Fraters (2016) als Claessens e.a. (2017) schatten onafhankelijk van elkaar dat in ongeveer 30 grondwaterbeschermingsgebieden de gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater hoger is dan de norm van 50 mg/l. In ongeveer 30 andere grondwaterbeschermingsgebieden wordt volgens beide rapporten maar net aan deze norm voldaan (40-50 mg/l). Bovendien berekenden Claessens e.a. 2017 dat deze nitraatnorm onder het huidige mestbeleid in 10 grondwaterbeschermingsgebieden ook in de toekomst (2026-2030) zal worden overschreden, en dat in 30 andere grondwaterbeschermingsgebieden ternauwernood (40-50 mg/l) aan deze norm zal worden voldaan.

Voor het behalen van de milieudoelstellingen voor grondwaterwinning voor drinkwaterproductie bestaat daarom een relatief grote restopgave ten opzichte van de opgave voor de zand- en lössregio als geheel. Dit hangt samen met de geografische positie van de kwetsbare grondwaterwinningen: op de zand- en lössgronden die als gevolg van diepe grondwaterstanden en een laag organische stofgehalte bijzonder gevoelig zijn voor stikstofuitspoeling. In veel gevallen worden de effecten van stikstofuitspoeling bovendien versterkt door de aanwezigheid van pyriet in de ondergrond. Pyrietoxidatie onder invloed van nitraat leidt tot sterk verhoogde concentraties aan sulfaat en nikkel en hoge hardheid in het ruwwater. Maatregelen voor het beperken van de stikstof- en zuurbelasting van het milieu, die specifiek gericht zijn op het grondwater dat na verloop van tijd wordt opgepompt door de drinkwaterbedrijven, kunnen daarom een bijdrage leveren aan het beheersbaar maken van de mestproblematiek die de drinkwaterbedrijven nog altijd of in toenemende mate ondervinden. Deze maatregelen dragen daar in de regel meer aan bij, naarmate het stikstofoverschot in het intrekgebied van de grondwaterwinning verder omlaag wordt gebracht. Bovendien zullen gebiedsgerichte maatregelen eerder effect sorteren, naarmate de maatregelen op een kortere reistijdafstand van de winning worden genomen. Desondanks duurt het meerdere jaren tot decennia voordat gebiedsgerichte maatregelen meetbaar effect zullen hebben op de ruwwatersamenstelling in de winningen.

4.2 Suggesties voor een gebiedsgerichte invulling van het mestbeleid

4.2.1 Algemeen

De afgelopen jaren zijn diverse gebiedsgerichte maatregelen in de praktijk getest en hun effectiviteit met modellen en proeven geschat. Deze maatregelen zijn o.a. evenwichtsbemesting (of optimaliseren van de mestgift), precisiebemesting, telen van andere gewassen, bijzaaien van vanggewassen en bodemverbetering. Op basis van de geraadpleegde literatuur is de verwachting dat deze maatregelen op perceelsniveau bij kunnen dragen aan het beperken van het stikstofoverschot met 5 tot 20% en in het uiterste

geval (bij optimale stikstofbemesting) tot 50% (Schouwman e.a. (2012), Groenendijk e.a. (2016)). Hoewel de bewijsvoering vaak nog beperkt is, ligt het in de lijn der verwachting dat met op maat gesneden combinaties van maatregelen een wezenlijke afname van het stikstofoverschot gerealiseerd kan worden. Omdat de werkelijke effectiviteit afhankelijk is van tal van lokale factoren, zoals bodemeigenschappen, teelt en bedrijfsvoering, vereist de implementatie van gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid bedrijfsspecifiek maatwerk. Bovendien kunnen deze maatregelen alleen een wezenlijke bijdrage leveren aan het oplossen van de mestproblematiek van de drinkwaterbedrijven, indien agrariërs op grote schaal en structureel hun bedrijfsvoering aanpassen. Met de bestaande samenwerkingsprojecten is hier een begin mee gemaakt, maar deze projecten schieten te kort wat omvang betreft en ze zijn gebaseerd op vrijwillige deelname van de agrariërs. Daarom dienen gebiedsgerichte maatregelen voor grondwaterbeschermingsgebieden, als aanvulling op het bestaande mestbeleid, onderdeel te worden van het landelijk beleid, zodat de implementatie op een voldoende grote schaal geborgd is.

Er bestaat een grote diversiteit aan mogelijke gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid, waarvan de effectiviteit niet even goed bekend is. Bovendien is de effectiviteit van veel maatregelen afhankelijk van tal van factoren, waaronder bodemtype, teelt en bedrijfstype. Daarom is het niet mogelijk om op voorhand in te schatten in hoeverre deze maatregelen op regionale schaal (bedrijfsoverstijgend) bij zullen dragen aan het beperken van de stikstofuitspoeling naar het grondwater. Daarom is het raadzaam om de effecten van deze maatregelen in het ondiepe en diepe grondwater goed en langdurig te monitoren. Effectmonitoring draagt enerzijds bij aan het toetsen van de vooruitgang in het realiseren van beleidsdoelen, en anderzijds aan het opschalen van effectieve maatregelen, c.q. innovaties zo snel mogelijk onderdeel te laten worden van de gangbare landbouwpraktijk. In de huidige samenwerkingsprojecten blijft de effectmonitoring onderbelicht, zodat het leerproces dat de deelnemende partijen doormaken niet optimaal uitgenut wordt.

In dit rapport worden tevens een aantal maatregelen beschreven die thans nog geen praktijktoepassing kennen, of waarvan de effecten op de stikstofuitspoeling nog onvoldoende bekend zijn. Deze maatregelen zijn het optimaliseren van de waterhuishouding, het stimuleren van denitrificatie onder de wortelzone, nitraat terugwinnen door beregening en andere vormen van irrigeren. Hun potentiële bijdrage aan het verminderen van de stikstofuitspoeling is hierdoor niet bekend en de praktische uitvoerbaarheid onzeker. Daarom zijn deze maatregelen niet geschikt om een aanvulling op het huidige mestbeleid te vormen. Wel is het nuttig om deze maatregelen nader te verkennen en in de praktijk te testen.

4.2.2 Kringloopwijzer en bemestingsadviezen

Enkele pilotprojecten geven aanwijzingen dat de KringloopWijzer een geschikt hulpmiddel voor agrariërs is om inzicht te krijgen in de stikstofverliezen van hun bedrijf. Door hun bedrijfsvoering op deze verliesposten aan te passen kon een hoger bedrijfsrendement worden behaald, terwijl de stikstofuitspoeling afnam. Deze aanpak kan een wezenlijke bijdrage leveren aan het beperken van de mestproblematiek aangezien hij breed toepasbaar is en de potentie kan hebben om tot de gangbare agrarische praktijk uit te groeien. Met andere woorden, deze ondersteuning van de bedrijfsvoering heeft de potentie om gemeengoed in de agrarische sector te worden, zodat grootschalige toepassing (binnen en buiten grondwaterbeschermingsgebieden) mogelijk is.

Praktijkproeven geven verder aanwijzingen dat de effectiviteit van het optimaliseren van de mineralenhuishouding op basis van de Kringloopwijzer verbeterd kan worden door actief kennis, informatie en adviezen aan de agrariërs aan te bieden. Hiermee worden ze in staat gesteld om tijdig en adequaat te anticiperen op de resultaten uit de KringloopWijzer. Onderdeel van een dergelijke aanpak is het karakteriseren van de stikstofhuishouding van de bodem op basis van mineralisatiesnelheden van bodemorganische stof, restanten van

eerdere mestgiften en plantenresten die in de bodem zijn achtergebleven. Een dergelijke aanpak (KringloopWijzer, gecombineerd met advies en bedrijfsspecifiek bodemonderzoek) zou vanwege de hoge kosten en intensiteit goed passen als gebiedsgerichte maatregel voor drinkwaterproductie, die aanvullend wordt ingevoerd op landelijk beleid voor het borgen van de invoering van minder intensieve gebiedsgerichte maatregelen.

4.2.3 Organische stof bemesting

Organische stof bemesting wordt steeds meer gezien als een methode voor bodemverbetering, waarmee de gewasopname van stikstof kan verbeteren en de uitspoeling van nitraat kan verminderen. Voorwaarde voor deze werking is dat het aangevoerde organische stof niet te veel stikstof bevat en niet te snel mineraliseert (omgezet wordt, waarbij nitraat vrij komt). De resultaten uit praktijkproeven zijn echter wisselend en de mechanismen daarachter nog niet goed bekend, zodat de werkelijke bijdrage aan het beperken van de stikstofuitspoeling op regionale schaal onduidelijk is.

Een ongewenst bijeffect van organische stof bemesting is dat extra zuur wordt aangevoerd, met als gevolg dat kalk (aangevoerd of als bodembestanddeel aanwezig) in oplossing gaat. In hoeverre dit leidt tot een verhoging van de ontkalkingskosten van ruwwater, is afhankelijk van de lokale geochemische eigenschappen van de ondergrond. In kalkrijke gebieden zonder pyriet, zoals de lössregio, neemt de totale hardheid van het ruwwater door organische stofbemesting op termijn waarschijnlijk toe. Voor drinkwaterwinningen waar grondwater wordt gewonnen uit pyriet houdend sediment zijn de effecten op de totale hardheid minder vanzelfsprekend. Daar speelt naast een toename van het oplossen van kalk onder invloed van een verhoogde aanvoer van organische zuren, ook een afname van het oplossen van kalk doordat bij een lagere nitraatbelasting de pyrietoxidatie afneemt. Het netto effect op de hardheid is voor deze winningen thans onbekend, maar de verwachting is dat in deze winningen de concentraties aan sulfaat en nikkel op termijn zullen afnemen.

Een ander mogelijk bijeffect van organische stof bemesting is dat ook ongewenste stoffen, zoals gewasbeschermingsmiddelen en zware metalen, kunnen worden aangevoerd. Daarnaast heeft composteren als ongewenst bijeffect dat meer onkruid zal groeien, met mogelijk een grotere behoefte aan bestrijdingsmiddelen tot gevolg. Bovenstaande betekent dat het perspectief van organische stofbemesting voor de drinkwatersector locatie-afhankelijk is, en afhankelijk is van de eigenschappen, c.q. herkomst van het organische stof. Geadviseerd wordt om bij de implementatie van deze maatregel rekening te houden met deze mogelijke ongewenste bijeffecten, o.a. door uitsluitend met kwalitatief hoogwaardig organische stof te werken en aanvullende maatregelen te nemen om de extra zuurbelasting van het grondwater te compenseren. Nader onderzoek naar de positieve en negatieve effecten van organische stofbemesting op de grond- en ruwwaterkwaliteit, in relatie tot herkomst en eigenschappen van de winlocatie, is gewenst.

4.2.4 Aanpassen van teelten

Het aanpassen van teelten en teeltrotaties kan een aanzienlijke afname in de stikstofuitspoeling van het grondwater betekenen. Dit is vooral het geval indien uitspoelingsgevoelige teelten, zoals vollegrondsgroenten, worden vervangen door andere gewassen. Hoewel deze teelten mogelijk een beperkt aandeel hebben in het landbouwareaal in de intrekgebieden van grondwaterwinningen, kunnen ze een wezenlijke bijdrage hebben in de toekomstige mestproblematiek van drinkwaterbedrijven. De stikstofuitspoeling uit deze teelten op uitspoelingsgevoelige löss- en zandgronden is ongeveer 50 % hoger dan de gemiddelde stikstofuitspoeling onder agrarische percelen in de zandregio. Mogelijke beleidsmaatregelen zijn hier het verbieden of ontmoedigen van uitspoelingsgevoelige teelten in grondwaterbeschermingsgebieden en/of het verplicht stellen van "uit de grond telen" op de zand- en lössgronden in het algemeen.

4.2.5 Rijenbemesting en vanggewassen

In de pilotprojecten die zijn uitgevoerd in de omgeving van drinkwaterwinningen zijn diverse innovaties in de praktijk uitgetoetst, en zijn bestaande agrarische methoden op basis van praktijkervaring geoptimaliseerd. Voorbeelden van deze maatregelen zijn rijenbemesting met dierlijke mest, gras als vanggewas in maisteelt, vervangen van late-oogst teelten naar vroege-oogst teelten in combinatie met de teelt van vanggewassen, en de teelt van gewassen met een langer groeiseizoen (bv vervangen van mais door suikerbiet). Deze maatregelen zijn veelal op maat gemaakt voor bepaalde teelten, maar zijn verder wel breed toepasbaar en kunnen op perceelsniveau een significante verlaging (meer dan 5%) van de stikstofuitspoeling naar het grondwater betekenen. Omdat deze maatregelen zich reeds in de praktijk bewezen hebben, zouden ze versneld gemeengoed binnen de agrarische sector moeten worden, zodat ze brede toepassing (over intrekgebieden) vinden.

4.3 Kennisontwikkeling ter ondersteuning van gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid

De uitgevoerde literatuurstudie geeft aanwijzingen dat gebiedsgerichte maatregelen in het mestbeleid bij kunnen dragen aan het oplossen van de mestproblematiek van drinkwaterbedrijven. Wel is verdere kennisontwikkeling nodig om gebiedsgerichte maatregelen doelgericht en optimaal te implementeren en waar nodig op termijn bij te sturen. Hiervoor worden de volgende vier suggesties voor kennisontwikkeling gedaan.

Ten eerste is het raadzaam om te verifiëren in hoeverre differentiatie van de nitraatnorm (50 mg/l) in ondiep grondwater naar intrekgebieden volstaat om de mestproblematiek die de drinkwaterbedrijven in zuid- en oost-Nederland ondervinden op te lossen. Hoewel deze norm een actueel beeld geeft van de effectiviteit van het gevoerde beleid en eenvoudig vast te stellen is, heeft hij als nadeel dat een ondiepe nitraatconcentratie zich niet eenduidig laat doorvertalen naar concentraties aan mestgerelateerde parameters in ruwwater. In diverse grondwaterwinningen in zuid- en oost-Nederland komen de effecten van mestgebruik namelijk als gevolg van pyrietoxidatie ook tot uiting in (sterk) verhoogde concentraties aan sulfaat en nikkel en zeer hoge hardheid. In veel andere winningen speelt een hoge hardheid als gevolg van het oplossen van kalk, of juist hoge aluminiumconcentraties door een te kort aan kalk. Dit betekent dat bij bovengenoemde norm sprake kan zijn van een restopgave om normoverschrijdingen van mestgerelateerde parameters te voorkomen. Deze restopgave is afhankelijk van de eigenschappen van de winning en de geochemische eigenschappen van de watervoerende pakketten waaruit het grondwater wordt gewonnen. Geadviseerd wordt om deze restopgave (waar daar sprake van is, en hoe groot die is) inzichtelijk te maken, zodat voor de invulling van het volgende Actieprogramma Nitraatrichtlijn duidelijkheid bestaat over de noodzaak voor een eventuele aanscherping van de nitraatnorm in intrekgebieden.

Ten tweede is het raadzaam om duidelijkheid te krijgen over de effectiviteit en ongewenste bijeffecten van organische stofbemesting in het bijzonder en gezonde-bodem maatregelen in het algemeen. Deze gebiedsgerichte maatregel staat onder toenemende aandacht in het kader van het verkleinen van de droogtegevoeligheid van de hoge zandgronden en het verminderen van de stikstofuitspoeling naar het grondwater. De effectiviteit is echter nog niet goed onderbouwd en mogelijk heeft organische stofbemesting ongewenste bijeffecten voor drinkwaterwinning. Deze bijeffecten zijn (1) het oplossen van kalk, resulterend in een toenemende hardheid, en (2) de aanvoer van gewasbeschermingsmiddelen en zware metalen als bijmengingen in de organische stof. Onduidelijk is in hoeverre de zuurvrucht die gepaard gaat met organische stofbemesting leidt tot een verhoging van de hardheid in het ruwwater van drinkwaterbronnen. Tegelijkertijd is evenmin goed bekend in hoeverre een hoger

organische stofgehalte bijdraagt aan de afbraak van bestrijdingsmiddelen die anders naar het grondwater zouden uitspoelen. Geadviseerd wordt om de voor- en nadelen van deze maatregel vanuit het perspectief van de drinkwatersector te inventariseren en waar mogelijk kwantitatief te onderbouwen. Omdat organische stof bemesting inhaakt op diverse, vaak traag verlopende processen, wordt tevens geadviseerd deze maatregel in de praktijk uit te proberen en daarbij een goede, langjarige monitoring uit te voeren.

Ten derde is het raadzaam om innovatieve maatregelen nader te onderzoeken op effectiviteit en praktische uitvoerbaarheid. Tijdens literatuurstudie die ten grondslag ligt aan dit rapport, zijn naast een aantal maatregelen die reeds (beperkte) praktijktoepassing kennen, ook een aantal 'exotischere' gebiedsgerichte maatregelen geïdentificeerd. Deze maatregelen zijn (1) het stimuleren van denitrificatie onder de wortelzone, (2) nitraat terugwinnen door beregening, en (3) andere vormen van irrigeren. Hoewel deze maatregelen wel toepassing kennen buiten het kader van het mestbeleid, staan ze thans nog te ver van de praktijk af om als aanvulling op het huidige mestbeleid te kunnen dienen. Tegelijkertijd bieden de achterliggende mechanismen perspectief op een succesvolle toepassing in de toekomst. Vanuit de gedachte om innovaties te stimuleren wordt daarom geadviseerd om de potentie van deze maatregelen voor het terugbrengen van de nitraatbelasting van drinkwaterbronnen nader te verkennen.

Ten slotte wordt geadviseerd om bij de uitvoering van een gebiedsgerichte aanpak van de mestproblematiek een goede monitoring uit te voeren. Dit houdt in dat naast het mestgebruik ook de stikstofuitspoeling en de nitraatconcentraties in ondiep grondwater gedurende langere perioden en met voldoende resolutie in de ruimte en tijd wordt gemeten. De gemeten concentraties dienen gecorrigeerd te kunnen worden voor weersinvloeden en gerelateerd te kunnen worden aan de kwaliteit van dieper grondwater. Deze monitoring heeft enerzijds tot doel om de beleidsdoelen te toetsen en anderzijds om de effecten van gebiedsgerichte maatregelen aan te tonen. Deze informatie is noodzakelijk om het mestbeleid indien nodig doelgericht bij te sturen en om gebiedsgerichte maatregelen gemeengoed te laten worden in de agrarische praktijk.

5 Literatuur

- Beek, K. van, G. van den Berg & P. Hesen (2005) Geohydrochemische typologie als hulpmiddel bij grondwaterkwaliteitsbeheer. *Bodem* 5: 178-181.
- Brink, C. van den, Verloop, K., Gielen, J. en Pasman, W., 2016. Evaluatie Boeren voor drinkwater 2010-2015. RoyalhaskoningDHV, WATBD1135101100R001F01.
- Broers, H.P, en De Weert, J., 2015. Datering voor waterwinning: edelgassen en isotopen in het ruwwater van Brabant Water. Vaststellen van de leeftijdsopbouw van het onttrokken water en de herkomst van methaan. *Deltares rapport BGS-14225-0001*.
- Castelijns, J., 2012. Macro-parameters : waarnemingen, trends en problemen. Rapport Brabant Water.
- Claessens, J., Van der Aa, M., Groenendijk, P., en Renaud, L., 2017. Effecten van het landelijk mestbeleid op de grondwaterkwaliteit in grondwaterbeschermingsgebieden. RIVM, Bilthoven, Rapport 2016-0199.
- De Waele, J. Odeurs, W., Elsen, A., Vandecasteele, B., De Vliegheer, A., Haesaert, G., Derycke, V., Verlinden, G., Bries, J., Wittouck, D., en De Neve, S., 2014. Beste landbouwpraktijken van teelten in combinatie met nateelten/vanggewassen. Literatuurstudie. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij door de vakgroep Bodembeheer van de Universiteit Gent, de Vakgroep Plantaardige Productie van de Hogeschool Gent, de Eenheid Plant van het ILVO, de Bodemkundige Dienst van België en Inagro. 91p.
- Eekeren, N. van, Verwer, F., Verkerk, M., en Broers, E., 2012. Bufferboeren: agrariers en waterbeheerders gezamenlijk aan de slag. *H2O* (4), p 8-9.
- Eekeren, N. Deru, J., en Gerdes, S., 2015. Bufferboeren: productieve maatregelen voor meer droogtetolerantie.
- Fraters, B., Hooijboer, A.E.J., Vrijhoef, A., Claessens, J., Kotte, M.C., Rijs, G.B.J., Denneman, A.I.M., Bruggen, C. van, Daatselaar, C.H.G., Begeman, H.A.L., en Bosma, J.N., 2016. Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2012-2014) en trend (1992-2014). RIVM, Bilthoven, RIVM Rapport 2016-0076.
- Geel, W. van, 2015. Advisering rijenbemesting bij aardappel en zaaiui: Notitie voor het handboek *Bodem en Bemesting*. PPO, Lelystad, PPO-rapport 667.
- Groenendijk, P., Van Boekel, E., Renaud, L., Greijdanus, A., Michels, R. en De Koeijer, R., 2016. Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren: het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden. Wageningen Environmental Research, Wageningen, Rapport 2749.

Haan, J. de en Verstegen, H., 2015. Balans in bemesting: proefboerderij vredepeel onderzoekt de optimale bemestingsstrategie voor bioteelt. Ekoland, p 20-22.

Hooijboer, A.E.J., Meer, R.W., van der, Fraters, B., Leeuwen, T.C., van, 2014. Scouting Vollegrondsgroenten op zand (2007-2010), een verkennend onderzoek. RIVM, Bilthoven, RIVM-rapport 680717036/2014.

Kubeck, C., Bergmann, A., en Herzberg, A., Modellierung und Prognose der durch den Klimawandel verursachten Änderungen der Wasserquantität und -qualität. Dynaklim-publikation Nr. 45.

Loon, A.H. van, en Fraters, D., 2016. De gevolgen van mestgebruik voor waterwinning: een tussenbalans. KWR 2016.023.

Van Beek, K., G. van den Berg & P. Hesen (2005) Geohydrochemische typologie als hulpmiddel bij grondwaterkwaliteitsbeheer. Bodem 5: 178-181.

Schouwman, O.F., Haan, J.J. de, Ruijter, F.J., de, Bolt, F.J.E., van der, Oenema, O., Boekel, E.M.P.M., en Schoot, J.R. van der, 2012. Analyse maatregelen om nutriëntenemissies uit de landbouw te verminderen: Deskstudie ter voorbereiding van planMER. Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 2385.

Stuyfzand, P. J., 2015. Beeldvorming en mogelijke oorzaken van de toenemende nikkel concentratie in put 41 van puttenveld Noordbargers van WMD. KWR-notitie 2015.PS001.

Velthof, G.L. Bussink, W., Dijk, W. van, Groenendijk, P., Huijsmans, J.F.M., Pul, W.A.J., van, Schröder, J.J., Vellinga, Th. V., en Oenema, O., 2013. Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest, versie 1.0. Wageningen. Wettelijke onderzoekstaken Natuur & Milieu. WOt-rapport 120.

Bijlage I Bestaande gebiedsgerichte samenwerkingsprojecten

Inleiding

De drinkwaterbedrijven die kampen met mestgerelateerde waterkwaliteitsproblemen participeren in diverse samenwerkingsprojecten met agrariërs en andere belanghebbenden. De gemeenschappelijke deler tussen deze samenwerkingsprojecten is dat ze beogen bij te dragen aan het verbeteren van bestaande landbouwpraktijk om het stikstofoverschot of de stikstofuitspoeling uit agrarische percelen te beperken, zonder dat dit ten koste gaat van het bedrijfsrendement. De projecten dragen hierbij op verschillende manieren aan bij, namelijk door kennisbenutting (adviezen door onafhankelijke experts) en -vergaring, bewustwording van de stikstofverliezen in verschillende stappen van de bedrijfsvoering, verbeteren en demonstreren van innovatieve bodembewerking en bemestingstechnieken, en de teelt van andere gewassen of het verbeteren van de effectiviteit van vanggewassen. In deze bijlage wordt de aanpak en effectiviteit van vier samenwerkingsprojecten beschreven, namelijk van (1) Bufferboeren (Provincie Noord-Brabant), (2) Vruchtbare Kringloop Achterhoek (Provincie Gelderland), (3) Boeren voor Drinkwater (Provincie Overijssel) en (4) Duurzaam Schoon Water (Provincie Limburg)

Bufferboeren

In het project Bufferboeren (2010-2014) participeren 15 agrariërs uit de melkvee-, varkens-, en akkerbouwsector. Het project heeft tot doel om een integraal pakket van maatregelen samen te stellen en te testen om de droogtegevoeligheid van agrarische productie nabij grondwaterwinningen te verhogen. De aanpak die hierbij wordt gehanteerd is gebaseerd op innovatieve aanpassingen van de agrarische bedrijfsvoering. Deze aanpassingen zijn gericht op het verbeteren van het vochtleverend vermogen, bodemkwaliteit, beworteling en gewaskeuze. Door de groeiomstandigheden van gewassen te verbeteren verloopt de stikstofopname beter, en neemt het stikstofoverschot af. De deelnemende boeren werden begeleid door het Louis Bolk Instituut en ZLTO.

Het vochtleverend vermogen van bodems werd verbeterd door het verhogen van het organische stofgehalte. Hiertoe werd de grondbewerking op bouwland geminimaliseerd, o.a. door het toepassen van niet-kerende grondbewerking bij maisteelt, zodat de afbraak van organische stof werd verlaagd en de aantasting van de bodemstructuur en capillaire nalevering beperkt bleven. Tegelijkertijd werd de aanvoer van organische stof verhoogd door aanvoer van groencompost en zeefgrond. Verder werden met nieuwe of aangepaste landbouwtechnieken geëxperimenteerd om te bezien of bodemverdichting kon worden voorkomen of teniet gedaan (Eekeren e.a. 2012).

Vruchtbare Kringloop Achterhoek

In het project Vruchtbare Kringloop Achterhoek participeren sinds 2013 ruim 200 melkveehouders. Deze agrarische ondernemers hebben met behulp van de KringloopWijzer

de stikstof- en fosfaatkringloop van hun bedrijf in beeld gebracht. Daarbij was onafhankelijk deskundig advies beschikbaar. Met de kringloopwijzer werd inzicht verkregen in de belangrijkste interne en externe stikstofverliezen en het stikstofbodemoverschot. Diverse maatregelen voor een betere bodembenutting zijn in de praktijk getoetst.

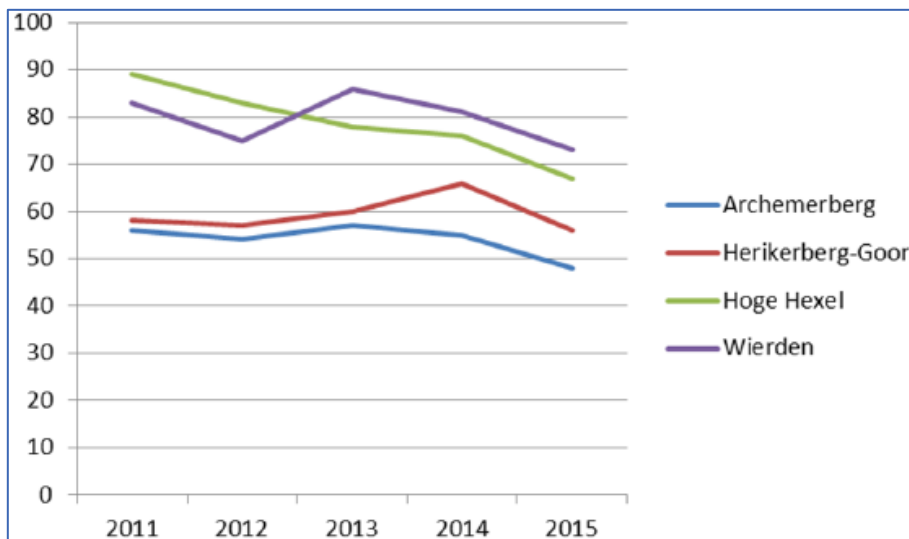
Uit metingen blijkt dat gedurende de uitvoering van het project (2013-2015) de totale stikstofgift op grasland netto met 5% is gedaald, terwijl de stikstofgift op maisland met 10% is gestegen. Het gemiddelde stikstofoverschot bedroeg 127 kg N/ha, 9% lager dan het, op basis van grondsoorten en arealen gras en bouwland berekende, maximaal toelaatbare stikstofoverschot van 139 kg N/ha. De duur van het project is te kort om de effectiviteit van de onderzochte maatregelen goed te kunnen onderbouwen en kwantificeren.

Boeren voor drinkwater

Boeren voor drinkwater is een pilotproject voor regionale maatregelen in het mestbeleid dat sinds 2011 wordt uitgevoerd voor 5 Overijsselse drinkwaterwinningen. Aan dit project nemen 15 agrariërs op basis van vrijwilligheid mee. Centraal in dit project staat het beperken van de stikstofuitspoeling uit mais op basis van de volgende gebiedsgerichte maatregelen:

- (1) Evenwichtsbemesting door intensieve ondersteuning van de agrarische ondernemer door bedrijfsadviseurs;
- (2) Rijenbemesting op basis van drijfmest, en
- (3) Het verbeteren van gras als vanggewas door een betere timing van de onderzaai.

Volgens Van den Brink e.a. (2016) is sinds de start van het project een netto afname van de nitraatconcentratie in ondiep grondwater waargenomen (Figuur 5-1). Deze afname was structureel in de proefpercelen bij de grondwaterwinning Hoge Hexel. Daar nam de nitraatconcentratie in 5 jaar tijd af van 90 mg/l naar 67 mg/l. In de 3 andere gebieden was een eenduidig dalende trend minder goed waarneembaar, waarschijnlijk als gevolg van weersinvloeden. De daling is nog niet significant voor het landbouwareaal als geheel, maar wel voor maisland. De doorlooptijd van het project is nog te kort om de effectiviteit van de maatregelen te kwantificeren en te duiden.



FIGUUR 5-1: VERLOOP VAN DE GEMIDDELTE NITRAATCONCENTRATIE IN ONDIEP GRONDWATER NA DE START VAN HET PROJECT BOEREN VOOR DRINKWATER IN 2011.

Duurzaam Schoon Water

In het project Duurzaam Schoon Water (Provincie Limburg, 2010-2015) participeren thans 67 agrariërs. Dit project had tot doel om het stikstofoverschot te beperken van 70 kg N/ha naar 60 kg N/ja in 2018, zodat in 2018 het gemiddelde nitraatgehalte in het bodemvocht lager is dan 50 mg/l. De aanpak bestaat enerzijds uit bemestingsadviezen op basis van de Kringloopwijzer en bemestingsonderzoek en anderzijds uit het doorvoeren van verbeteringen in bestaande landbouwpraktijken, waaronder rijenbemesting, vanggewassen, optimalisatie van de organische stofbalans en plaats specifieke bemesting. Binnen het project is tevens een stikstofuitspoelingsmodel op bedrijfsniveau ontwikkeld. Volgens dit model was de nitraatconcentratie in het bodemvocht in de percelen van 16 % van de deelnemende agrariërs in 2015 hoger dan de streefwaard van 50 mg/l.