

KWR 2016.023b | Maart 2016

De gevolgen van mestgebruik voor drinkwaterwinning

Een tussenbalans

De gevolgen van mestgebruik voor drinkwaterwinning

Een tussenbalans

KWR 2016.023b | Maart 2016 (update 2018)

Opdrachtnummer

401340

Projectmanager

Ir. Jos Frijns

Opdrachtgever

Vewin

Kwaliteitsborger

Prof. Dr. Ir. Pieter Stuyfzand

Auteurs

Dr. Ir. Arnaut van Loon (KWR) en Ir. Dico Fraters (RIVM)

Verzonden aan

Mirja Baneke (Vewin)

Jaar van publicatie
2016 (update 2018)

Meer informatie

Dr. Ir. Arnaut van Loon

T 030-6069550

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



KWR 2016.023 | Maart 2016 © 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.

Voorwoord en definities

Voor u ligt het rapport met de titel “De gevolgen van mestgebruik voor drinkwaterwinning: een tussenbalans”. Dit rapport is geschreven in opdracht van Vewin en heeft tot doel om de actualiteit van de mestproblematiek voor de drinkwaterbedrijven in het zuiden en oosten van Nederland te illustreren. Zoals de ondertitel van dit rapport weergeeft, betreft de hier geschetste omvang van deze problematiek een tussenbalans anno 2015. Dit omdat de effecten van mestgebruik op de kwaliteit van het grondwater dat door drinkwaterbedrijven gewonnen wordt zich niet op korte termijn manifesteren. Met andere woorden, de vooruitgang die met het meststoffenbeleid is bereikt kan gemaskeerd worden door menging van grondwater met uiteenlopende ouderdom en dus beïnvloeding door mestgebruik. Het meststoffenbeleid werpt voor de drinkwaterbedrijven daarom pas op de middellange tot lange termijn zijn vruchten af.

In dit rapport gebruiken wij de termen “uitspoelingswater” en “middeldiepe winningen”. Met “uitspoelingswater”, ook wel “ondiep grondwater” genoemd, wordt bedoeld het bodemvocht, met de daarin opgeloste stoffen, dat via de wortelzone in de waterverzadigde bodem terecht komt. Hiermee volgen wij de definitie zoals gehanteerd wordt binnen het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM). Binnen dit meetnet wordt “ondiep grondwater” bemonsterd in de bovenste meter van het grondwater, in drainwater of het bodemvocht tussen 1, 5 en 3 meter diepte indien het grondwater dieper is dan 5 m – maaiveld. Met “middeldiepe winningen” wordt bedoeld de winning van grondwater uit het tweede watervoerende pakket. Dit watervoerende pakket wordt meestal niet helemaal afgesloten door een kleilaag die veel weerstand biedt voor grondwaterstroming. Deze winningen worden hierdoor gekenmerkt door een groot aandeel van relatief jong grondwater, met een ouderdom van maximaal 100 jaar.

Herziene versie 2018

In het eerste jaar na publicatie is dit rapport in diverse gremia uitvoerig besproken. Daarbij zijn een aantal kleine inconsistenties aan het licht gekomen, namelijk in (1) de aantallen grondwaterwinningen waar normoverschrijdingen zijn waargenomen, en (2) het aantal en ligging van grondwaterwinningen die o.a. vanwege de invloed van mestgebruik recentelijk zijn gesloten of aangepast. Deze inconsistenties zijn in deze nieuwe versie van het rapport gecorrigeerd. Hierbij zijn de conclusies over de gevolgen van mestgebruik voor drinkwaterwinning op nationale schaal ongewijzigd gebleven. Deze update (BTO 2016.023b) vervangt de eerdere versie van het rapport (BTO 2016.023) dat in 2016 is uitgebracht.

Samenvatting

Aanleiding en doelen

In de Nederlandse zand- en lössgebieden is het meststoffenbeleid mede bepalend voor de kwaliteit van grondwater als grondstof voor de productie van drinkwater. Momenteel voert het Ministerie van Economische Zaken de Evaluatie Meststoffenwet uit. Deze evaluatie vormt de basis voor de onderhandelingen tussen de Europese Commissie en het kabinet over de invulling van het Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn voor de periode 2018-2021. In dit rapport wordt het belang van de drinkwatersector bij dit traject onderbouwd door een actueel overzicht te geven van de aard en omvang van de problematiek die drinkwaterbedrijven ondervinden als gevolg van de uitspoeling van nitraat naar het grondwater. Daarnaast wordt een indicatie gegeven in welke mate de nitraatconcentratie in ondiep grondwater op de droge delen van de Zandregio verminderd dient te worden om er voor te zorgen dat de grondwaterkwaliteit aan de normen voldoet.

Resultaten

In deze studie zijn nitraat, totale hardheid, sulfaat en nikkel in individueel ruwwater als indicatoren voor de invloed van meststoffen op de kwaliteit van ruwwater, c.q. grondwater als grondstof voor drinkwaterproductie, gebruikt. Uit een analyse van tijdreeksen van waargenomen concentraties blijkt dat gedurende de periode 2000-2015 in 89 Nederlandse grondwaterwinningen één of meer ruwwaternormen voor deze parameters werd overschreden. De norm voor nitraat werd in 29 grondwaterwinningen overschreden, voor nikkel in 25, voor sulfaat in 10 en voor hardheid in 65 winningen. Deze normoverschrijdingen zijn waargenomen in de provincies Gelderland (n=30), Overijssel (n=22), Friesland (n=12), Utrecht (n=9), Limburg (n=9), Drenthe (n=5), Noord-Holland (n=1) en Flevoland (n=1). Alleen voor nitraat is mogelijk sprake van een lichte afname van de frequentie waarmee normoverschrijdingen zijn waargenomen. Voor de andere parameters varieert het aantal normoverschrijdingen in de tijd, maar is geen duidelijke trend zichtbaar. In Noord-Brabant en Limburg worden in 14 grondwaterwinningen stijgende sulfaat- of nitraatconcentraties in het ruwwater waargenomen. Onder andere vanwege de invloed van meststoffen op de grondwaterkwaliteit zijn in het zuiden en oosten van Nederland 12 grondwaterwinningen gesloten en 5 grondwaterwinningen aangepast.

De drinkwaterbedrijven op de hoge zandgronden en in het lössgebied werken op verschillende manieren aan het verkleinen van de gevolgen van het mestgebruik voor de winningen. Ten eerste participeren de drinkwaterbedrijven op de Zandregio in 11 samenwerkingsprojecten met agrariërs, waarbij o.a. maatregelen worden getroffen om de uitspoeling van meststoffen te verminderen, het mestgebruik te beperken en agrariërs worden opgeleid om hun bedrijfsvoering te optimaliseren. Ten tweede wordt de kwaliteitsontwikkeling van grond- en ruwwater bij kwetsbare grondwaterwinningen intensief gevolgd. Ten derde investeren de drinkwaterbedrijven in ruwwaterprognoses op basis van fysische-chemische modelinstrumentaria. Ten slotte worden diverse

maatregelen, zoals het uitbreiden van de zuivering en het bijslaan van putten in nitraatarme watervoerende lagen, ontwikkeld en achter de hand gehouden om eventuele toekomstige problemen met de ruwwaterkwaliteit op te kunnen vangen.

De gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater van grondwaterbeschermingsgebieden is gebruikt als indicator voor de ontwikkeling van mestgerelateerde normoverschrijdingen in ruwwater op de lange termijn. Volgens indicatieve berekeningen was deze nitraatconcentratie voor de periode 2007-2014 in 30 van de 128 (23%) onderzochte grondwaterbeschermingsgebieden in de zandregio hoger dan de nitraatnorm volgens het drinkwaterbesluit. Voor de periode 2010-2014 waren dat er 18 (14%). Deze grondwaterbeschermingsgebieden liggen op de uitspoelingsgevoelige zandgronden van de provincies Limburg, Noord-Brabant, Drenthe, Gelderland en Overijssel. De uitspoeling van nitraat naar het grondwater in deze grondwaterbeschermingsgebieden is thans te hoog om bestaande mestgerelateerde kwaliteitsproblemen op te lossen, of kwaliteitsproblemen die zich in de toekomst nog kunnen manifesteren te voorkomen.

Conclusies en implementatie

Hoewel sinds de jaren 1990 een sterke daling van het stikstofgebruik in de agrarische sector is ingezet, worden de Nederlandse drinkwaterbedrijven in Oost- en Zuid-Nederland nog altijd geconfronteerd met incidentele en soms ook frequente normoverschrijdingen voor nitraat, hardheid, sulfaat en nikkel in ruwwater. Bovendien stijgen sulfaat- en nitraatconcentraties in het ruwwater van middeldiepe winningen in de provincies Noord-Brabant en Limburg. De hoge stikstofuitspoeling door de agrarische sector sinds 1960 is vrijwel volledig verantwoordelijk voor de normoverschrijdingen voor nitraat. Daarnaast heeft dit bijgedragen aan normoverschrijdingen voor sulfaat, nikkel en hardheid, maar daar spelen ook grondwaterstands dalingen, verzilting en verzuring een rol in. De mestproblematiek is daarmee voor de drinkwaterbedrijven nog altijd actueel en omvangrijk, en vraagt om een continue inspanning en inzet van middelen om de problemen beheersbaar te houden.

Een analyse van gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater geeft aanwijzingen dat kwetsbare drinkwaterwinningen gevoeliger zijn voor mestgebruik dan de Zandregio als geheel. Toetsing van het mestbeleid aan de nitraatnorm van de Europese Nitraatrichtlijn op basis van het areaal-gewogen gemiddelde voor de Zandregio als geheel leidt daarom niet tot oplossing van de mestproblematiek voor de drinkwaterbedrijven op de uitspoelingsgevoelige zandgronden. Daarom zijn aanvullende maatregelen nodig om op de middellange tot lange termijn de KRW-doelstellingen te behalen en op de kosten voor drinkwaterproductie te besparen. Mogelijke maatregelen zijn het handhaven of aanscherpen van stikstofgebruiksnormen op het ruimtelijk niveau van intrekgebieden van kwetsbare winningen of een betere handhaving van het mestbeleid in grondwaterbeschermingsgebieden. Bovendien is voortzetting of uitbreiding van reeds gerealiseerde nitraat-reducerende maatregelen in de intrekgebieden van kwetsbare winningen noodzakelijk, bijvoorbeeld in de vorm van succesvol gebleken samenwerkingsprojecten tussen drinkwaterbedrijven en agrariërs.

Inhoud

Voorwoord en definities	1
Samenvatting	2
Inhoud	4
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Uitwerking van de Nitraatrichtlijn in Nederland	5
1.3 Effecten van mestgebruik op ruwwaterkwaliteit	6
1.4 Doelstelling	7
2 Aanpak	9
2.1 Inventarisatie van normoverschrijdingen in individuele pompputten	9
2.2 Ruimtelijke extrapolatie van gemeten nitraatconcentraties	10
3 Resultaten	16
3.1 Normoverschrijdingen voor mestgerelateerde parameters	16
3.2 Inspanningen van de drinkwatersector	24
3.3 Nitraatconcentraties in het uitspoelingswater	25
4 Discussie	35
4.1 Effecten van bemesting op de ruwwaterkwaliteit	35
4.2 Karteren van vlakdekkende nitraatconcentraties	37
4.3 Differentiatie van normstellingen naar grondwaterbeschermingsgebieden	38
5 Conclusies	40
6 Literatuur	42
Bijlage I Ondergrondse omzettingen van meststoffen	44
Bijlage II Overzicht van regionale samenwerkingsprojecten met agrariërs	46

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Medio 2016 start de Rijksoverheid met de invulling van het Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn 2018-2021. Deze invulling wordt o.a. gebaseerd op een lopende evaluatie van de Meststoffenwet, waarvan het eindrapport eind 2016 wordt opgeleverd (Van Dam, 2015). Bij de daaropvolgende onderhandelingen met de Europese Unie bestaat de mogelijke inzet van het kabinet Rutte uit een stabilisatie van de mestgebruiknormen en een nieuwe derogatie. Daarnaast wordt wellicht ten behoeve van het verhogen van het milieurendement ingezet op differentiatie van het mestbeleid door de normstelling aan te scherpen in gebieden waar dat noodzakelijk is. Een mogelijke invulling van dit gebiedsgerichte maatwerk is het lokaal aanscherpen van de mestgebruiknormen in intrekgebieden van grondwaterwinningen. Een dergelijke invulling van het mestbeleid zal op de middellange tot lange termijn positief bijdragen aan het terugdringen van de effecten van vermessing op de ruwwaterkwaliteit in een aantal winningen. In de intrekgebieden op de kwetsbare lössgronden is recentelijk het stikstofoverschot sterk teruggebracht door nauwe samenwerking tussen agrariërs en WML (Bemelmans et al., 2010).

1.2 Uitwerking van de Nitraatrichtlijn in Nederland

Vanuit de Europese Nitraatrichtlijn (1991) heeft de Nederlandse Staat verplichtingen om onder andere de nitraatconcentratie in grondwater tot onder de norm van 50 mg/l terug te brengen. Hiertoe heeft Nederland eerst, in 1998, het stelsel van stikstofverliesnormen ingevoerd om de stikstofemissies vanuit de landbouw te beperken. Dit gebeurde via het Mineralenafgiftesysteem (MINAS). Na een veroordeling van Nederland door het Europese Hof van Justitie in 2003 voor het niet correct implementeren van de Nitraatrichtlijn, is sinds 2006 een stelsel van stikstofgebruiknormen van kracht met eveneens als doel om de stikstofemissies vanuit de landbouw te beperken. Dit beleid heeft ertoe geleid dat de gemiddelde nitraatconcentratie in het water dat uitspoelt uit de wortelzone in de Zandregio afgenomen is van 200 mg/l in 1991, naar 60 mg/l in 2010. In de Lössregio was het beleid wat minder succesvol. Daar is de gemiddelde nitraatconcentraties in uitspoelingswater gedaald tot ongeveer 75 mg/l in 2010. Sinds 2003, echter, stagneert de dalende trend van de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater. Deze stagnatie is vooral gerelateerd aan akkerbouw en hokdierbedrijven (PBL, 2012).

Voor de Zandregio komt de doelstelling vanuit de Europese Nitraatrichtlijn dus in beeld, hoewel de rekenregels voor toetsing aan de nitraatnorm nog niet vastgesteld zijn. Voor grondwater is namelijk nog niet vastgesteld welke mate van (ruimtelijke) middeling toegepast mag worden om te voldoen aan de nitraatdoelstelling van de EU-nitraatrichtlijn (PBL, 2012). De inzet van Nederland is om bij de toetsing aan de nitraatnorm voor grondwater uit te gaan van de gemiddelde nitraatconcentratie in vier regio's die zijn gedefinieerd op basis van de hoofdgrondsoort (de Veen-, Klei-, Zand- en Lössregio). Met deze wijze van toetsing zijn grote verschillen binnen elke regio toegestaan. Omdat grondwaterwinningen vaak op de drogere, en daarmee uitspoelingsgevoelige gronden

zijn gelegen, past deze Nederlandse inzet mogelijk minder goed bij de opgave van de drinkwaterbedrijven in de Zand- en Lössregio (Vitens, WMD, Brabant Water en WML) om in de bronnen voor drinkwater aan de normen te voldoen.

1.3 Effecten van mestgebruik op ruwwaterkwaliteit

Op de hoge zandgronden en in het lössgebied van Oost- en Zuid-Nederland exploiteren de drinkwaterbedrijven Vitens, WMD, Brabant Water en WML tientallen grondwaterwinningen die kwetsbaar zijn voor stikstofuitspoeling naar het grondwater. Deze kwetsbaarheid hangt samen met de afwezigheid van een slecht waterdoorlatende kleilaag boven de watervoerende laag waaruit het grondwater gewonnen wordt. Hierdoor wordt grondwater van enkele jaren tot enkele decennia oud, samen met ouder grondwater, opgepompt. Dit relatief jonge grondwater is geïnfiltreerd in tijden van verhoogd mestgebruik in de agrarische sector. Hierdoor is het verontreinigd met stoffen die onder invloed van mestgebruik in verhoogde concentraties in het grondwater zijn opgelost. Als gevolg van de lange reistijden van het grondwater van maaiveld naar de grondwaterwinning komen de effecten van mestgebruik op de ruwwaterkwaliteit sterk vertraagd tot uiting. Hierdoor worden in sommige winningen langzaam stijgende stofconcentraties waargenomen (bv Castelijns, 2012), kunnen mestgerelateerde problemen pas sinds kort de kop opsteken (bv Stuyfzand, 2015b) en kan het zijn dat de piek in het stikstofgebruik van de jaren 1980 in de nabije toekomst winningen pas bereikt (bv Vink, 2007). Anderzijds worden de effecten van het mestbeleid pas na tientallen jaren zichtbaar in de ruwwaterkwaliteit van kwetsbare grondwaterwinningen en kan het decennia lang duren voordat de stofconcentraties weer in evenwicht zijn met het stikstofgebruik in de agrarische sector (Vink, 2007).

Afhankelijk van bodemchemische eigenschappen van de doorstroomde zandlagen en het type mestgebruik (kunstmest of dierlijke mest, al dan niet gecombineerd met bekalking) kunnen de effecten van mestgebruik zich op verschillende manieren manifesteren in de chemische samenstelling van grond- en ruwwater (Van Beek et al., 2005; zie Bijlage I voor een samenvatting). In zuurstofarme bodems met veel organische stof wordt nitraat omgezet in stikstofgas (denitrificatie), zodat nitraat het diepe grondwater en ruwwater niet bereikt. In zuurstofhoudende bodems worden ammonium en organische stikstof omgezet in nitraat en zuur. Om verzuring van de bodem tegen te gaan wordt bekalkt, met een toename van de hardheid van het grondwater tot gevolg. Komt het nitraat dieper in de ondergrond in contact met pyriet (een ijzersulfide), dan wordt het nitraat net als in zuurstofhoudende bodems omgezet in stikstofgas. Bij deze oxidatie van pyriet komen sulfaat en zuur vrij, dat weer kan leiden tot het oplossen van kalk, met een toename van de hardheid tot gevolg. Tevens kunnen bij pyrietoxidatie enkele zware metalen (cadmium, kobalt, zink, arseen en (vooral) nikkel) in het grondwater oplossen. Deze stoffen worden met het grondwater naar winputten getransporteerd en komen aldus in het ruwwater terecht. Naast vermesting kunnen ook verdroging en verzuring leiden tot bovengenoemde processen.

1.4 Doelstelling

De doelen van dit project zijn om:

1. een overzicht te geven van de omvang en aard van de problematiek die drinkwaterbedrijven ondervinden als gevolg van bemesting, en
2. een indicatie te geven in welke mate de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater binnen intrekgebieden op de zandregio dient af te nemen om op de middellange tot lange termijn normoverschrijdingen voor mestgerelateerde parameters te voorkomen.

In deze studie zijn nitraat, totale hardheid, sulfaat en nikkel in individueel ruwwater als indicatoren voor de invloed van meststoffen op de kwaliteit van ruwwater, c.q. grondwater als grondstof voor drinkwaterproductie, gebruikt. Deze indicatoren zijn echter niet helemaal zuiver, omdat ook grondwaterstands dalingen (bijvoorbeeld door ontwatering of de grondwateronttrekking zelf), verzilting en verzuring bij kunnen dragen aan verhoogde concentraties van genoemde parameters in ruwwater. Uit gebiedsstudies (Vink, 2007; Vink e.a., 2011; Stuyfzand 2015a, Stuyfzand 2015b) blijkt dat in de meeste gevallen het hoge mestgebruik in de agrarische sector het grootste aandeel in de verhoogde concentraties heeft. Daarnaast blijkt uit een recente landelijke studie met regionale uitspoelingsmodellen (Claessens e.a., 2016) dat bemesting in de agrarische sector in veel grondwaterbeschermingsgebieden leidt tot hoge nitraatconcentraties (> 50 mg/l) in het ondiepe grondwater.

Uitgangspunt van deze studie zijn de ruwwaternormen volgens het drinkwaterbesluit voor nitraat, sulfaat en nikkel (Tabel 1-1). Tevens is uitgegaan van de voormalige maximumnorm uit het drinkwaterbesluit voor hardheid. Hoewel deze norm geen formele status meer heeft, is hij wel indicatief voor de kosten voor ontharding of zuivering van ruwwater. Deze kosten worden in de drinkwaterprijs aan de consument doorgerekend, en zijn wezenlijk lager dan de maatschappelijke kosten gerelateerd aan kalkaanslag indien leidingwater niet onthard wordt. De drinkwaterbedrijven hanteren verschillende bedrijfsnormen of streefwaarden voor de hardheid, die vaak strenger zijn dan de hardheidsnorm van 2,5 mg/l die in dit rapport wordt gehanteerd.

Tabel 1-1: Ruwwaternormen voor nitraat, hardheid, sulfaat en nikkel volgens het drinkwaterbesluit.

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

Voor de tweede doelstelling is tevens als uitgangspunt genomen de meerjarige, ruimtelijk gemiddelde nitraatconcentratie in het water dat uitspoelt uit de wortelzone (in dit rapport uitspoelingswater). Dit als alternatief voor de toetsing aan de nitraatrichtlijn op basis van het gemiddelde voor de Zandregio als geheel. De gedachte hierachter is dat normoverschrijdingen op de middellange tot lange termijn zullen uitblijven indien de gemiddelde concentratie voor intrekgebieden lager is dan de normstelling van 50 mg/l. Door de nitraatconcentratie in uitspoelingswater, in plaats van de ruwwaterkwaliteit, als uitgangspunt van het beschermingsbeleid te nemen, kan effectiever aanvullend of nieuw beleid geformuleerd worden. Dit omdat de effecten van beleidsmaatregelen op kortere termijn waarneembaar zijn in het uitspoelingswater, dan in pompputten. Aanname daarbij is, dat er in de ondergrond geen extra nitraat aan het grondwater wordt toegevoegd.

2 Aanpak

2.1 Inventarisatie van normoverschrijdingen in individuele pompputten

De omvang en het karakter van de problematiek die de drinkwatersector ondervindt als gevolg van stikstofuitspoeling is in beeld gebracht door middel van een inventarisatie van mestgerelateerde knelpunten over de periode 2000-2015. Hierbij is een knelpunt gedefinieerd als één of meer normoverschrijdingen voor nitraat, sulfaat, hardheid of nikkel in het ruwwater van minimaal 1 pompput van een puttenveld binnen een kalenderjaar. Met deze definitie is het aanmerken van een knelpunt onafhankelijk van de frequentie waarmee normoverschrijdingen optreden, de mate van overschrijding van de normen en het aantal pompputten binnen een puttenveld waar normoverschrijdingen zijn waargenomen. Hiervoor is gekozen omdat drinkwaterbedrijven een continue goede drinkwaterkwaliteit moeten leveren, en daarom in de dagelijkse bedrijfsvoering op enige manier maatregelen nemen (monitoren, mengen van ruwwater uit verschillende pompputten etc.) om normoverschrijdingen in het totale ruwwater te voorkomen. Overschrijdingen van streefwaarden, stijgende concentraties en aanwijzingen voor mogelijke normoverschrijdingen op de korte of middellange termijn vallen buiten de hier gehanteerde definitie van knelpunt.

Voor het identificeren van jaarlijkse normoverschrijdingen is gebruik gemaakt van databases met waterkwaliteitsgegevens die aangeleverd zijn door Vitens, WML en WMD. Deze databases zijn samengesteld op basis van bemonstering van individuele pompputten met variërende frequentie, waarbij niet noodzakelijkerwijs alle pompputten van een puttenveld zijn bemonsterd. Hierdoor geeft deze analyse, met de hier gehanteerde definitie voor knelpunt, mogelijk een te positief beeld van het aantal knelpunten. Normoverschrijdingen kunnen namelijk als gevolg van de lage bemonsteringsfrequentie en het overslaan van enkele pompputten gemist zijn. Met deze aanpak wordt de oorzaak van de normoverschrijdingen niet vastgesteld, maar volgens diverse studies heeft het (historisch) mestgebruik in veel gevallen een aanzienlijk aandeel in de verhoogde concentraties van de onderzochte parameters (Van der Aa et al., 2014). De hoge stikstofuitspoeling door de agrarische sector sinds 1960 is vrijwel volledig verantwoordelijk voor de normoverschrijdingen voor nitraat. Daarnaast heeft dit bijgedragen aan normoverschrijdingen voor sulfaat, nikkel en hardheid, maar daar spelen ook grondwaterstands dalingen, verzilting en verzuring een rol in.

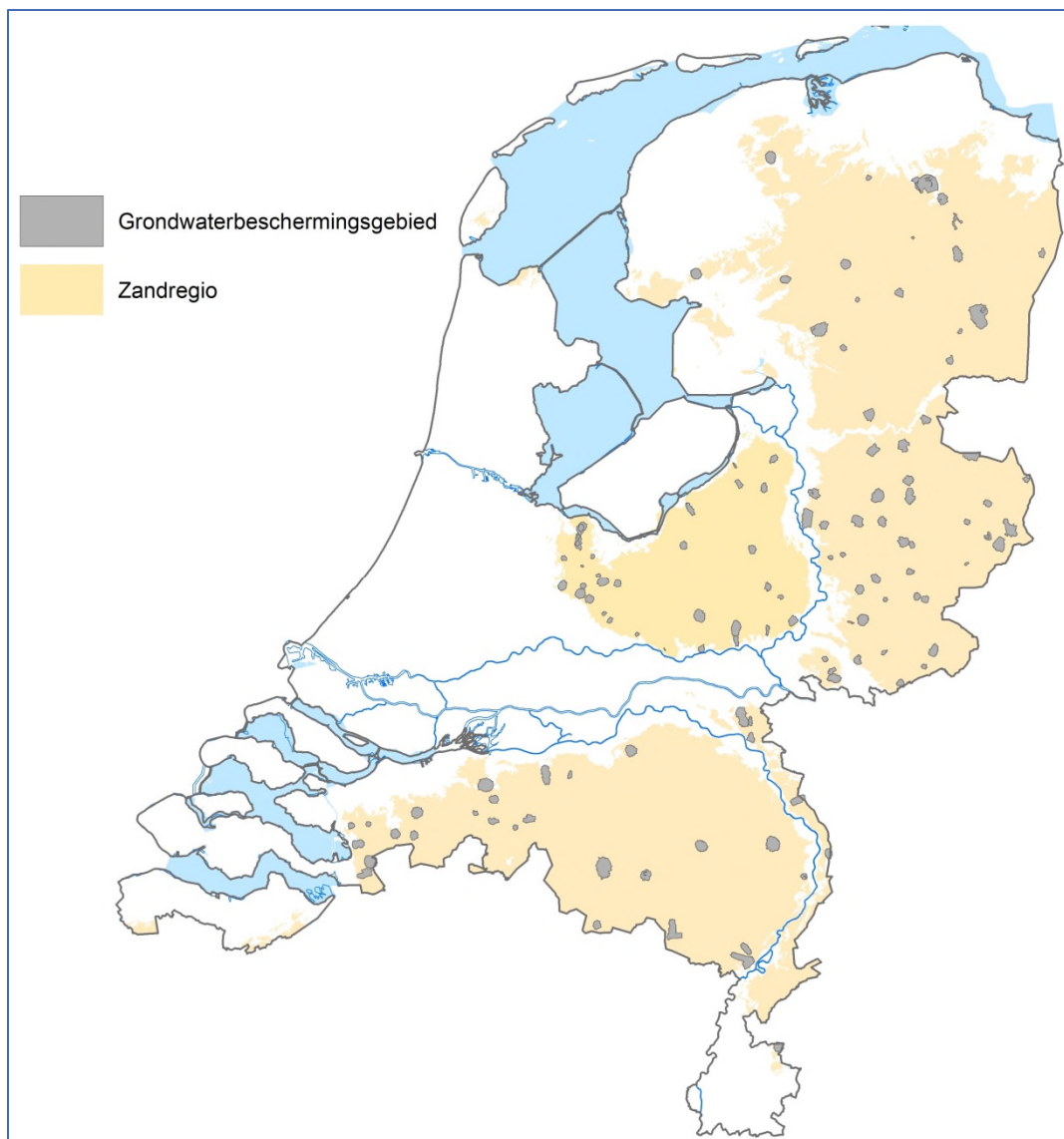
Ten opzichte van de voorgaande rapportage over dit thema (Van Loon, 2012) is de inventarisatie van normoverschrijdingen niet uitgevoerd voor een selecte groep winningen, maar is een groter aantal winningen geselecteerd. Daarnaast zijn voor dit rapport ook de winningen van WMD meegenomen, omdat daar recentelijk problemen met mestgerelateerde parameters in ruwwater de kop op steken. Ten slotte waren een aantal winningen in Noord-Brabant onderdeel van de inventarisatie in 2012. Door aanpassingen in de bedrijfsvoering komen in deze winningen geen normoverschrijdingen meer voor, zodat ze niet zijn meegenomen in dit rapport.

2.2 Ruimtelijke extrapolatie van gemeten nitraatconcentraties

2.2.1 Algemeen

De gevolgen van de huidige stikstofuitspoeling voor de ruwwaterkwaliteit uit kwetsbare grondwaterwinningen op de lange termijn zijn inzichtelijk gemaakt op basis van gemiddelde nitraatconcentraties in het water dat uitspoelt uit de wortelzone (uitspoelingswater) binnen intrekgebieden over de periode 2010-2014 en 2007-2014. Hierbij is als uitgangspunt genomen dat de gemiddelde nitraatconcentratie in uitspoelingswater de normstelling voor nitraat (50 mg/l) niet mag overschrijden. De aanname is dat in dat geval op de lange termijn aan de drinkwaternormen voor nitraat, sulfaat en nikkel wordt voldaan. Het verschil tussen de huidige gemiddelde nitraatconcentratie binnen een intrekgebied en de normstelling voor nitraat is gebruikt als maat voor de ontwikkeling van mestgerelateerde ruwwaterkwaliteitsproblemen op de lange termijn. Deze berekening is uitgevoerd voor 128 grondwaterbeschermingsgebieden die geheel of gedeeltelijk zijn gelegen op de zandregio met uitspoelingsgevoelige gronden (Figuur 2-1). Twee van de meest kwetsbare winningen, namelijk Dinxperlo (Provincie Gelderland) en Mander (Provincie Overijssel) zijn in meer detail geanalyseerd. Deze winningen zijn geselecteerd omdat de effecten van bemesting zich thans manifesteren in normoverschrijdingen voor nitraat, sulfaat en/of nikkel, en dat naar verwachting ook in de toekomst zullen doen.

Vlakdekkende nitraatconcentraties in het uitspoelingswater binnen grondwaterbeschermingsgebieden zijn geschat door middel van ruimtelijke projectie van gemeten nitraatconcentraties in uitspoelingswater van landbouwbedrijven in de Zandregio. Voor deze projectie is gebruik gemaakt van landgebruiks- en grondwatertrappenkaarten en is onderscheid gemaakt tussen landbouwgebieden en natuurgebieden. Voor het bepalen van de nitraatconcentratie onder landbouwgrond is gebruik gemaakt van de LMM-database (Boumans en Fraters, 2011). Deze database bevat tijdreeksen van nitraatconcentraties in mengmonsters die verzameld zijn op ruim 250 aselect gekozen agrarische bedrijven verspreid over de zandgebieden van noord, midden en zuid Nederland. De LMM-database is de meest omvangrijke Nederlandse database van nitraatconcentraties in uitspoelingswater in percelen met een agrarisch gebruik, en is daarom het meest geschikt voor het afleiden van relaties tussen landgebruik en nitraatuitspoeling.



Figuur 2-1: Grondwaterbeschermingsgebieden waarvoor vlakdekkende nitraatconcentraties in het uitspoelingswater zijn berekend. De gebieden liggen geheel of gedeeltelijk in de zandregio.

2.2.2 Nitraat onder grasland en akkerland

De LMM-database is geaggregeerd op het niveau van de bedrijfstypen akkerbouw, melkveehouderij, hokdieren en overige dierbedrijven. Op basis van deze database is de verdeling van de gemiddelde nitraatconcentratie in uitspoelingswater onder gras- en akkerland over de grondwatertrappen als volgt berekend.

Stap 1

Als eerste is voor elk bedrijfstype de gemiddelde nitraatconcentratie in uitspoelingswater voor de hele Zandregio over de perioden 2007-2014 en 2010-2014 berekend. Omdat de nitraatmissies uit landbouw gedurende de periode 2004-2010 gestabiliseerd zijn (Boumans en Fraters, 2011) geeft dit meerjarige gemiddelde een actueel en klimaatneutraal beeld van het regionale effect van bemesting op de nitraatconcentraties. Doordat met gemiddelden voor de hele Zandregio wordt gewerkt, zijn regionale

verschillen in de nitraatconcentratie die niet samenhangen met de eigenschappen van de bodem, zoals grondwatertrap, niet meegenomen. Met andere woorden, de systematisch hogere nitraatconcentratie in het zuid Nederlands zandgebied ten opzichte van de zandgebieden in midden en noord Nederland zijn niet meegenomen. Uit de LMM-database blijkt echter dat de gemiddelde nitraatconcentratie voor LMM-bedrijven uit zuid Nederland een factor 2 tot 4 hoger is dan die uit Oost- en Noord-Nederland. Differentiatie naar deze gebieden was niet mogelijk omdat het aantal bedrijfstypen per zandgebied te klein is om betrouwbare gemiddelde waarden van de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater te berekenen.

Stap 2

Vervolgens zijn de gemiddelde nitraatconcentraties voor de vier LMM-bedrijfstypen omgerekend naar referentie nitraatconcentraties. De referentieconcentratie is gedefinieerd als de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater bij een grondwatertrap VIII. Op deze zeer nitraat-uitspoelingsgevoelige "referentie" bodems speelt denitrificatie een ondergeschikte rol, zodat de referentieconcentratie direct afhangt van de nitraatvracht naar het grondwater. De referentieconcentratie is berekend op basis van de grondwatertrapverdeling van de bedrijfstypen in de Zandregio en de nitraatreductiefactoren volgens Boumans et al. (1989), volgens:

$$[NO_3]_{ref,BT} = \frac{[NO_3]_{BT}}{\sum_{GWT=I}^{GWT=VIII} f_{GWT,BT} \cdot w_{GWT}} \quad (1)$$

, waarin

BT is het bedrijfstype,

GWT is de grondwatertrap,

f is de fractie van het totaal areaal van de LMM-bedrijven behorend tot bedrijfstype BT en met een grondwatertrap GWT, en

w is de nitraatreductiefactor volgens Boumans (1989), zie Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Nitraatreductiefactoren voor het omrekenen van de referentie nitraatconcentratie naar de grondwatertrap-afhankelijke nitraatconcentratie in uitspoelingswater (Boumans et al., 1989).

Gt	II	II*	III	III*	IV	V	V*	VI	VII	VIII
gemiddeld	0,05	0,05	0,08	0,31	0,43	0,50	0,48	0,65	0,83	1,00
SD	0,09	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,07	0,09

Stap 3

Daarna is de gemiddelde referentieconcentratie voor elk LMM-bedrijfstype op basis van een areaalgewogen middeling opgesplitst in een referentieconcentratie voor akkerland en een referentieconcentratie voor grasland. Dit is nodig om patronen in de LMM-database te kunnen projecteren op de intrekgebieden op basis van de actuele LGN landgebruikkaart. De wijze waarop de LGN-kaart hiertoe is geïnterpreteerd wordt in paragraaf 2.2.4 uitgelegd.

Voor het opsplitsen van de gemiddelde referentieconcentraties op basis van areaalgewogen middeling geldt:

$$[NO_3]_{ref,BT} = f_{gras,BT} [NO_3]_{ref,gras} + f_{akker,BT} [NO_3]_{ref,akker} \quad (2a)$$

In deze vergelijking is $f_{gras,BT}$ de areaalfractie grasland voor elk bedrijfstype en $f_{akker,BT}$ de areaalfractie akkerland voor elk bedrijfstype. Omdat de LMM-database alleen gegevens bevat over de areaalfractie grasland, is de areaalfractie voor akkerland berekend met

$$f_{akker,BT} = 1 - f_{gras,BT} \quad (2b)$$

Dit impliceert de aanname dat het totale oppervlak van elk bedrijfstype uitsluitend uit grasland en akkerland bestaat. Het aandeel van ander landgebruikstypen, zoals bebouwing, is daarmee verwaarloosd.

Combineren van vergelijking 2a en 2b resulteert nog altijd in 2 onbekenden (de referentieconcentratie voor grasland én die voor akkerbouw), zodat geen eenduidige oplossing mogelijk is. Daarom zijn de volgende aanvullende aannames gemaakt:

- (1) Het aandeel grasland in akkerbouwbedrijven is verwaarloosd ($f_{gras,akkerbouw} = 0$ en $f_{akker,akkerbouw} = 1$), zodat de gemiddelde referentieconcentratie onder akkerland van akkerbouwbedrijven gelijk is aan de gemiddelde referentieconcentratie van het bedrijfstype als geheel. Deze aanname is legitiem, omdat het aandeel gras in akkerbouwbedrijven 3% was voor de periode 2007-2014 en 2% voor de periode 2010-2014.
- (2) De referentieconcentratie onder akkerland is verondersteld gelijk te zijn voor de bedrijfstypen akkerbouw en melkvee. Omdat de referentieconcentratie voor akkerland reeds berekend was (zie ad a), blijft in vergelijking 2 voor de melkveebedrijven slechts 1 onbekende over, zodat deze vergelijking voor melkveebedrijven oplosbaar is.

- (3) De referentieconcentratie onder grasland en die onder akkerland hebben voor alle bedrijfstypen dezelfde verhouding. Met deze aanname kan aan vergelijking 2 en 3 worden toegevoegd

$$\frac{[NO_3]_{ref,gras}}{[NO_3]_{ref,bouw}} = c \quad (2c)$$

Deze verhouding van vergelijking 2c is reeds bekend uit de berekende referentieconcentraties voor de melkveebedrijven (zie ad. 1). Hierdoor resulteert combineren van vergelijkingen 2a, 2b en 2c in een oplossing voor beide onbekenden voor de bedrijfstypen hokdieren en overige landbouw. Daarmee is de gemiddelde referentieconcentratie onder grasland en bouwland voor de zandgronden als geheel berekend als het areaalgewogen gemiddelde van de referentieconcentraties die zijn berekend voor de vier LMM-bedrijfstypen.

Tabel 2-1: Nitraatconcentraties (mg/l) voor LMM-bedrijfstypen in de zandregio tijdens de perioden 2007-2014 en 2010-2014.

	Bedrijfstype	Gemiddelde ²	Referentie ³	Referentie akkerbouw ⁴	Referentie grasland ⁴
2007-2014	Akkerbouw	58	109	109	Nvt ⁵
	Hokdier	75	161	178	131
	Melkvee	37	86	109	79
	Overig	58	137	164	120
	Gemiddeld ¹			128	91
2010-2014	Akkerbouw	56	105	105	Nvt ⁵
	Hokdier	52	119	133	94
	Melkvee	35	82	105	75
	Overig	49	129	158	112
	Gemiddeld ²			117	83

¹ Areaal-gewogen

² Gemiddelde concentratie gebaseerd op waarnemingen

³ Referentieconcentratie berekend met vergelijking (1)

⁴ Referentieconcentratie berekend met vergelijking (2)

⁵ Het gemiddelde aandeel grasland in het bedrijfsoppervlak van akkerbouwbedrijven is verwaarloosbaar klein.

Stap 4

Ten slotte zijn de referentieconcentraties voor grasland en akkerbouw teruggerekend naar grondwatertrap-gerelateerde gemiddelde concentraties door vermenigvuldiging met de nitraatreductiefactoren volgens Boumans et al., 1989 (zie Tabel 2.1):

$$[NO_3]_{gras,GWT} = [NO_3]_{ref,gras} \cdot w_{GWT} \quad (5A)$$

$$[NO_3]_{akker,GWT} = [NO_3]_{ref,akker} \cdot w_{GWT} \quad (5B)$$

2.2.3 Nitraat onder natuurgebieden

De gemiddelde nitraatconcentratie in uitspoelingswater onder natuurgebieden is ontleend aan Masselink et al. (2012), een RIVM-rapportage over de resultaten van het Trend Meetnet Verzuring voor de periode 2009-2011. Dit meetnet bevat ongeveer 150 meetlocaties in bos- en heidegebieden in de Zandregio. Op elke locatie is 1 mengmonster van de monsters van het bovenste grondwater afkomstig uit 10 meetpunten geanalyseerd op onder andere nitraat. De rapportage van Masselink et al. (2012) betreft een analyse van 74 meetlocaties in oktober 2009 en april 2010, en 76 andere meetlocaties in september 2010 en januari 2011. Uit de resultaten van de monsterrondes rapporteren Masselink et al. (2012) een gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater onder bos- en heide van 20 mg/l. Deze gemiddelde concentratie is in onderhavige studie direct gebruikt voor het berekenen van de vlakdekkende nitraatconcentratie in intrek- en grondwaterbeschermingsgebieden, zonder dat gecorrigeerd is voor de grondwaterstand. Dit is een grove benadering gezien de waargenomen variatie in nitraatconcentratie tussen 0 en 120 mg/l (Masselink et al., 2012).

2.2.4 Projectie op grondwaterbeschermingsgebieden

De verdeling van de gemiddelde nitraatconcentraties over de grondwatertrappen is geprojecteerd op grondwaterbeschermingsgebieden. Hierbij zijn de LGN-kaart en de Bodemkaart van Nederland (2006) als uitgangspunt genomen. Hiertoe zijn enkele LGN-klassen als volgt geaggregeerd:

- De LGN-klassen “agrarisch gras”, en “gras in primair/secondair bebouwd gebied” zijn samengevoegd tot de landgebruiksklasse “grasland”.
- Alle LGN-klassen “Maïs”, “Aardappelen”, “Bieten”, “Granen”, “Bloembollen” en “Overige gewassen” zijn samengevoegd tot de landgebruiksklasse “Akkerbouw”
- Alle LGN-klassen die refereren aan de aanwezigheid van bos of heide zijn gebundeld tot de klasse “natuur”;
- De overige LGN-klassen (onder andere bebouwing) zijn niet meegerekend in de berekening van de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater. Deze aanname is legitiem omdat neerslag op verhard oppervlak voor een groot deel via het riool afgevoerd wordt, zodat het grondwater niet belast wordt met uitspoelend stikstof.

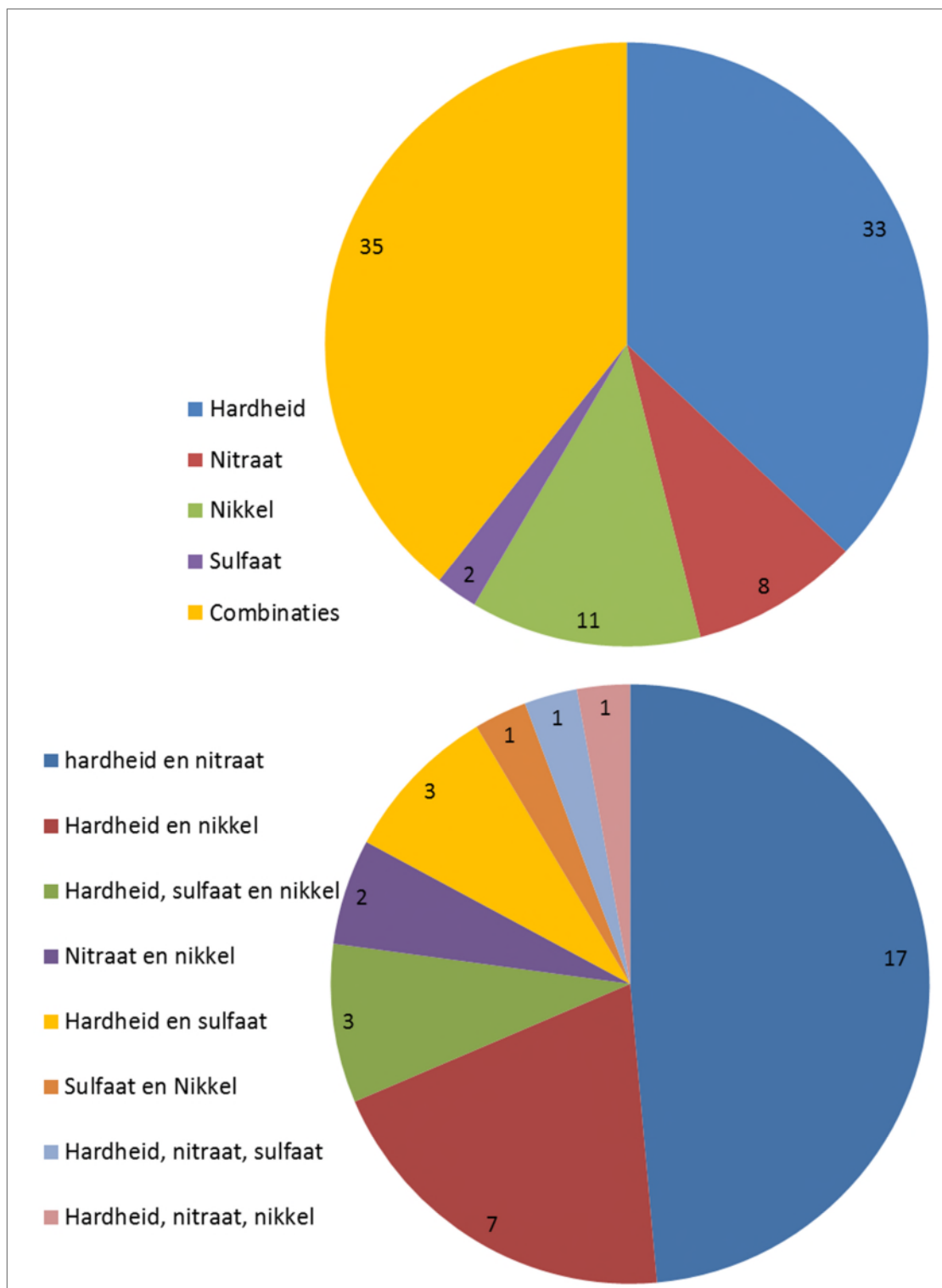
3 Resultaten

3.1 Normoverschrijdingen voor mestgerelateerde parameters

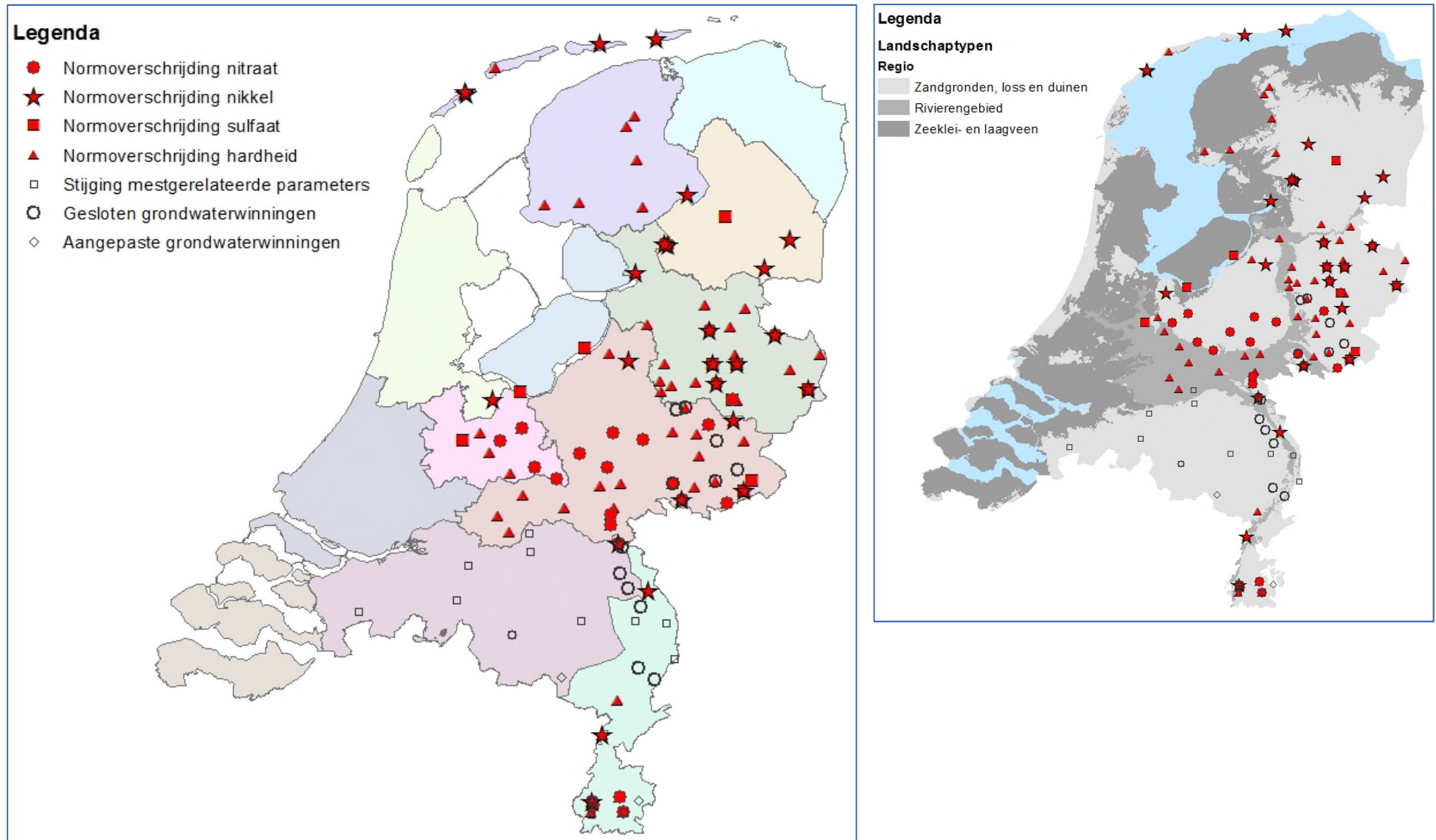
3.1.1 Algemeen

Figuur 3-1 geeft het aantal Nederlandse grondwaterwinningen waar gedurende de periode 2000-2015 één of meer normoverschrijdingen voor nitraat, sulfaat, hardheid of nikkel in individueel ruwwater zijn waargenomen. Uit deze figuur blijkt dat deze normoverschrijdingen van deze parameters in 89 grondwaterwinningen hebben plaats gevonden. Hierbij gaat het in 60% van de gevallen om normoverschrijdingen voor één van de vier genoemde parameters, meestal hardheid. In 40% (35 winningen) van de gevallen gaat het om normoverschrijdingen voor meer dan één van de vier parameters. In 17 van deze 35 gevallen (de helft) gaat het om normoverschrijdingen voor hardheid en nitraat. In 5 gevallen zijn normoverschrijdingen voor 3 parameters (3 keer hardheid, sulfaat en nikkel, 1 keer hardheid, nitraat en nikkel, 1 keer hardheid, nitraat en sulfaat) waargenomen.

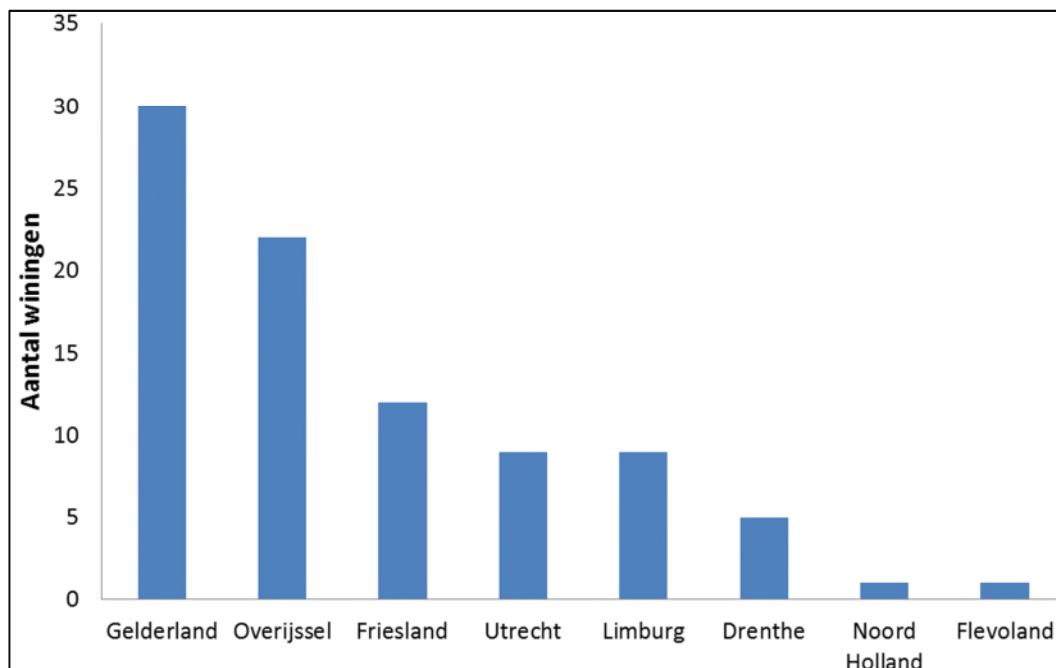
De locaties van de winningen waar normoverschrijdingen van nitraat, sulfaat, hardheid of nikkel zijn waargenomen zijn in Figuur 3-1 weergegeven. In Figuur 3-3 wordt de verdeling van deze winningen over de provincies weergegeven. Uit deze figuren blijkt dat normoverschrijdingen gerelateerd aan mestgebruik voorkomen in de provincies Gelderland (n=30), Overijssel (n=22), Friesland (n= 12), Utrecht (n=9), Limburg (n=9), Drenthe (n= 5), Noord Holland (n=1) en Flevoland (n=1). De Provincie Noord-Brabant ontbreekt in het rijtje van normoverschrijdingen, doordat winningen die kwetsbaar waren voor vermesting na 2000 zijn gesloten (Vierlingsbeek en Boxmeer) of het winveld is aangepast (Vessem en Budel). Deze winningen zijn niet bij de inventarisatie meegenomen, maar wel in Figuur 3-2 weergegeven. Daarnaast worden in 14 grondwaterwinningen in Noord-Brabant en Limburg stijgende concentraties van sulfaat of nitraat waargenomen (Castelijns, 2012; diverse WML-rapportages). Hoewel normoverschrijdingen in de toekomst waarschijnlijk uit zullen blijven, vereist deze ontwikkeling mogelijk een intensievere zuivering om drinkwater te produceren uit grondwater.



Figuur 3-1: Aantal winningen met waargenomen normoverschrijdingen voor nitraat, hardheid, sulfaat, nikkel of combinaties daarvan in individueel ruwwater gedurende de periode 2000-2015. Boven: enkelvoudige en totaal aantal meervoudige normoverschrijdingen. Onder: meervoudige normoverschrijdingen opgesplitst naar parametercombinaties. In totaal zijn in 89 winningen normoverschrijdingen voor nitraat, hardheid, sulfaat of nikkel waargenomen, waarbij het in 40% van de gevallen gaat om normoverschrijdingen voor meerdere stoffen.



Figuur 3-2: Waterwinningen waar gedurende de periode 2000-2015 normoverschrijdingen voor nitraat, hardheid, sulfaat of nikkel in het ruwwater van individuele winputten zijn waargenomen. Tevens zijn de winningen weergegeven die onder andere vanwege invloed van mestgebruik sinds 2000 zijn gesloten of aangepast. Voor de provincies Noord-Brabant en Limburg zijn tevens de winningen weergegeven met stijgende nitraat- of sulfaatconcentraties (Castelijns, 2012 en diverse WML-rapporten). Twee van de winningen met een normoverschrijding voor hardheid en één met een normoverschrijding voor nitraat zijn inmiddels gesloten.



Figuur 3-3: Verdeling over de provincies van het aantal winningen waar gedurende de periode 2000-2015 normoverschrijdingen voor nitraat, hardheid, sulfaat of nikkel zijn waargenomen

3.1.2 Nitraat in ruwwater

Gedurende de periode 2000-2015 zijn in één of meer pompputten van 29 kwetsbare grondwaterwinningen normoverschrijdingen voor nitraat (50 mg/l) waargenomen (Figuur 3-1). Deze winningen liggen op de hoge zandgronden van Drenthe, Gelderland, Overijssel, Utrecht en Limburg, of het lössgebied van Zuid-Limburg. In 21 gevallen zijn in dezelfde waterwinning ook normoverschrijdingen voor hardheid (n=17), nikkel (n=23), hardheid en sulfaat (n=1) of hardheid en nikkel (n=1) waargenomen (Figuur 3-1). Deze winningen onttrekken grondwater uit diepere, anoxische watervoerende lagen die kalkhoudend zijn en/of pyriet bevatten.

Volgens Figuur 3-4 varieerde het aantal winningen met overschrijdingen van de nitraatnorm gedurende de periode 2000-2015 tussen de 11 en 17 stuks. Het aantal winningen met overschrijdingen van de nitraatnorm lijkt gedurende deze periode iets te zijn afgenomen. Mogelijk komt dit (ook) doordat de drinkwaterbedrijven hun bedrijfsvoering hebben aangepast door het afstoten van winputten met onvoldoende waterkwaliteit.

Gedurende de periode 2000-2015 werden in 7 winningen jaarlijks normoverschrijdingen voor nitraat waargenomen (Figuur 3-5). In deze winningen is de nitraatproblematiek van structurele aard. In de andere 20 winningen komen normoverschrijdingen op jaarbasis minder frequent voor: in 14 winningen kwamen ze in 10-90% van de jaren (1 tot 14 keer gedurende de periode 2000-2015) voor, en in 6 winningen in minder dan 10% van de jaren (1 keer in de periode 2000-2015).

3.1.3 Hardheid van ruwwater

Gedurende de periode 2000-2015 zijn in één of meer pompputten van 65 grondwaterwinningen normoverschrijdingen voor hardheid (2.5 mmol/l) waargenomen (Figuur 3-1). Deze winningen liggen in het rivierengebied, de kalkhoudende hoge zandgronden van Gelderland, Overijssel, Friesland, Utrecht, Drenthe en Limburg, de Waddeneilanden en het lössgebied van Zuid-Limburg. In de helft van de gevallen (n=32) zijn in dezelfde waterwinningen ook normoverschrijdingen voor nitraat (n=17), nikkel (n=7), sulfaat (n=3), nikkel en sulfaat (n=3), hardheid en sulfaat (n=1) of hardheid en nikkel (n=1) waargenomen (Figuur 3.1)

Gedurende de periode 2000-2015 varieerde het aantal winningen waarin overschrijdingen van de hardheidnorm zijn waargenomen tussen 37 en 52 stuks (Figuur 3-4). Hoewel het aantal in 2015 lager was dan de jaren daarvoor, geeft deze figuur geen aanwijzingen voor een trendmatige afname van het aantal normoverschrijdingen voor hardheid. Figuur 3-5 geeft aan dat in 29 winningen deze normoverschrijding van structurele aard is; in alle jaren is minimaal één normoverschrijding waargenomen.

3.1.4 Sulfaat in ruwwater

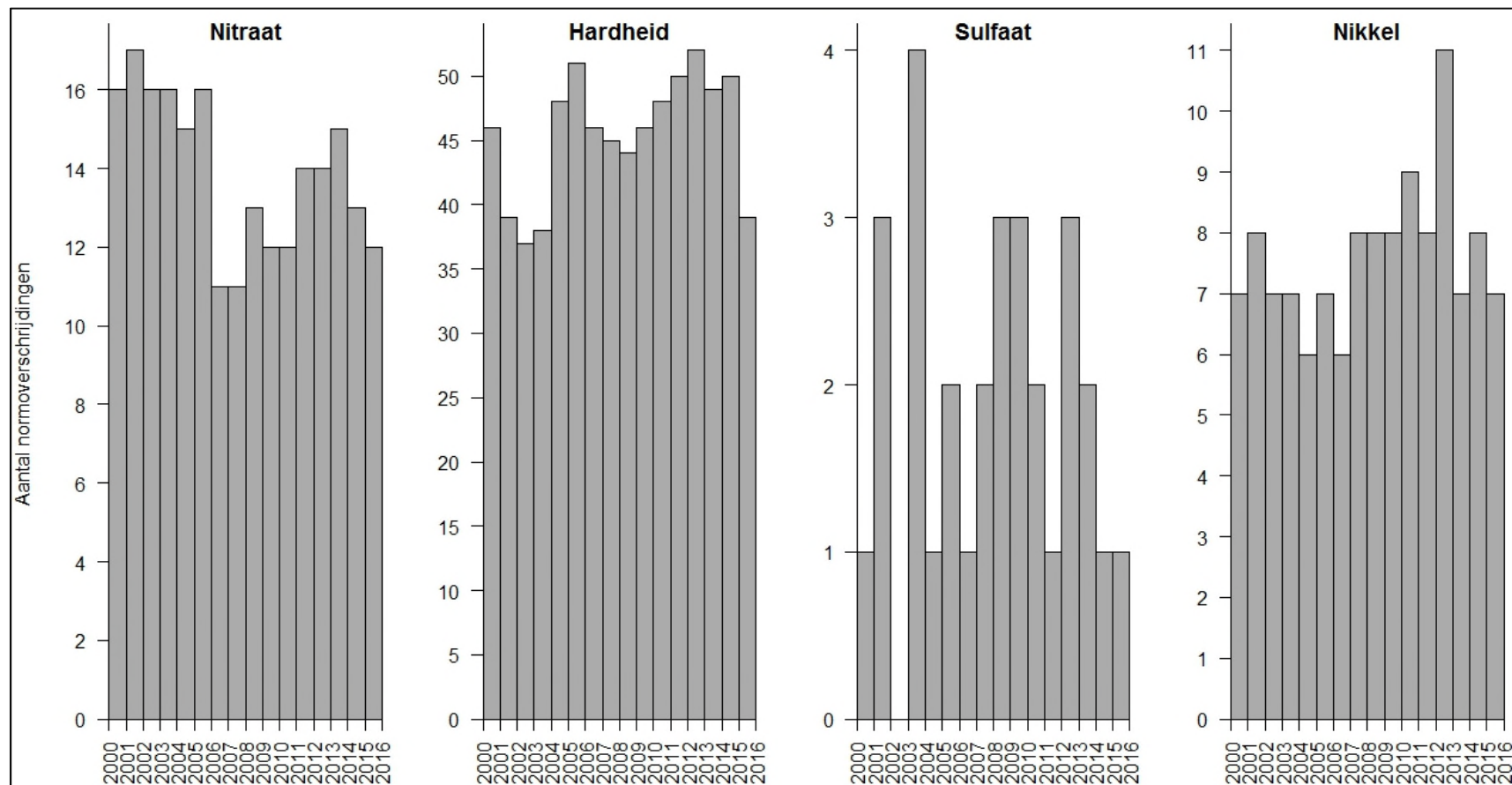
Normoverschrijdingen voor sulfaat zijn gedurende de periode 2000-2015 in 10 winningen aangetroffen (Figuur 3-1). Zeven van deze winningen liggen op de pyriet-houdende hoge zandgronden van Gelderland, Overijssel en Drenthe. De drie andere winningen liggen in het rivierengebied of het zeekleigebied. Normoverschrijdingen van sulfaat zijn hier (mogelijk) gerelateerd aan andere oorzaken dan mestgebruik. In het merendeel van de gevallen (n=8) zijn in dezelfde waterwinningen ook normoverschrijdingen voor hardheid (n=3, nikkel (n=1), hardheid en nikkel (n=3) of nitraat en hardheid (n=1) waargenomen. Het jaarlijkse aantal winningen met normoverschrijdingen voor sulfaat varieert tussen 0 (in 2002) en 4 (in 2003) (Figuur 3-4). Overschrijdingen komen meestal incidenteel voor (Figuur 3-5), in minder dan 20% van de jaren, ofwel minder dan 3 keer gedurende de periode 2000-2015.

3.1.5 Nikkel in ruwwater

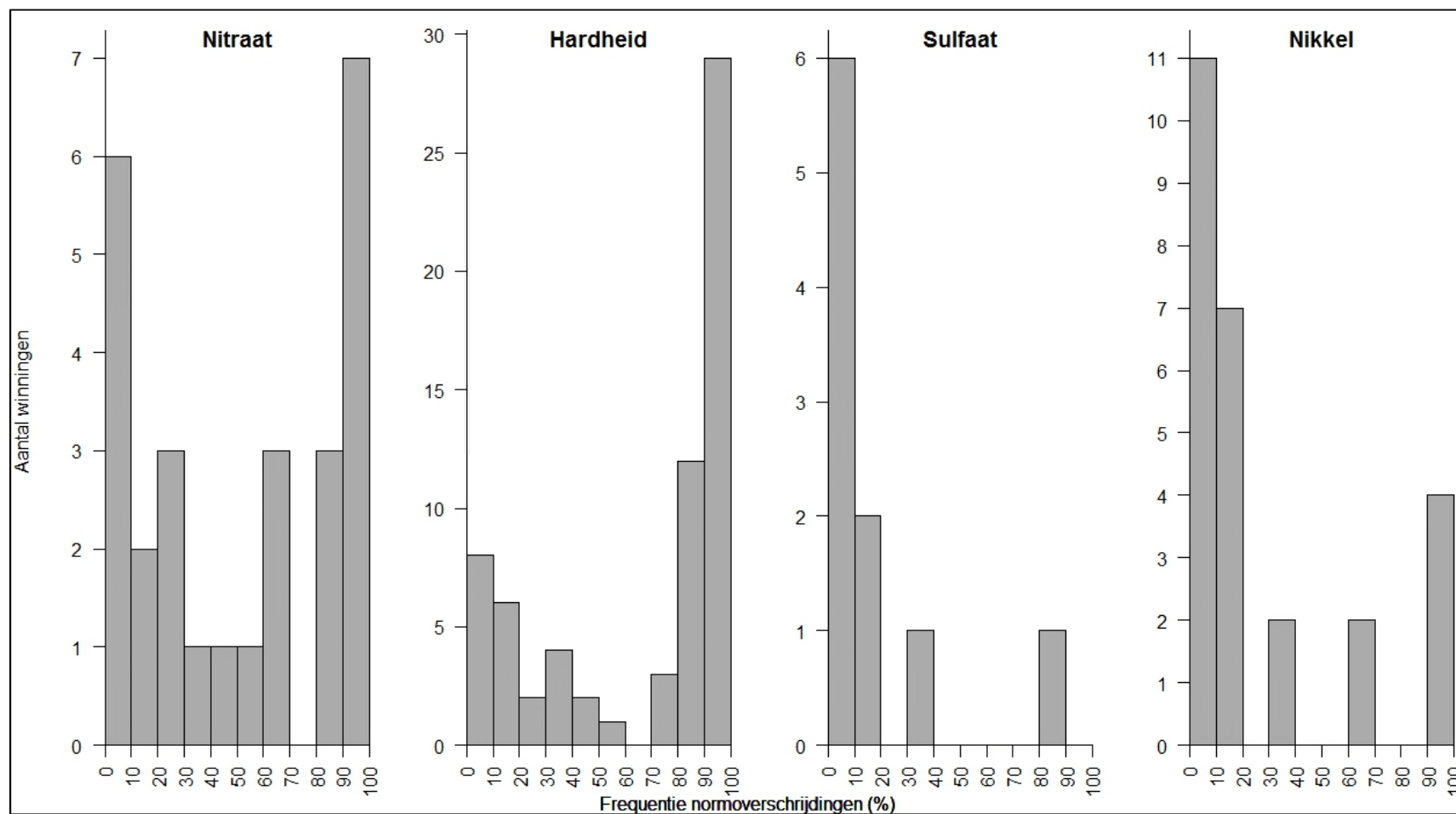
Normoverschrijdingen voor nikkel (0,02 mg/l) zijn sinds 2000 in 25 grondwaterwinningen waargenomen (Figuur 3-1). Vijftien van deze winningen liggen op de pyriethoudende hoge zandgronden van Overijssel, Gelderland, Drenthe en Limburg. De andere 10 winningen liggen op de Waddeneilanden, waar pyriet houdend zeezand en zeeklei ondiep (enkele tot tientallen meters) voorkomt. Het pyriet in deze afzetting oxideert onder invloed van nitraat uit mest, maar ook onder invloed van zuurstof dat door de gedaalde grondwaterstand dieper de bodem in kan dringen dan onder natuurlijke omstandigheden het geval was. Hierdoor hangen normoverschrijdingen voor nikkel op de Waddeneilanden voor een deel samen met ontwatering van landbouwgronden en de grondwaterwinning zelf.

In ruim de helft (n=14) van de grondwaterwinningen waar normoverschrijdingen voor nikkel zijn waargenomen, zijn ook normoverschrijdingen voor hardheid (n=7), sulfaat (n=1), hardheid en sulfaat (n=3), nitraat (n=2) of nitraat en hardheid (n=1) waargenomen. Het jaarlijks aantal winningen met overschrijdingen van de nikkelnorm varieert tussen 6 en 11 stuks en vertoont eerder een stijgende dan een dalende trend (Figuur 3-4). In 4

winningen is jaarlijks een overschrijding van de nikkelnorm waargenomen. In de meeste winningen (11 stuks) is overschrijding van de nikkelnorm gedurende de periode 2000-2015 eenmaal waargenomen (Figuur 3-5).



Figuur 3-4: Verloop van het aantal winningen waar normoverschrijdingen voor nitraat, hardheid, sulfaat en nikkel zijn waargenomen gedurende de periode 2000-2015.



Figuur 3-5: Relatieve frequentie van waargenomen normoverschrijdingen voor nitraat, hardheid, sulfaat en nikkel over de periode 2000-2015. Voorbeeld: in zeven winningen komen normoverschrijdingen voor nitraat in 90 tot 100% van de jaren voor.

3.2 Inspanningen van de drinkwatersector

De drinkwaterbedrijven op de hoge zandgronden (Brabant Water, WML, WMD en Vitens) en het lössgebied (WML) leveren al decennia lang diverse inspanningen om de kwaliteit van de bronnen te verbeteren. De geleverde inspanningen sinds 2005 zijn geïnventariseerd door middel van een belronde langs de drinkwaterbedrijven. Hierbij is contact opgenomen met Sef Philips en Jeroen Castelijns (beiden Brabant Water), Martin de Jonge (Vitens), Birgitta Putters (WML) en Gerrit Veenendaal (WMD). Uit deze belronde kwam het volgende beeld naar voren.

- (1) De vier drinkwaterbedrijven op de Hoge Zandgronden (Vitens, WMD, Brabant Water en WML) participeren in totaal in 11 regionale samenwerkingsprojecten met agrariërs, waarbij o.a. gewerkt wordt aan het verminderen van de uitspoeling van nitraat naar het grondwater (zie Bijlage II). De aanpak varieert van het leveren van adviezen en inrichtingsmaatregelen voor het verbeteren van de bodemeigenschappen om meststoffen beter vast te houden, tot het communiceren van de risico's van landbouwemissies voor de kwaliteit van grondwater als grondstof voor drinkwaterproductie. De drinkwaterbedrijven leveren in deze projecten een financiële of *in kind* bijdrage aan de inrichtingsmaatregelen, adviezen en communicatie. Daarnaast zetten de drinkwaterbedrijven middelen in om de projectresultaten te monitoren en daarover te rapporteren. Tot nog toe worden met dergelijke samenwerkingsprojecten goede resultaten behaald.
- (2) Alle genoemde drinkwaterbedrijven hebben hun kwaliteitsmonitoring aangepast en geïntensiveerd ten behoeve van de bedrijfsvoering en kennisopbouw in relatie tot de mestproblematiek. Naast de monitoring worden met enige regelmaat kwaliteitsrapportages opgesteld (bv Castelijns, 2012; Prevoo en Van Rijsselt, 2010) of wordt onderzoek verricht om de oorzaken van mestgerelateerde ruwwaterproblemen te achterhalen of onderbouwen (bv Stuyfzand, 2015b; Broers en De Weert, 2015).
- (3) De drinkwaterbedrijven investeren meer of minder frequent in kwaliteitsprognoses om eventuele knelpunten voor te kunnen zijn. Dit houdt in dat naast deze jaarlijks terugkerende inspanning, ook geïnvesteerd is in de ontwikkeling van modelinstrumentaria voor het beschrijven van transport, omzettingsprocessen en menging van grondwater met uiteenlopende ouderdom en herkomst.
- (4) Sinds het jaar 2000 zijn in het zuiden en oosten van Nederland 12 grondwaterwinningen gesloten, mede vanwege een problematische ruwwaterkwaliteit als gevolg van mestinvloeden. Tevens zijn in deze periode vijf grondwaterwinningen aangepast, mede om mestgerelateerde problemen te voorkomen (naast anti-verdroging en andere probleemstoffen). Deze aanpassingen betreffen het verdiepen of verplaatsen van winputten of het mengen van ruwwater met minder belast grondwater.
- (5) Om problemen met hardheid (bv kalkaanslag) te voorkomen of te reduceren, hebben de drinkwaterbedrijven op grote schaal hun zuivering uitgebreid met onthardingsinstallaties. Hoewel mestgebruik niet geheel verantwoordelijk is voor de nodige onthardingsinspanning, kan het daar wel een groot aandeel in hebben (vuistregel 50%). Met de ontharding zijn kosten voor grondstoffen, energie, onderhoud en afschrijving gemoeid.

- ### 3.3 Nitraatconcentraties in het uitspoelingswater

De berekende nitraatconcentraties in het water dat uitspoelt uit de wortelzone in relatie tot bodemgebruik en grondwatertrap voor de periodes 2007-2014 en 2010-2014 zijn weergegeven in Tabel 3-1. Gemiddeld over de periode 2007-2014 nam de gemiddelde nitraatconcentratie onder grasland toe van 5 mg/l bij grondwatertrap II (zeer nat) tot 91 mg/l bij grondwatertrap VIII (zeer droog). Onder bouwland nam hij op dezelfde manier toe van 6 mg/l tot 128 mg/l. Ongeacht het landgebruik was de gemiddelde nitraatconcentratie over de periode 2007-2014 onder bodems met een grondwatertrap van III of natter lager dan de normstelling van 50 mg/l. De nitraatconcentratie overschreed de norm in bodems met een grondwatertrap IV of droger die in gebruik waren voor akkerbouw, en in bodems met een grondwatertrap van VI of droger die in gebruik waren voor grasland.

De LMM-database geeft aanwijzingen dat de gemiddelde nitraatconcentratie in uitspoelingswater gedurende de periode 2010-2014 lager was dan gedurende de periode 2007-2010. Dit uit zich in lagere grondwatertrap-gerelateerde nitraatconcentraties onder zowel graslandpercelen als akkerbouwpercelen. Hierdoor is ook de kritische grondwatertrap in droge richting verschoven. In de periode 2007-2014 was de nitraatconcentratie onder akkerbouwpercelen met een grondwatertrap IV nog hoger dan de norm. In de periode 2010-2014 was dat vanaf grondwatertrap V.

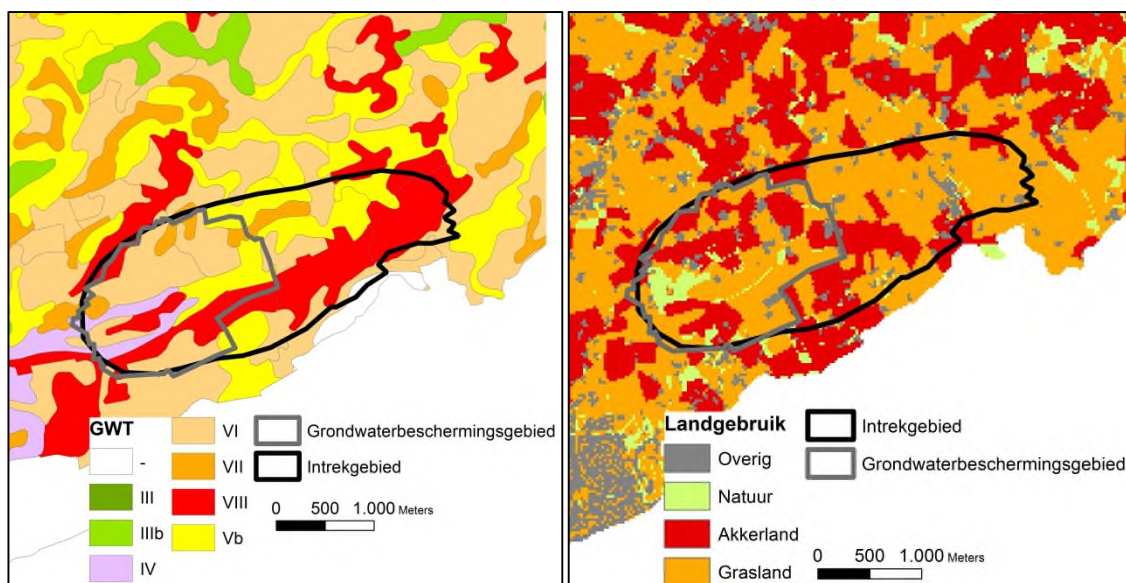
Tabel 3-1 Indicatieve waarden van de nitraatconcentratie in uitspoelingswater onder grasland, akkerbouw en natuur in relatie tot de grondwatertrap. Overige landgebruikstypen, zoals bebouwing, zijn niet meegenomen bij de berekening van gebiedsgemiddelde nitraatconcentraties in uitspoelingswater

[illegible]

3.3.2 Dinxperlo (Gelderland)

De berekende vlakdekkende nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in het intrekgebied van de winning te Dinxperlo (Gelderland) is weergegeven in Figuur 3-7 (volgende pagina). Deze figuur geeft aanwijzingen dat er in het overgrote deel van het intrekgebied sprake is van nitraatconcentraties in het bovenste grondwater die de normstelling van 50 mg/l overschrijden. De oorzaak van deze hoge nitraatconcentraties is zowel de dominantie van agrarisch landgebruik over natuur, als het hoge aandeel droge zandgronden met een grondwatertrap VI of hoger (Figuur 3-6). In agrarische percelen met deze grondwatertrap is de nitraatconcentratie hoger dan 50 mg/l, ongeacht of het perceel in gebruik is voor grasland of akkerbouw. Met andere woorden, door het agrarisch gebruik van het intrekgebied is de emissie van nitraat naar het grondwater relatief hoog, en door de diepe grondwaterstanden vindt er in de onverzadigde zone relatief weinig afbraak van nitraat onder invloed van denitrificatie plaats. Gebieden met een berekende nitraatconcentratie lager dan 50 mg/l hebben een beperkt aandeel in het intrekgebied. In het zuidwesten hangen deze gebieden samen met de aanwezigheid van natuur met een lage emissie van stikstof naar het grondwater. Verder naar het oosten hangen deze gebieden samen met de aanwezigheid van grasland op bodems met een grondwatertrap V, zodat de hogere emissie van stikstof gemaskeerd wordt door omzetting van nitraat naar stikstofgas (denitrificatie).

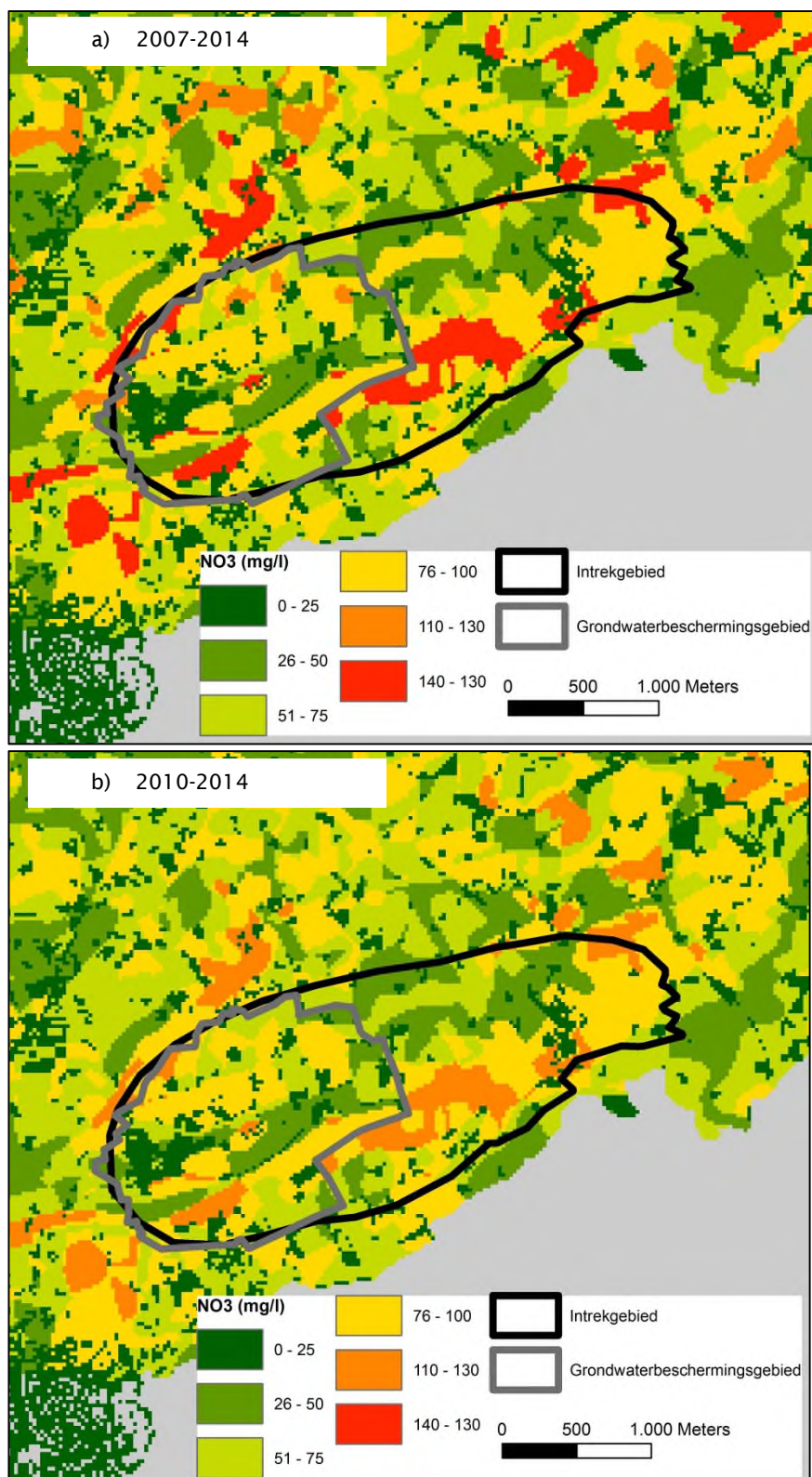
De ruimtelijk gemiddelde nitraatconcentratie van het grondwaterbeschermingsgebied (25-jaars zone) van Dinxperlo is op basis van Figuur 3-6 begroot op 63 mg/l voor de periode 2007-2014 en 58 mg/l voor 2010-2014. Het gebiedsgemiddelde van het intrekgebied is iets hoger, namelijk 68 mg/l voor 2007-2014 en 62 mg/l voor 2010-2014. Dit is ruim 40% hoger dan de areaal-gewogen gemiddelde nitraatconcentratie in uitspoelingswater voor de LMM-bedrijven in de Zandregio als geheel. Voor beide gebieden is sprake van een afname van de gemiddelde nitraatconcentratie in de tijd. Deze trend komt overeen met de afname van de gemiddelde nitraatconcentratie op de zandgronden als geheel die in het kader van LMM is waargenomen. Deze afname kan zowel het gevolg zijn van een afnemend stikstofgebruik als van weersinvloeden (toenemende verdunning met toenemend neerslagoverschot). Deze berekening indiceert dat een daling van de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van het intrekgebied met 12 tot 18 mg/l noodzakelijk is om op de lange termijn voldoende verbetering van de diepe grondwaterkwaliteit te bewerkstelligen om normoverschrijdingen in ruwwater te voorkomen.



Figuur 3-6: Landgebruik (LGN6) en grondwatertrap (Bodemkaart van Nederland) van het intrekgebied van de grondwaterwinning te Dinxperlo en omgeving

Tabel 3-2: Gemiddelde nitraatconcentraties (mg/l) in uitspoelingswater voor drie geografisch begrensde gebieden, berekend op basis van de LMM-database.

	Gebied	2007-2014	2010-2014
<u>Zandregio</u>		48	43
<u>Dinxperlo</u>			
	Grondwaterbeschermingsgebied	63	58
	Intrekgebied	68	62
<u>Mander</u>			
	Grondwaterbeschermingsgebied	61	57

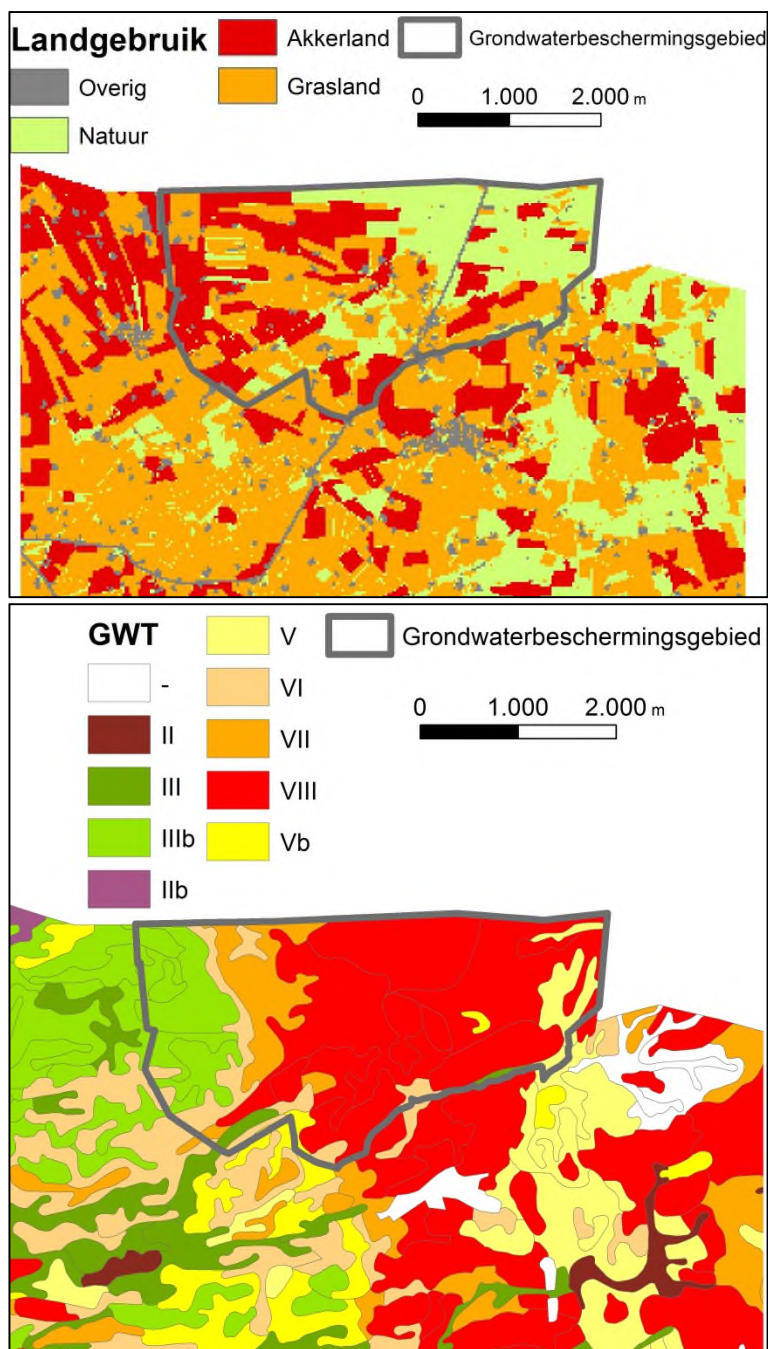


Figuur 3-7: Berekende, Vlakdekkende nitraatconcentratie in uitspoelingswater in het intrekgebied van grondwaterwinning Dinxperlo. boven: gemiddelde voor 2007-2014. Onder: gemiddelde voor 2010-2014

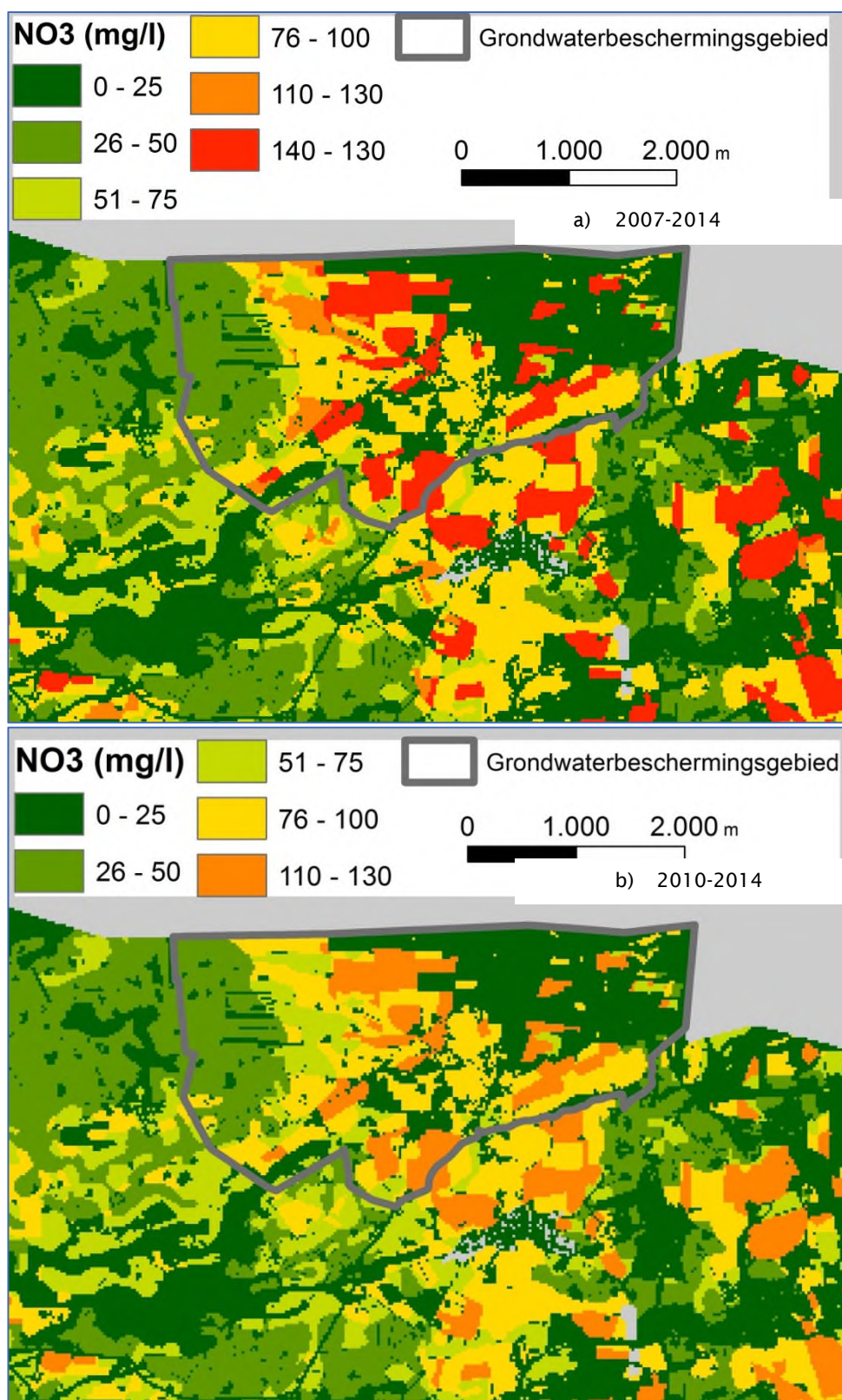
3.3.3 Mander (Overijssel)

De berekende vlakdekkende nitraatconcentraties in het bovenste grondwater in het grondwaterbeschermingsgebied van de kwetsbare winning te Mander (Overijssel) is weergegeven in Figuur 3-9. Deze figuur geeft aanwijzingen dat de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater zowel voor de periode 2007-2014 als 2010-2014 in ruim de helft van het grondwaterbeschermingsgebied norm overschrijdend (> 50 mg/l) is. Figuur 3-8 laat zien dat deze hoge nitraatconcentraties samenhangen met de aanwezigheid van akkerbouw en (in mindere mate) grasland op droge bodems met een grondwatertrap van VI of droger. Nitraatconcentraties beneden de normstelling komen over een beperkte oppervlakte voor. In het noordoosten van het grondwaterbeschermingsgebied hangen lage nitraatconcentraties samen met de aanwezigheid van natuur met een gemiddeld lage emissie van nitraat naar het grondwater. In het noordwesten hangen ze samen met de nattere bodems met een grondwatertrap III. Door deze natte omstandigheden wordt de gemiddeld hoge emissie van nitraat uit de aanwezige akkerbouw gemaskeerd door omzetting van nitraat in stikstofgas (denitrificatie).

De gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie van het grondwaterbeschermingsgebied van Mander is op basis van Figuur 3-9 begroot op 61 mg/l voor de periode 2007-2014 en 57 mg/l voor de periode 2010-2014 (Tabel 3-2). Dit is ruim 25% hoger dan de areaal-gewogen gemiddelde nitraatconcentratie in uitspoelingswater voor de LMM-bedrijven in de Zandregio als geheel. De afname in de tijd komt overeen met de afname van de gemiddelde nitraatconcentratie in de Zandregio als geheel die in het kader van LMM is waargenomen. De hier uitgevoerde berekening indiceert dat een daling van de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater van het grondwaterbeschermingsgebied met 7 tot 11 mg/l, noodzakelijk is, om op de lange termijn voldoende verbetering van de diepe grondwaterkwaliteit te bewerkstelligen om normoverschrijdingen in ruwwater te voorkomen. Merk op dat, indien het Duitse deel van het intrekgebied gedomineerd wordt door natuur, de noodzakelijke daling van het stikstofgebruik lager zal uitvallen.



Figuur 3-8: Landgebruik (LGN6) en grondwatertrap (Bodemkaart van Nederland) van het grondwaterbeschermingsgebied van de grondwaterwinning te Mander en omgeving.

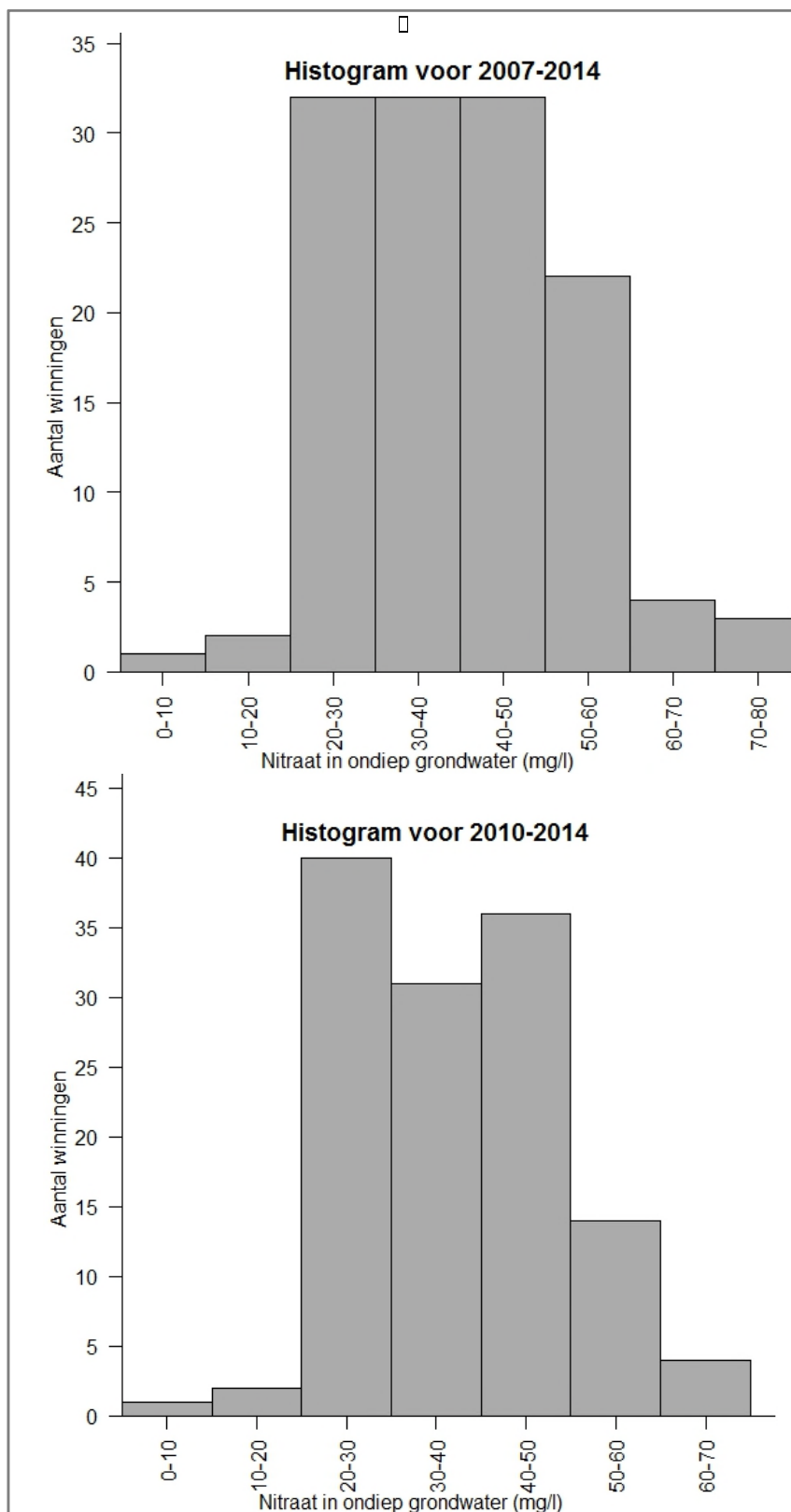


Figuur 3-9: Vlakdekkende nitraatconcentratie van het grondwaterbeschermingsgebied van de grondwaterwinning te Mander en omgeving voor de periodes 2007-2014 en 2010-2014.

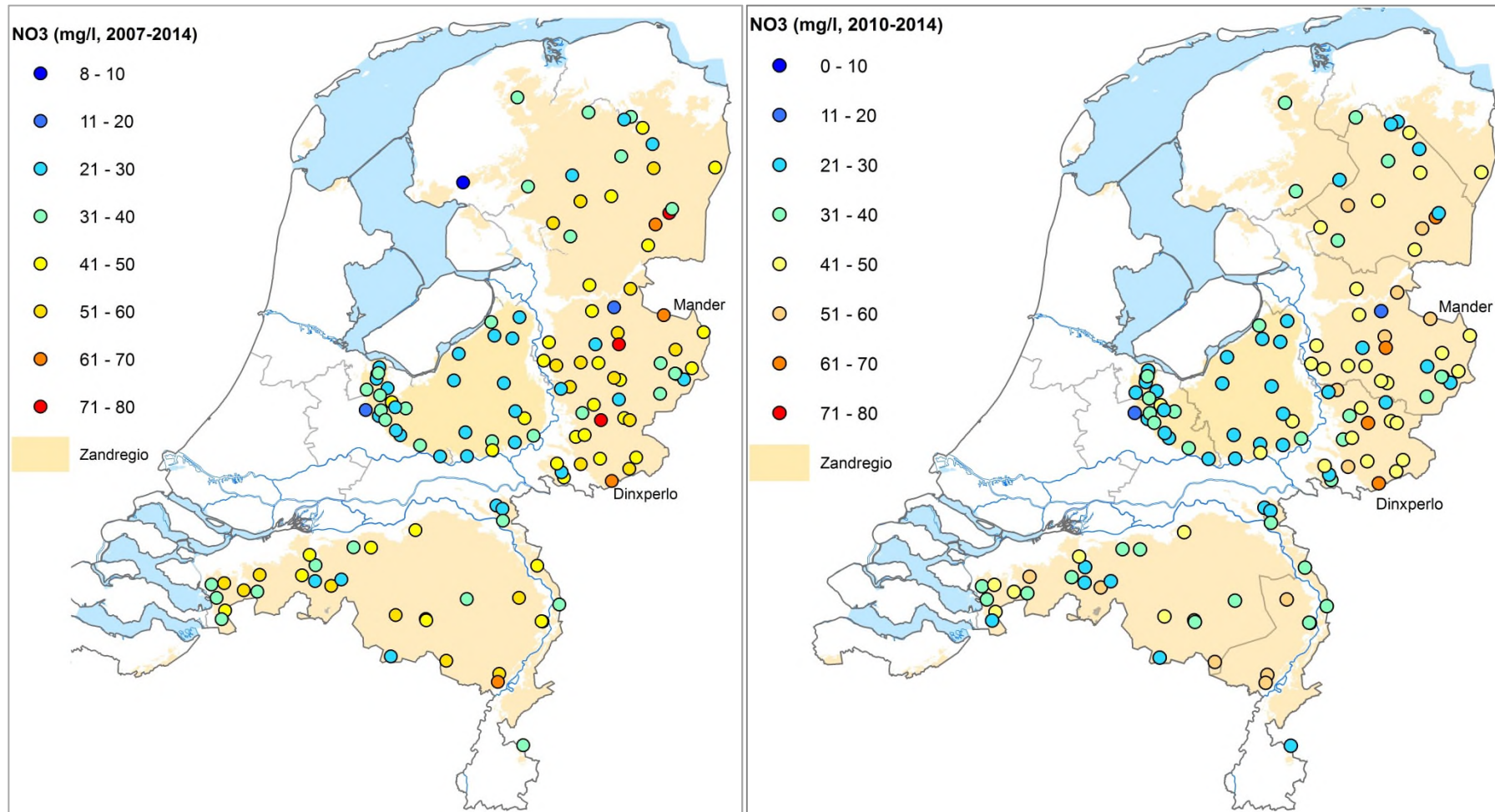
3.3.4 Grondwaterbeschermingsgebieden in de zandregio

Figuur 3-10 geeft een overzicht van de berekende nitraatconcentraties in het uitspoelingswater binnen de grondwaterbeschermingsgebieden van 128 winningen in de zandregio. Uit deze figuur blijkt dat de gemiddelde nitraatconcentratie voor de periode 2007-2014 in 30 grondwaterbeschermingsgebieden (23%) hoger is dan de normstelling van 50 mg/l. In 32 grondwaterbeschermingsgebieden bedraagt de gemiddelde nitraatconcentratie voor deze periode 40 tot 50 mg/l, zodat net aan de nitraatnorm wordt voldaan. De berekeningen voor de periode 2010-2014 geven een positiever beeld. Voor deze periode is de gemiddelde nitraatconcentratie in 18 grondwaterbeschermingsgebieden (14%) norm overschrijdend, terwijl voor 36 winningen net aan de normstelling wordt voldaan (NO₃ tussen 40 en 50 mg/l).

Figuur 3-11 geeft een ruimtelijke weergave van de berekende nitraatconcentraties in het uitspoelingswater binnen de 128 geselecteerde grondwaterbeschermingsgebieden. Uit deze figuur blijkt dat nitraatconcentraties in het uitspoelingswater gemiddeld over grondwaterbeschermingsgebieden norm overschrijdend zijn in delen van Noord-Brabant, het noorden van Limburg, het oostelijk deel van Gelderland, Overijssel en Drenthe. Normoverschrijdingen komen het vaakst voor in de drie laatst genoemde provincies.



Figuur 3-10: Verdeling van de winningen in de zandregio (n=128) over klassen van de gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater van het grondwaterbeschermingsgebied. Boven: gemiddelde voor de periode 2007-2014. Onder: gemiddelde voor de periode 2010-2014.



Figuur 3-11: Gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater van grondwaterbeschermingsgebieden in de Zandregio voor de periode 2007-2014 en 2010-2014.

4 Discussie

4.1 Effecten van stikstofuitspoeling op de ruwwaterkwaliteit

In dit rapport zijn de effecten van stikstofuitspoeling naar het grondwater op de ruwwaterkwaliteit van kwetsbare grondwaterwinningen in beeld gebracht door middel van een inventarisatie van normoverschrijdingen voor mestgerelateerde parameters in het individueel ruwwater van grondwaterwinningen. Hierbij zijn de parameters nitraat, sulfaat, nikkel en totale hardheid als indicatoren voor de invloed van stikstofuitspoeling op de kwaliteit van ruwwater gebruikt. Diverse gebiedsstudies bevestigen deze veronderstelling. Zo geven Vink (2007), Vink e.a. (2011), Stuyfzand (2015a) en Stuyfzand (2015b) aan dat het hoge mestgebruik in de agrarische sector een dominant aandeel in de verhoogde concentraties nitraat, sulfaat en nikkel ter plaatse van de onderzochte grondwaterwinningen heeft. Daarnaast blijkt uit een recente landelijke studie met regionale uitspoelingsmodellen (Claessens e.a., 2016) dat bemesting in de agrarische sector in veel grondwaterbeschermingsgebieden leidt tot hoge nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater. Toch kan in specifieke gevallen een normoverschrijding voor nitraat, sulfaat of nikkel samenhangen met andere oorzaken. Zo kan een overschrijding van de nitraatnorm in individueel ruwwater in specifieke gevallen, zoals in de winning Heumensoord (Verhagen e.a., 2011), mede veroorzaakt worden door de belasting van het grondwater in stedelijk gebied. De hoge hardheid van individueel ruwwater hangt vrijwel altijd samen met meerdere oorzaken; naast de invloed van uitspoelende meststoffen kan het grondwater ook van nature een hoge hardheid hebben, of kan de hardheid zijn toegenomen als gevolg van verzilting, ontwatering (bv de oxidatie van pyriet onder invloed van zuurstof), atmosferische zuurdepositie of zuurvormende processen (zoals organische stof productie).

Normoverschrijdingen voor mestgerelateerde parameters in individuele winputten zijn in deze studie als grondslag gebruikt voor het identificeren van knelpunten in de ruwwaterkwaliteit waarbij stikstofuitspoeling een hoofdaandeel heeft. Hierbij zijn knelpunten gedefinieerd als het optreden van minimaal één normoverschrijding voor de vier mestgerelateerde parameters in minimaal één winput van een grondwaterwinning en gedurende de periode 2000-2015. Met deze aanpak zijn 89 winningen geïdentificeerd waarbij de effecten van bemesting hebben bijgedragen aan normoverschrijdingen voor nitraat, hardheid, sulfaat en/of nikkel. Daarnaast laten de resultaten zien dat de omvang en aard van de mestproblematiek die Vitens, Brabant Water en WML ondervinden sinds 2000 vrijwel ongewijzigd is gebleven. Alleen de normoverschrijdingen voor nitraat laten een licht dalende trend zien, die mogelijk het gevolg is van het afgenomen stikstofgebruik in de agrarische sector. De daling kan ook van tijdelijke aard zijn, of het gevolg van het geheel of gedeeltelijk afstoten van putten die onder invloed staan van mestgebruik. Een nadere analyse van tijdreeksen en veranderingen van het winveld is nodig om hier meer duidelijkheid over te krijgen.

De hier geschetste aard en omvang van de mestproblematiek, en de veranderingen daarin, worden wellicht onderschat door de nauwe definitie van knelpunt die hier is gehanteerd.

Zo kan ruwwater dat gewonnen wordt uit pyriethoudende watervoerende lagen naast nikkel, ook verhoogde concentraties aan arseen, zink, cadmium en kobalt bevatten. Daarnaast zijn winningen buiten de probleemcategorie gevallen indien de drinkwaternormen voor nitraat, sulfaat, hardheid of nikkel in individueel ruwwater tot nog toe niet overschreden zijn, terwijl er wel aanwijzingen zijn dat deze normen op de korte of middellange termijn overschreden zullen worden. Deze aanwijzingen bestaan uit navolgende:

1. Hoge en toenemende concentraties van nitraat, hardheid, sulfaat of nikkel in waarnemingsputten rond een puttenveld. De uiteindelijke uitwerking op de ruwwaterkwaliteit is afhankelijk van de mate van menging van grondwater met een betere kwaliteit. Desalniettemin kan dit een aanwijzing zijn voor een verslechtering van de ruwwaterkwaliteit, zoals recentelijk in Noordbargers (WMD) is opgetreden. Daar leidde het aantrekken van grondwater met zeer hoge nikkelconcentraties (tot 2400 µg/l) sinds 2010 tot normoverschrijdingen in ruwwater van pompput 41 (Stuyfzand, 2015b).
2. Stijgende concentraties van mestgerelateerde stoffen in ruwwater (vooral sulfaat en nitraat), zoals in 14 middeldiepe winningen van Brabant Water en WML. Dergelijke trends kunnen de effectiviteit van de waterzuivering zo negatief beïnvloeden, dat intensiever gezuiverd moet worden om drinkwater van drinkwaterkwaliteit te produceren.
3. Concentraties van mest-gerelateerde stoffen die de normen of streefwaarden benaderen. Streefwaarden hebben geen formele status, maar ze zijn wel strenger dan de drinkwaternormen uit het drinkwaterbesluit. Zo hanteert Vitens een streefwaarde voor nitraat 25 mg/l en voor sulfaat 100 mg/l. Overschrijdingen van de streefwaarden zijn in deze studie niet als knelpunt aangemerkt. Ze kunnen dat echter wel zijn, omdat ze bijvoorbeeld op een verminderde efficiency van de zuivering kunnen wijzen.

Zowel voor mogelijke normoverschrijdingen in de toekomst, als voor overschrijdingen van streefwaarden zijn extra inspanningen, zoals aanvullende monitoring, van de drinkwaterbedrijven vereist om een goede drinkwaterkwaliteit te waarborgen. WML (Prevoe en Van Rijsselt, 2010; persoonlijke mededeling Birgitta Putters, januari 2016), Vitens (persoonlijke mededeling Martin de Jonge, december 2015), Brabant Water (persoonlijke mededeling Sef Philips, januari 2016) en WMD (persoonlijke mededeling Gerrit Veenendaal, januari 2016) hebben aangegeven om één of meer van bovenstaande redenen extra monitoring uit te voeren. Bovendien investeren de drinkwaterbedrijven, soms jaarlijks (WML), in prognoses van de ruwwaterkwaliteit om problemen te kunnen voorzien. Daarnaast zijn sinds 2000 o.a. vanwege de gebrekkige ruwwaterkwaliteit minimaal 17 winningen in het zuiden en oosten van Nederland gesloten of aangepast. Dit betekent dat de gevolgen van stikstofuitspoeling voor de Nederlandse drinkwatersector waarschijnlijk groter zijn dan in deze rapportage geschetst, doordat een nauwe definitie van de term knelpunt is gehanteerd.

4.2 Karteren van vlakdekkende nitraatconcentraties

In deze studie zijn vlakdekkende nitraatconcentraties in het bovenste grondwater over twee grondwaterbeschermingsgebieden en het intrekgebied van een van deze twee beschermingsgebieden berekend op basis van de LMM-database. Aldus is voor de winning Mander (Gelderland) een gemiddelde nitraatconcentratie voor het water dat uitspoelt uit de wortelzone van 61 mg/l (2007-2014) en 54 mg/l (2010-2014) berekend. Voor de winning Dinxperlo (Overijssel) was dit 63 mg/l (2007-2014) en 58 mg/l (2010-2014). Bij deze berekening dienen de volgende kanttekeningen gemaakt te worden.

Ten eerste is er op basis van het TrendMeetnet Verzuring een uniforme concentratie van 20 mg/l verondersteld voor het landgebruiktype natuur. Dit trendmeetnet wijst echter op een grote spreiding van de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater onder heide en bos in de Zandregio. Deze spreiding hangt samen met atmosferische depositie, de hoogte van de vegetatie, het aandeel naaldbomen, het bodemtype en de omvang van een bosgebied (Goffau et al., 2009). Deze verklarende variabelen zijn niet in deze studie meegewogen. Daarnaast dekt dit meetnet niet alle natuurtypen, terwijl natuurtypen onderling sterk verschillen in de hoeveelheid stikstof die vanuit de atmosfeer wordt ingevangen.

Ten tweede is er bij de berekening van de vlakdekkende nitraatconcentratie geen rekening gehouden met regionale verschillen in nitraatconcentraties van het uitspoelingswater. Volgens de LMM-database zijn deze verschillen wel degelijk aanwezig. De gemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater over alle LMM-bedrijven in het zuidelijke zandgebied is namelijk een factor 2 hoger dan deze concentratie in de noordelijke en oostelijke zandgebied. Schouwman et al. (2012) geven de volgende mogelijke verklaringen voor de hogere nitraatconcentraties in het Zuidelijk zandgebied: (1) een hogere uitspoelingsgevoeligheid van de bodems, (2) een relatief hoge dichtheid aan hokdierbedrijven, (3) een geringer areaal grasland, (4) een lager neerslagoverschot, ofwel minder verdunning, (4) een hogere stikstofgift dan op basis van wettelijke normen wordt berekend, en (5) een relatief lage afvoer van dierlijke mest. Voor de hier gepresenteerde resultaten betekent dit dat nitraatconcentraties voor de winningen te Dinxperlo en Mander mogelijk worden overschat.

Als gevolg van bovengenoemde onzekerheden hebben de hier gerapporteerde vlakdekkende nitraatconcentraties in het uitspoelingswater geen absolute waarde. Wel geven ze een indicatie van ruimtelijke variaties van de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater in relatie tot landgebruik en grondwaterstanden. De betrouwbaarheid van deze indicatie wordt enerzijds gestaafd door de omvangrijke LMM-database van 250 bedrijven die ten grondslag ligt aan de afgeleide relatie tussen landgebruik en nitraatuitspoeling. Daarnaast zijn de toegepaste nitraatreductiefactoren robuust (de standaard deviatie is vele malen kleiner dan de verwachtingswaarde) voor droge gronden die gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling en het dominante bodemtype in intrekgebieden vormen. Dit staft de betrouwbaarheid van het hier gerapporteerde patroon dat:

- (1) bodems met een grondwatertrap IV of droger een verhoogde kans hebben op bovengemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater.
- (2) kwetsbare grondwaterwinningen gevoeliger zijn voor stikstofuitspoeling naar het grondwater dan de Zandregio als geheel, doordat de vermestende invloed van stikstofuitspoeling op droge agrarische gronden groter is dan het verdunnend effect van relatief lage stikstofemissies in natuurgebieden.

Dit betekent dat de huidige stikstofuitspoeling leidt tot overschrijding van de nitraatnorm in het uitspoelingswater van intrekgebieden.

4.3 Differentiatie van normstellingen naar grondwaterbeschermingsgebieden

De nitraatrichtlijn verplicht lidstaten om de nitraatconcentratie in hun watervoorraden te monitoren en om maatregelen te nemen om normoverschrijdingen te voorkomen. In Nederland worden normoverschrijdingen getoetst op basis van gemiddelde nitraatconcentraties in de Zandregio en/of in de zandgebieden. Door deze wijze van toetsing worden lokale variaties in nitraatconcentraties uitgemiddeld, zodat lokale normoverschrijdingen niet meegewogen worden. Deze lokale normoverschrijdingen kunnen in intrekgebieden echter op de lange termijn leiden tot onvoldoende kwaliteit van grondwater dat bestemd is voor menselijke consumptie. Deze studie geeft aanwijzingen dat lokale normoverschrijdingen voor nitraat vooral optreden in de droge delen van de Zandregio met een overwegend agrarisch gebruik. In deze regio zijn de stikstofemissies naar het grondwater relatief hoog, en verloopt de omzetting van nitraat in stikstofgas relatief traag. Hierdoor kunnen met de huidige mestgebruiknormen op alle zandgronden met een grondwatertrap IV of droger, en die in agrarisch gebruik zijn, normoverschrijdingen voor nitraat optreden. Merk op dat deze constatering niet direct te extrapoleren is naar de gebieden waar samenwerking tussen boeren en drinkwaterbedrijven heeft geleid tot een afname van de belasting van het grondwater met nitraat, zoals het Limburgse Lössgebied (Bemelmans et al., 2010). Voortzetting van deze samenwerking is noodzakelijk om de recentelijk gereduceerde nitraatmissies naar het grondwater blijvend op een laag niveau te handhaven of, waar nodig, verder te verlagen.

Intrekgebieden van kwetsbare grondwaterwinningen bevinden zich vaak in gebieden met zandgronden met een grondwatertrap V of droger, die gevoelig zijn voor nitraatuitspoeling. Daarom behoren intrekgebieden tot de meest bemestingsgevoelige delen van de Zandregio. Hierdoor overschreed de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater van grondwaterbeschermingsgebieden gedurende de periode 2010-2014 in minimaal 18 van de 128 onderzochte winningen de nitraatnorm. In een vergelijkbaar aantal grondwaterbeschermingsgebieden was deze concentratie ook hoger dan de gemiddelde nitraatconcentratie in uitspoelingswater onder de LMM-bedrijven in de Zandregio als geheel (48 mg/l). Deze overschrijdingen geven aanwijzingen dat de landbouwpraktijk, die geënt is op het halen van de nitraatnorm voor de Zandregio als geheel, onvoldoende is om op de lange termijn een voor de drinkwaterbedrijven acceptabele afname van de uitspoeling van nitraat naar het grondwater te bewerkstelligen. Alleen als de gemiddelde nitraatconcentratie in de intrekgebieden gelijk aan, of lager dan de normstelling van 50 mg/l is, zal het stikstofoverschot mogelijk voldoende ver zijn terug gebracht om op de middellange termijn normoverschrijdingen voor nitraat, sulfaat, hardheid en nikkel in ruwwater te voorkomen. Hiervoor zijn aanvullende maatregelen, zoals het differentiëren van de stikstofgebruiknormen naar intrekgebieden van kwetsbare winningen of een betere handhaving noodzakelijk. Voor de exacte invulling van dergelijk aanvullend beleid is het nodig om

- (1) De relatie tussen stikstofuitspoeling en concentraties van nitraat, sulfaat, hardheid en nikkel in ruwwater in meer detail te kwantificeren, waarbij o.a. de verschillende bijdrages (bv mestgebruik en daling van grondwaterstanden) aan de mestproblematiek van elkaar worden gescheiden.

- (2) Beter inzicht te krijgen in de wijze en mate waarin huidige trends in nitraat, sulfaat, hardheid en nikkel zich de komende decennia voorzetten. Dit inzicht kan worden opgebouwd door middel van ruwwaterprognoses op basis van historisch stikstofgebruik en grondwatermodellering (b.v. met TRANSATOMIC; Stuyfzand 2015a). Het is van belang om de urgentie en effectiviteit van verschillende maatregelen te kunnen onderbouwen.

De termijn waarop een verdere verlaging van de stikstofuitspoeling effect zal sorteren is afhankelijk van de reistijdenopbouw van het grondwater dat door de drinkwaterbedrijven wordt opgepompt. Hierdoor zullen de drinkwaterbedrijven ook de komende decennia mestgerelateerde problemen met de ruwwaterkwaliteit ondervinden als gevolg van hoge mestoverschotten uit het verleden. Deze problematiek zet zich ook op de lange termijn voort indien er geen aanvullende maatregelen voor het verminderen van het stikstofgebruik op droge zandgronden worden genomen. Door het nemen van aanvullende maatregelen wordt de problematiek eerder in de toekomst voor de drinkwaterbedrijven beheersbaar en kunnen kosten bespaard blijven.

5 Conclusies

Gedurende de periode 2000-2015 zijn in 89 Nederlandse grondwaterwinningen één of meerdere normoverschrijdingen van mestgerelateerde parameters waargenomen. Deze parameters betroffen hardheid (n=65), nitraat (n=29), sulfaat (n=10) en nikkel (n=25). De betreffende grondwaterwinningen liggen in de provincies Gelderland (n=30), Overijssel (n=22), Friesland (n=12), Utrecht (n=9), Limburg (n=9), Drenthe (n=5), Noord-Holland (n=1) en Flevoland (n=1). In de 14 grondwaterwinningen in de provincies Noord-Brabant en Limburg zijn in de nog bestaande winputten geen normoverschrijdingen aangetroffen, maar is wel sprake van stijgende sulfaat- of nitraatconcentraties in het ruwwater. Op landelijke schaal is nochtans geen sprake van een duidelijk dalende trend in het aantal winningen met normoverschrijdingen in ruwwater. Dit ondanks dat steeds meer kwetsbare winningen worden afgestoten ten gunste van diepere winningen waar de effecten van mestgebruik zich (nog) niet manifesteren in de ruwwaterkwaliteit. Om deze kwaliteitsproblemen met mestgerelateerde stoffen beheersbaar te houden leveren de drinkwaterbedrijven op de hoge zandgronden en in het lössgebied aanzienlijke bron- en effectgerichte inspanningen, met een verhoging van de kosten voor drinkwaterproductie tot gevolg. Desondanks hebben drinkwaterbedrijven in het zuiden en oosten van Nederland sinds 2000, mede vanwege kwaliteitsproblemen als gevolg van uitspoelende meststoffen, 12 grondwaterwinningen gesloten en 5 aangepast. Naast mestgebruik speelden daar ook andere overwegingen een rol in, zoals antiverdroging, stedelijke ontwikkelingen of de invloed van andere verontreinigingshaarden.

Indicatieve berekeningen op basis van de LMM-database laten zien dat voor de periode 2007-2014 de gebiedsgemiddelde nitraatconcentratie in het uitspoelingswater van 30 van de 128 (23%) onderzochte grondwaterbeschermingsgebieden hoger was dan de nitraatnorm volgens het drinkwaterbesluit. Voor de periode 2010-2014 waren dat er 18 (14%). Deze grondwaterbeschermingsgebieden bevinden zich zonder uitzondering in agrarisch gedomineerde gebieden op de uitspoelingsgevoelige zandgronden van de zuidelijke en oostelijke provincies. Dit geeft aanwijzingen dat kwetsbare grondwaterwinningen gevoeliger zijn voor mestgebruik dan de Zandregio als geheel.

De hoge stikstofuitspoeling door de agrarische sector sinds 1960 is vrijwel volledig verantwoordelijk voor de normoverschrijdingen voor nitraat. Een ander deel van de hier gerapporteerde normoverschrijdingen is niet enkel te wijden aan mestgebruik. In sommige gevallen hebben normoverschrijdingen voor hardheid een natuurlijke oorsprong (bv in kalkrijke bodems met zuur-producerende vegetatie). Daarnaast kunnen normoverschrijdingen voor sulfaat, nikkel en hardheid mede veroorzaakt zijn door met pyrietoxidatie als gevolg van een gedaalde grondwaterstand door ontwatering of de grondwateronttrekking zelf (bv op de Waddeneilanden). Uit gebiedsstudies (Vink, 2007; Vink e.a., 2011; Stuyfzand 2015a, Stuyfzand 2015b) blijkt dat in de meeste gevallen de hoge stikstofuitspoeling in de agrarische sector een dominant aandeel heeft in de verhoogde concentraties. Daarmee levert dit rapport overtuigend bewijs dat nitraatuitspoeling, en de daarmee samenhangende effecten op de waterkwaliteit, nog altijd een actueel en

omvangrijk probleem vormt voor de Nederlandse drinkwaterbedrijven. Daarnaast geeft deze studie aan dat toetsing van het mestbeleid aan de nitraatnorm van de Europese Nitraatrichtlijn op basis van het areaal-gewogen gemiddelde voor de Zandregio als geheel niet leidt tot oplossing van de mestproblematiek voor de drinkwaterbedrijven in de zandregio. Daarvoor is een gemiddelde nitraatconcentratie voor intrekgebieden van 50 mg/l of minder nodig. Aanvullende maatregelen, zoals differentiatie door aanscherping van gebruiksnormen of betere handhaving van het mestbeleid naar grondwaterbeschermingsgebieden, zijn nodig om op de middellange termijn voldoende verbetering van de ruwwaterkwaliteit te bewerkstelligen zodat kosten kunnen worden bespaard en aan de KRW-doelstellingen wordt voldaan. Voortzetting en mogelijk uitbreiding van bestaande samenwerkingsverbanden tussen agrariërs en waterbedrijven zijn noodzakelijk om de recentelijk sterk gereduceerde nitraatmissies naar het grondwater blijvend op een acceptabel niveau te houden.

6 Literatuur

Bemelmans, M., Vaessen, F., Crijns, J., en Kuster, E., 2010. Duurzaam schoon grondwater 2007-2009. WML rapport, <http://www.wml.nl/nl-nl/158/5910/duurzaam-grondwater.aspx>.

Boumans, L.J.M., Meinardi, C.R., en Krajenbrink, G.J.W., 1989. Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. RIVM-rapport 728472013.

Boumans, L.J.M. en Fraters, B., 2011. Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van de Zandregio en de invloed van het mestbeleid: Visualisatie afname in de periode 1992 tot 2009. RIVM Rapport 680717020/2011.

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.

Claessens, J., N.G.F.M. van der Aa , P. Groenendijk en L.Renaud 2016. "Effecten van het landelijk mestbeleid op de grondwaterkwaliteit in grondwater-beschermingsgebieden." RIVM Rapport 2016-0199 .

Castelijns, J., 2012. Macro-parameters : waarnemingen, trends en problemen. Rapport Brabant Water.

CBS, PBL, Wageningen UR, 2011. [Vermestende depositie, 1981-2010](#) (indicator 0189, versie 10, 16 september 2011). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen

De Goffau, A., Wattel-Koekkoek, E.J.W., Van der Hoek, K.W., en Boumans, L.J.M., 2009. Evaluatie trendmeetnet verzuring. RIVM-rapport 680721004/2009.

Masselink, N.J., Jeths, R., Wattel-Koekkoek, E.J.W., 2012. Trendmeetnet Verzuring: monsternemingen in 2009/2010/2011. RIVM-rapport 680720002/2011.

PBL, 2012. Evaluatie meststoffenwet 2012, syntheserapport. PBL publicatie 500252001.

Prevoo, R., en Van Rijsselt, E., 2010. Evaluatie bewaking grondstofkwaliteit. Interne rapportage WML.

Schouwman, O.F., Groenendijk, P., Renaud, L.V., Dijk, W. van, Schroder, J.J., Ham, A. van den, en Hooijboer, A.E.J., 2012. Verhoogde nitraatconcentraties in het Zuidelijk

zandgebied: analyse van de mogelijke oorzaken. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2319.

Stuyfzand, P.J. 2015a. Model based monitoring van puttenvelden: meetnetoptimalisatie via systeemanalyse en hydrogeochemische modellering, met Noordbargeres als voorbeeld. KWR rapport BTO-2015.021, 127p.

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

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

Van Dam, M., 2016. Planning Evaluatie Meststoffenwet en 6^e Actieprogramma NRL. Kamerbrief DGAN-PAV/15163134, 9 december 2015.

Van Loon, A.H., 2012. Evaluatie van de gevolgen van het meststoffenbeleid voor drinkwaterwinning. KWR-rapport BTO2012.005(s).

Verhagen, F., Krikken, A., Grootheest, J. van, Hans, I., Arts, M., Schaap, J., en Meeteren, M. van, 2011. Gebiedsdossier Heumensoord & Muntberg. Aequator Groen en Ruimte, 09284.

Vink, C., 2007. Grondwaterkwaliteit Goor, Herikerberg, Holten. KWR, Nieuwegein, KWR 07.091.

Vink, C., Bonte, M., Strookman, M., en Crijns, J.W.A.M., 2011. Pesticidenonderzoek Midden en Noord Limburg: Pesto 2. KWR-rapport, Nieuwegein, KWR 2011.011.

WML, 2015. Rapportage DSGII (2010-2014). Beknopt overzicht uitgevoerde activiteiten en behaalde resultaten. Duurzaam Schoon Grondwater, Versie 2.0 d.d. 16-6-2015.

Bijlage I Ondergrondse omzettingen van meststoffen

Stikstof wordt aan de bodem toegediend als nitraat en ammonium in kunstmest en dierlijke mest, en als organisch gebonden stikstof in dierlijke mest. Onder invloed van zuurstof worden ammonium en organische stikstof in de bovenste bodemlaag omgezet in nitraat, waarbij verzuring van de bodem optreedt. Om verzuring tegen te gaan, wordt kalk toegevoegd, wat resulteert in een toename van de hardheid van het grondwater. Afhankelijk van de samenstelling (reactiviteit) van de bodem kan nitraat worden omgezet tijdens bodempassage. In organisch rijke bodems wordt nitraat omgezet in stikstofgas, waardoor geen nitraat wordt aangetroffen in het onttrokken grondwater. In pyriethoudende bodems vindt denitrificatie plaats, waarbij sulfaat en zuur vrijkomen. Indien de bodem kalk bevat vindt neutralisatie van het gevormde zuur plaats en neemt de hardheid toe. Bij denitrificatie onder invloed van pyriet kunnen tevens cadmium, kobalt, zink, arseen en (vooral) nikkel in het grondwater oplossen. Deze stoffen worden met het grondwater naar winputten getransporteerd en komen aldus in het ruwwater terecht. Naast vermesting kunnen ook verdroging en verzuring leiden tot bovengenoemde processen.

Verschillen in chemische samenstelling van het grondwater tussen winningen worden toegeschreven aan (1) de ouderdom van het onttrokken water (op kwetsbare winningen wordt grondwater onttrokken met een ouderdom variërend van enkele dagen of weken tot meerdere decennia, eeuwen of zelfs millennia), (2) de chemische samenstelling van het infiltrerende water (bepaald door de aard en intensiteit van het landgebruik rond de winning), (3) aanwezigheid van reactieve bodembestanddelen (bijvoorbeeld pyriet, sideriet, kalk), en (4) verdeling van reactieve bestanddelen in de bodemmatrix (heterogeniteit van de bodem). Van Beek et al. (2005) onderscheiden acht groepen kwetsbare grondwaterwinningen (zie tabel 1, volgende pagina) die elk worden gekarakteriseerd door de aan- of afwezigheid van nitraat, sulfaat, hardheid en nikkel.

Voor meer informatie wordt verwezen naar Van Beek et al. (2005).

Tabel 1: Geohydrochemische typering van kwetsbare grondwaterwinningen (uit Van Beek et al., 2005); NB een deel van de kwetsbare winningen is inmiddels gesloten. Geel zijn de typen winningen aangegeven waar vermesting leidt tot hoge concentraties mestgerelateerde parameters in het onttrokken water.

Geohydrochemische typering	Aanwezigheid van				Mate van uitloging ¹⁾	Concentratie in onttrokken grondwater				Aantal
	org mat	py- riet	side- riet	kalk		ni- traat	sul- faat	hard- heid	nik- kel	
Infiltratiegebieden										
Grote stuwwallen/centraal zandgebied	-	-	-	-	+++	+++	-	-	-	35
Keileem/noordelijk zandgebied	+ ²⁾	+	+?	+ ²⁾	++	+	+	+	-	12
Loess/kalksteen	-	-	-?	+++	+++	+++	-	+++	-	11
Kalkloos, pyriet/zuidelijk zandgebied	++	++	-	-	+	+++	+++	-	+++	10
Duinen	+	+	-	+++	+					4
Kwelgebieden										
Veengronden/poldergebieden	+++	+	-?	-	-	-	-	-	-	14
Kalkrijk, pyriet/oostelijk zandgebied	+++	++	++	+++	+	-	+++	+++	-	17
Gemengd gebied										
Kleine stuwwallen	+/-	+/-	-?	+/-	+++/-	+++	+++	+++	-	7
totaal aantal (hydrologisch) kwetsbare winningen										110

-: niet aanwezig, +: in geringe hoeveelheid aanwezig, nauwelijks uitgeloozd, in lage concentratie aanwezig, +++: in grote hoeveelheid aanwezig, sterk uitgeloozd, in hoge concentratie aanwezig.

¹⁾: mate van uitloging betreft aantal verversingen (doorspoelingen)

²⁾: spoor in de vorm van pockets

Bijlage II Overzicht van regionale samenwerkingsprojecten met agrariërs

Deze bijlage bevat een overzicht van de lopende regionale samenwerkingsprojecten van waterbedrijven en agrariërs, gericht op het oplossen van mestproblemen bij drinkwaterwinningen. Achtereenvolgens worden de projecten beschreven waar Brabant Water, WMD, WML en Vitens in participeren.

Brabant Water

Brabant Water heeft afgelopen jaar het project Kringloopwijzer van de Duinboeren ondersteund. Doelstelling van het project als om via de kringloopwijzer naar betere bodem- en bemestingsregime te komen.

Daarnaast is Brabant Water initiator geweest van het project Bufferboeren Veghel en heeft partners gezocht om samen mee op te trekken. Doel hierbij was om het watervasthoudend vermogen van de bodem te verbeteren. Indirect is hiermee ook het omgaan met meststoffen meegenomen.

WMD

Sinds 1997 bestaat een kennisgroep van melkveehouders met gronden in grondwaterbeschermingsgebieden. De melkveehouders in deze kennisgroep worden gestimuleerd om het gebruik en de risico's van gewasbeschermingsmiddelen te beperken, binnen de kaders van de wetgeving. Daarnaast worden zij gestimuleerd boven de wettelijke normen uit de mineralen wetgeving te presteren. Het speerpunt is vanaf 2013 de bodem. Een gezonde bodem geeft o.a. een betere bodemvruchtbaarheid, vochtbindend vermogen en bodemleven. Dit verdient zich voor de veehouders terug in de vorm van kwalitatief goed ruwvoer van eigen bodem. Daarnaast wordt vanaf 2012 met behulp van de kringloopwijzer het inzicht in de mineralenkringloop vergroot. Hiermee is gestreefd naar de nutriënten doelen zoals gesteld in de KRW en het voornemen van de provincie Drenthe in de Bodemvisie, om deze al in 2015 te halen in grondwaterbeschermingsgebieden.

Op dit moment loopt een initiatief vanuit provincie Drenthe om vanuit het Uitvoeringsprogramma van de gebiedendossiers meer veehouders uit de grondwaterbeschermingsgebieden te betrekken bij de kennisgroep. Dit initiatief voor 3 tot 4 kennisgroepen heeft een looptijd van 2016 t/m 2020.

WML

In Limburg lopen op dit moment relevante “projecten”:

- Duurzaam Schoon Grondwater (DSG) van WML dit richt zich nu vooral op NO₃ beheersing in zuid Limburg.
- Daarnaast heeft de provincie nog de Waardenetwerken die in 2016 op diverse plaatsen in groepen van 8-15 berokkenen aandacht schenken aan beperking risico's landbouwemissies.
- Het door ministerie van EZ recent goedgekeurde project “Slim bemesten” waarin een 25 tal landbouwers in het Lössgebied in een driejarige proef zichtbaar maken (o.a. door monitoring bodemvochtkwaliteit) dat zij met deels meer bemestingsruimte dan wettelijk toch onder de 50mg/l NO₃ blijven.
- Initiatieven van de LLTB onder de noemer van DAW.

Vitens

De samenwerkingsprojecten waar Vitens in participeert zijn in de tabel op de volgende pagina weergegeven.

Project	Doelstelling en looptijd	Wijze van aanpak
Grondig Boeren met Water (Havelterberg)	Bodemverbetering, NO ₃ uitspoeling beperken in grondwaterbeschermingsgebieden Looptijd 2016 - 2018	Inhoudelijk: Kringloopwijzer Proces: Samenwerking Provincie Drenthe, waterleidingbedrijven, LTO
Boeren voor Drinkwater Overijssel	<u>Doelstelling:</u> Het landbouwproject Boeren voor Drinkwater beoogt de vermindering van uitspoeling van meststoffen en bestrijdingsmiddelen naar het grondwater en tegelijk een verbeterd (economisch) bedrijfsrendement. Momenteel doen 18 boeren mee binnen de intrekgebieden Archemerberg, Espelose Broek (let op; alleen gericht op bestrijdingsmiddelen), Hoge Hexel, Herikerberg/Goor en Wierden. <u>Looptijd:</u> Het project is eind 2010 gestart als maatregel binnen het eerste Uitvoeringsprogramma gebiedsdossiers 2010-2012. In het tweede Uitvoeringsprogramma 2013-2015 is de maatregel voortgezet. In 2016 zetten we in op uitrol van het project als basis voor een nieuwe Uitvoeringsprogramma 2017-2019.	Projectresultaat wordt via 2 sporen gemonitord: 1) bodemoverschot in de Kringloopwijzer (sturing op <100 kg/ha), en 2) via ca. 170 nitraatmeetpunten in het ondiepe grondwater (sturing op 50 mg/l). Informatie binnen het project wordt gedeeld via keukentafelgesprekken, clusterbijeenkomsten, velddemo's en evaluatiebijeenkomsten. Afspraken met de deelnemers worden vastgelegd in individuele bedrijfsactieplannen. In 2016 wordt het resultaat bij de huidige deelnemers bestendigd en zetten we in op uitrol van het project volgens 3 sporen: - autonomie bestaande deelnemers; - werven van nieuwe deelnemers (binnen huidige intrekgebieden); - uitrol met loonwerkers en voeradviseurs;

Vruchtbare Kringloop Achterhoek (14 winningen)	Vanuit het handelingsperspectief van de agrarische ondernemer, met gebruikmaking van de kringloopwijzer, een milieu efficiënte landbouw verkrijgen. VKA wil agrarische ondernemers inspireren en faciliteren in het creëren en benutten van kansen om hun bedrijven verder te verduurzamen en 'toekomstproof' te maken wat betreft bedrijfsresultaten, milieukwaliteit, waterbeheer en bodemvruchtbaarheid. Hoofddoel van het project is de regio Achterhoek en Liemers te positioneren als duurzame regio die voorop loopt op gebied van kringlooplandbouw en duurzaam water- en bodembeheer. Aan het project werken meer dan 250 melkveehouders mee, zowel leden als niet leden van de betrokken partijen Looptijd: 2014 t/m 2019, 6 jaar	Vanuit de kringloopwijzer inzicht krijgen in het efficiënt gebruiken van de mineraalstromen op een bedrijf. Aanreiken van inzichten en methoden om efficiëntie te verhogen; minder verlies naar het milieu. Inzicht in en verbeteren van de bodemvruchtbaarheid is een belangrijk onderdeel
Gezond Zand (2 winningen)	In samenwerking met agrarische natuurvereniging (Hoeduurzaam) in het grondwaterbeschermingsgebied het organisch stofgehalte van de bodem verhogen Looptijd: 2012 t/m 2022	Inzet van organisch materiaal uit de omgeving, aanpassen teeltmethoden, gebruik van humuszuur om % organische stof te verhogen