

## Nitraat in oppervlaktewater vanuit grondwater



## Nitraat in oppervlaktewater vanuit grondwater

### **Auteur(s)**

Joost van den Roovaart

Joachim Rozemeijer

Peter Cleij

Annelotte van der Linden

Simon Buijs

Gemma Spaak

Hilde Passier

## Nitraat in oppervlaktewater vanuit grondwater

<b>Opdrachtgever</b>	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (KPP)
<b>Contactpersoon</b>	Sandra Plette
<b>Referenties</b>	KPP WN04 2019; KPP WN04 2020
<b>Trefwoorden</b>	Nitraat, grondwaterkwaliteit, oppervlaktewaterkwaliteit

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	1.0
<b>Datum</b>	18-02-2020
<b>Projectnummer</b>	11205268-009
<b>Document ID</b>	11205268-009-BGS-0001
<b>Pagina's</b>	42
<b>Status</b>	definitief

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	 Joost van den Roovaart	 Gijs Janssen	 Sophie Vermooten	
	Joachim Rozemeijer			
	Peter Cleij			
	Annelotte van der Linden			
	Simon Buijs			
	Gemma Spaak			
	Hilde Passier			

# Samenvatting

Deze studie is een verkenning van wat we vanuit bestaande datasets en beschikbare modellen kunnen zeggen over de vraag: 'Als er wordt voldaan aan de normen voor nitraat in grondwater, hebben we dan nog een probleem in de oppervlaktewateren?'. Hierbij wordt, als voorbeeld gekeken naar de oppervlaktewateren in het Maasstroomgebiedsdistrict, zowel naar landbouw- als natuurgebieden. Deze studie moet worden gezien als een eerste, ruwe verkenning van deze vraag. Hiervoor hebben we nationale modelinstrumenten en recente datasets ingezet om normoverschrijdingen in het oppervlaktewater te berekenen. Er zijn, naast de variant huidig beleid, vier varianten bekeken met berekeningen in het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM) en met de STROMON benadering van stofstromen. In deze vier varianten zijn de nitraatconcentraties in de bovenste meter van het grondwater gevarieerd: in de eerste variant zijn deze concentraties overal nul, in de tweede variant zijn ze nergens hoger dan 25 mg/l NO<sub>3</sub> (afgeknot); in de derde variant zijn ze nergens hoger dan 50 mg/l NO<sub>3</sub> (afgeknot) en in de vierde variant zijn de concentraties overal 50 mg/l (opgevuld). De beelden voor het stroomgebiedsdistrict Maas vanuit de LKM en STROMON-benadering zijn consistent. Deze berekeningen laten zien dat in een groot deel van het gebied alleen de afvoer van grondwater in het oppervlaktewater al voor normoverschrijding van N-totaal in het oppervlaktewater kan zorgen, ook als het grondwater aan de norm of de helft van de norm voldoet (LKM en STROMON), en zonder dat andere bronnen meegerekend worden (STROMON). Hier verlagen verdunning en retentie de concentraties niet genoeg om de kwaliteitsnorm in het oppervlaktewater te halen. Ook in de LKM variant waarbij er geen nitraat in het aangevoerde grondwater zit komen er normoverschrijdingen van N-totaal voor in het oppervlaktewater. Dit komt doordat ook andere bronnen dan grondwater belangrijk zijn. Opvulling van de norm in het bovenste grondwater zorgt waarschijnlijk voor nog meer overschrijdingen van N-totaalnorm in het oppervlaktewater. Vooral de bovenste meter van het grondwater vormt een bedreiging voor de N-totaal doelen in het oppervlaktewater. Veranderingen in concentraties in het bovenste grondwater werken direct door naar het oppervlaktewater. De historisch verhoogde nitraatgehalten dieper dan het bovenste grondwater zorgen op zichzelf bijna nergens voor normoverschrijdingen in het oppervlaktewater.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Aanpak</b>	<b>7</b>
2.1	Inleiding	7
2.2	LKM	7
2.3	STROMON	8
2.4	Varianten	8
<b>3</b>	<b>Berekeningen LKM</b>	<b>10</b>
3.1	Beschrijving gebruikte ANIMO resultaten	10
3.2	Validatie van de ANIMO-resultaten	12
3.3	Varianten doorgerekend met LKM	13
3.4	Resultaten LKM	14
3.4.1	Vergelijking doelbereik	14
3.4.2	Ruimtelijk beeld doelbereik	16
3.4.3	Ruimtelijk beeld verschil in doelbereik	17
3.4.4	Doelbereik met onderscheid regionale- en Rijkswateren	18
3.5	Discussie en aandachtspunten LKM	18
3.6	Conclusies vanuit berekeningen LKM	19
<b>4</b>	<b>STROMON benadering</b>	<b>20</b>
4.1	Introductie	20
4.2	Meetgegevens en modeluitput	21
4.3	Gebiedstypen	21
4.4	Concentraties	26
4.4.1	Nitratconcentraties in het bovenste grondwater (LMM)	26
4.4.2	Nitratconcentraties in ondiep en diep grondwater (LMG en PMG)	26
4.4.3	Nitratconcentraties oppervlakkige afvoer	29
4.5	Fluxen	30
4.6	Varianten	30
4.7	Resultaten STROMON	31
4.8	Discussie en aandachtspunten STROMON	34
4.9	Conclusies vanuit STROMON-benadering	34
<b>5</b>	<b>Conclusies vanuit de LKM berekeningen en STROMON-benadering</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>37</b>
<b>A</b>	<b>Boxplots van ANIMO-concentraties</b>	<b>38</b>
<b>B</b>	<b>Bijdrage grondwater per LSW berekend met STROMON-benadering</b>	<b>39</b>

# 1 Inleiding

Dit project is een verkenning van wat we vanuit bestaande datasets en beschikbare modellen kunnen zeggen over de vraag: 'Als er wordt voldaan aan de normen voor nitraat in grondwater, hebben we dan nog een probleem in de oppervlaktewateren?'.

Dit project moet worden gezien als een eerste, ruwe verkenning van deze vraag. Hiervoor hebben we landelijke modelinstrumenten, grondwaterkwaliteitsdata en recente datasets van scenario berekeningen voor de Nationale Analyse ingezet. De in dit project verkregen inzichten worden geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld, waarbij gekozen is voor de oppervlaktewateren in het Maasstroomgebiedsdistrict, zowel in landbouw- als natuurgebieden.

We hebben in deze verkenning berekeningen uitgevoerd met het LKM (Landelijk KRW-Verkenner Model) en de STROMON-benadering.

De uitkomsten van deze studie kunnen worden beschouwd op hetzelfde detailniveau als de uitkomsten van de Nationale Analyse (Van Gaalen et al., 2019), aangezien de dataset en methodiek die gebruikt zijn in de LKM berekeningen voor deze studie overeenkomen met de dataset en methodiek die gebruikt zijn binnen de Nationale Analyse.

## 2 Aanpak

### 2.1 Inleiding

Er zijn verschillende situaties en mogelijkheden te bedenken dat stikstof nog een probleem vormt in het oppervlaktewater, wanneer het bovenste grondwater wel voldoet aan de nitraatnorm:

- 1 De norm is lager in oppervlaktewater (2-3 mg/l N) dan in grondwater (50 mg/l  $\text{NO}_3 = 11,4$  mg/l  $\text{NO}_3\text{-N}$ ). Daar waar het grondwater wel voldoet, maar nog boven de oppervlaktewaternorm zit, vormt het grondwater een bedreiging voor het halen van oppervlaktewaterdoelen als verdunning en retentie de concentratie niet genoeg verlagen.
- 2 Waar andere bronnen belangrijk zijn voor het oppervlaktewater en de concentratie van N in het oppervlaktewater al verhoogd is door de bijdrage vanuit grondwater, kunnen normen in het oppervlaktewater eerder overschreden worden dan wanneer de bijdrage vanuit het grondwater lager was, ook al wordt de norm in grondwater gehaald.
- 3 In zandgronden met een goed doorlatende, laag-reactieve ondergrond zitten de verhoogde  $\text{NO}_3$  concentraties inmiddels op grotere diepte. Als de actuele emissies zijn teruggedrongen en het bovenste grondwater voldoet, vormt dit diepere grondwater nog steeds een bedreiging, zeker in het zomerhalfjaar.

We zullen in deze verkenning via toepassingen van het LKM (Landelijk KRW-Verkenner Model) en de STROMON benadering meer inzicht in deze situaties en mogelijkheden verschaffen in Stroomgebiedsdistrict Maas.

### 2.2 LKM

Het LKM maakt onderdeel uit van het Landelijk WaterKwaliteitsModel (LWKM; Van der Bolt et al, in prep. 2020). Met ANIMO worden de concentraties van N en P vanuit landbouw- en natuurgronden berekend, die vervolgens in het LKM worden gecombineerd met de waterfluxen vanuit het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) en het Landelijk Sobek Model (LSM). In de LKM-berekeningen worden de ANIMO-bijdragen gecombineerd met andere emissies van nitraat in het oppervlaktewater (zoals RWZI's, atmosferische depositie, industriële lozingen, scheepvaart) en wordt rekening gehouden met retentie. Met behulp van de samenhangende landsdekkende schematisatie van het oppervlaktewatersysteem kunnen processen als verdunning en afwenteling in beeld worden gebracht en kunnen oppervlaktewaterconcentraties voor o.a. stikstof in de oppervlaktewaterlichamen voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) worden berekend. ANIMO bijdragen representeren een combinatie van de concentraties in oppervlakkige afvoer en drainwater. Hierbij zit in het drainwater zowel buisdrainagewater als een laterale afvoer vanuit het ondiepe deel van het grondwater. In deze studie is de aanname dat de ANIMO-bijdragen de bijdrage vanuit het bovenste grondwater representeren.

ANIMO weerspiegelt vooral de winteruitspoeling, aangezien transport uit het bovenste grondwater in de beschouwde landbouw- en natuurgebieden naar oppervlaktewater er alleen is wanneer er een neerslagoverschot is, dus in het winterhalfjaar. Oppervlaktewaternormen zijn gebaseerd op zomergemiddelden. Er zal een overzicht worden gegeven van welke grondwaterposten er in de ANIMO dataset zitten (sectie 3.1). Met het LKM worden vervolgens de oppervlaktewaterconcentraties per kwartaal en per *Local Surface Water* (LSW) doorgerekend voor een aantal varianten van de bijdragen vanuit grondwater. Deze oppervlaktewaterconcentraties worden vervolgens geaggregeerd naar KRW-oppervlaktewaterlichaam en vergeleken met de doelstellingen voor oppervlaktewater, die zijn uitgedrukt als zomergemiddelde stikstofconcentratie. De berekeningen zijn uitgevoerd voor heel Nederland, maar de analyse en presentatie van de

resultaten beperkt zich in dit document tot het voorbeeld van de oppervlaktewaterlichamen in het Maasstroomgebiedsdistrict.

## 2.3 STROMON

Naast de berekeningen met LKM is een STROMON-benadering uitgevoerd.

Bij de STROMON-benadering (zie Rozemeijer et al., 2007, <http://edepot.wur.nl/343276>) worden de relaties tussen grond- en oppervlaktewater op basis van metingen gelegd. Het uitgangspunt daarbij is dat de oppervlaktewaterkwaliteit de resultante is van een weersafhankelijke mengverhouding tussen ondiep en dieper grondwater. Dit principe geldt alleen voor de diffuse belasting vanuit het grondwater en houdt geen rekening met puntbronnen of processen in het oppervlaktewater. Met de STROMON-benadering kunnen verwachte concentraties in het oppervlaktewater berekend worden aan de hand van gemeten concentraties in het grondwater en een inschatting van de relatieve bijdrage van de verschillende ondiepe en diepe routes. De nitraatconcentraties in het grondwater ontleen we aan de landelijke en provinciale grondwaterkwaliteitsmeetnetten (LMM, LMG, PMG's). De relatieve bijdragen van de verschillende routes ontleen we aan het LHM (Landelijk Hydrologisch Model).

## 2.4 Varianten

Met zowel de STROMON-benadering als de LKM-berekeningen worden naast de variant huidige beleid ook vier varianten van concentraties in het bovenste grondwater doorgerekend. Hierbij worden de aanpassingen in de STROMON-benadering in de eerste meter van het grondwater gedaan, en in de LKM-berekeningen worden de ANIMO-concentraties aangepast:

- *Variant 0*: De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater zijn overal 0 mg/l.
- *Variant 25*: De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater zijn nergens hoger dan 25 mg/l NO<sub>3</sub> (5,7 mg/l NO<sub>3</sub>-N). Hogere concentraties worden teruggezet op 25 mg/l.
- *Variant 50*: De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater zijn nergens hoger dan 50 mg/l NO<sub>3</sub> (11,4 mg/l NO<sub>3</sub>-N). Hogere concentraties worden teruggezet op 50 mg/l.
- *Variant Opvulling*: De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater zijn overal 50 mg/l NO<sub>3</sub> (11,4 mg/l NO<sub>3</sub>-N).

Hierbij beantwoordt *Variant 50* de basisvraag van deze studie. *Variant 0* en *Variant 25* zijn hiervoor een gevoeligheidsanalyse. *Variant 0* is een strikt theoretisch scenario omdat een nitraatconcentratie van 0 mg/l niet realistisch is. *Variant Opvulling* kan worden gezien als een "worst case-scenario", waarbij we enerzijds uitgaan van het afkappen van de concentraties boven de 50 mg/l tot de norm en anderzijds uitgaan van opvulling tot de norm van 50 mg/l voor concentraties onder de norm.



### Over nitraat, stikstof, normen en eenheden

Dit rapport gaat over nitraat in zowel grond- als oppervlaktewater. Aangezien er bij grondwater gewerkt wordt met andere parameters, normen en eenheden dan bij oppervlaktewateronderzoek zetten we hier een aantal aandachtspunten op een rij die van belang zijn bij het correct interpreteren van dit rapport:

- Nitraat ( $\text{NO}_3$ ) is een goed oplosbare, zeer reactieve vorm van stikstof (N).
- Een andere veel voorkomende stikstofcomponent in grondwater is ammonium ( $\text{NH}_4$ ).
- In oppervlaktewater komt stikstof voor in opgeloste vorm (voornamelijk  $\text{NO}_3$  en  $\text{NH}_4$ ), maar ook als onderdeel van organische deeltjes (organisch N). Voor grondwater is organisch N minder relevant.
- In het grondwater wordt voor  $\text{NO}_3$  veelal de norm van 50 mg/l  $\text{NO}_3$  gehanteerd (Nitraatrichtlijn).
- Omgerekend naar  $\text{NO}_3\text{-N}$  (alleen het stikstofatoom) is dit 11,4 mg/l  $\text{NO}_3\text{-N}$ .
- De omrekenfactor tussen  $\text{NO}_3$  en  $\text{NO}_3\text{-N}$  is ca. 4.4 ( $62/14$ ;  $\text{NO}_3=4.4*\text{NO}_3\text{-N}$ ).
- Voor het oppervlaktewater gelden normen voor totaal stikstof (N-totaal, Kaderrichtlijn Water).
- De oppervlaktewaternorm voor N-totaal is watertype- en gebiedsspecifiek. Voor de meeste stromende wateren in het zandgebied is de norm 2.3 of 2.4 mg/l N voor het zomerhalfjaargemiddelde.
- Bij een  $\text{NO}_3$  concentratie boven de 10 mg/l  $\text{NO}_3$  in het oppervlaktewater wordt de norm voor N-totaal al overschreden door alleen nitraat. Hier komen ammonium en organisch N nog bij.

## 3 Berekeningen LKM

### 3.1 Beschrijving gebruikte ANIMO resultaten

Er is uitgegaan van beschikbare versies van het modelinstrumentarium en van datasets die binnen de Nationale Analyse zijn geproduceerd. De methodiek en basisdataset die zijn gebruikt voor LKM berekeningen binnen dit project, zijn dezelfde methodiek en basisdataset die gebruikt zijn binnen de Nationale Analyse. Als basis voor deze studie zijn de LWKM-berekeningen gebruikt voor de *Variant Huidig beleid met overbenutting* voor het jaar 2027 (Van der Bolt et al., in prep. 2020). Hierbij moet worden vermeld, dat er begin 2020 nog een plausibiliteitstoets loopt ten aanzien van de modelberekeningen in de Nationale Analyse (Van Gaalen et al, 2019, Van der Bolt et al, in prep. 2020), waarbij de LWKM berekeningen nog nader worden geduid, maar de LKM berekeningen niet meer zullen worden aangepast. In deze *Variant Huidig beleid met overbenutting* worden de volgende maatregelen meegenomen, die relevant zijn voor de waterkwaliteit:

- 1) Het huidige, geëffectueerde mestbeleid.
- 2) De maatregelen van het 6<sup>e</sup> Nitraat Actie Programma (2018-2021).
- 3) Het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW).
- 4) De Deelstroomgebiedsbeheerplannen (SGBP) 2016-2021.
- 5) De KRW-maatregelen in het buitenlandse deel van de deelstroomgebieden.

Bij het gebruik van de mestverdelingsmodule (INITIATOR) voor het LWKM is uitgegaan van volledig benutten van de geproduceerde dierlijke mest (mestvariant 'data'). De resultaten voor de waterkwaliteit op basis van dit uitgangspunt geven een goede overeenkomst met metingen binnen het Landelijk Meetnet Mestbeleid. Meer details over de invulling van de maatregelen en de achtergronden van de berekeningen zijn te vinden in de Rapportage over het LWKM (Van der Bolt et al, in prep. 2020). Meer informatie over de toepassing van het LWKM is te vinden in (Loos et al., in prep. 2020).

Detailinformatie in de vorm van boxplots van ANIMO-concentraties per LSW en per kwartaal voor NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> en organisch-N (mg-N/l) in drainwater en oppervlakkige afvoer voor 2027, *Variant Huidig beleid met overbenutting* in de landbouwgebieden van het Maasstroomgebied is opgenomen in Bijlage A.

In onderstaande tabellen is informatie opgenomen over de toegepaste ANIMO-data voor de basisberekeningen voor de *Variant Huidig beleid met overbenutting*. Tabel 3.1 geeft inzicht in de gebruikte data op basis van gemiddelden per LSW-afwateringsgebied per kwartaal voor het stroomgebiedsdistrict Maas. Ten eerste zijn de waterfluxen weergegeven voor de twee onderscheiden routes: drainwater en oppervlakkige afvoer. Hierbij zien we een beperkte bijdrage van de oppervlakkige afvoer aan de totale afvoer en verder een logische verdeling van de debieten van beide routes over het jaar heen: hoge fluxen in de winterkwartalen (1 en 4) en aanzienlijk lagere in de zomerkwartalen (2 en 3). Ten tweede zijn de concentraties van totaal-N weergegeven voor de beide routes, met daarbij de bijdragen van de verschillende componenten NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> en organisch-N aan de totaal-N concentraties. De totaal-N concentraties in het drainwater zijn aanzienlijk hoger dan in de oppervlakkige afvoer. We zien daarbij voor drainwater een vrij constante concentratie van totaal-N door het jaar heen, met alleen lagere concentraties in het derde kwartaal. Voor de route oppervlakkige afvoer zien we grotere verschillen, wat we ook wel verwachten, zowel door het jaar heen, als tussen landbouw- en natuurgebieden. Voor het drainwater zien we dat de grootste bijdrage van stikstof NO<sub>3</sub> is (ca. 60-80%), een kleiner deel organisch-N (10-20%) en slechts een beperkt deel NH<sub>4</sub> (5-15%).

Tabel 3.1: Aandeel (%) van NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> en organisch-N in N-totaal in drainwater en oppervlakkige afvoer voor de landbouwgebieden en natuurgebieden van stroomgebiedsdistrict Maas. Getallen betreffen gemiddelden per LSW-afwateringsgebied per kwartaal, berekend voor de Variant Huidig beleid met overbenutting voor het jaar 2027.

LANDBOUWGEBIEDEN											
Kwartaal	waterafvoer		drainwater				oppervlakkige afvoer				Ntot ratio OppAf/Drain
	drainage (mm)	oppervlakkige afvoer (mm)	Ntot (mgN/l)	bijdrage NO <sub>3</sub> (%)	bijdrage NH <sub>4</sub> (%)	bijdrage OrgN (%)	Ntot (mgNI)	bijdrage NO <sub>3</sub> (%)	bijdrage NH <sub>4</sub> (%)	bijdrage OrgN (%)	
1	94.6	1.78	10.31	80.78	4.94	14.29	1.03	59.38	28.25	12.37	0.15
2	31.48	0.6	10.24	80.35	5.78	13.87	2.02	52.33	31.06	16.62	0.3
3	9.85	1.44	6.05	76.84	9.62	13.54	1.07	29.74	39.27	30.99	0.24
4	58.57	2.35	9.2	80.15	5.46	14.39	0.31	24.78	28.57	46.65	0.05
NATUURGEBIEDEN											
1	61.78	2.8	5.58	75.48	8.46	16.06	0.3	56.84	25.29	17.87	0.07
2	26.47	0.92	4.66	70.82	11.81	17.37	0.52	48.91	18.19	32.9	0.13
3	13.43	1.4	3.64	62.14	15.75	22.11	0.53	51.64	13.99	34.38	0.17
4	40.37	2.82	4.57	70.08	10.13	19.8	0.3	54.78	20.95	24.26	0.08

**Betekenis velden:**

Kwartaal	: Kwartaalnummer (kwartaal van 2027)
drainage (mm)	: Gemiddelde waterafvoer (mm) via drainage naar een LSW
oppervlakkige afvoer (mm)	: Gemiddelde waterafvoer (mm) via oppervlakkige afvoer naar een LSW
Ntot drainwater (mgNI)	: Gemiddelde N-totaal concentratie (mg-N/l) in drainwater
bijdrage NO <sub>3</sub> drainwater (%)	: Gemiddeld aandeel (%) van NO <sub>3</sub> in N-totaal in drainwater
bijdrage NH <sub>4</sub> drainwater (%)	: Gemiddeld aandeel (%) van NH <sub>4</sub> in N-totaal in drainwater
bijdrage OrgN drainwater (%)	: Gemiddeld aandeel (%) van organisch-N in N-totaal in drainwater
Ntot opp. afvoer (mgNI)	: Gemiddelde N-totaal concentratie (mg-N/l) in de oppervlakkige afvoer
bijdrage NO <sub>3</sub> opp. afvoer (%)	: Gemiddeld aandeel (%) van NO <sub>3</sub> in N-totaal in de oppervlakkige afvoer
bijdrage NH <sub>4</sub> opp. afvoer (%)	: Gemiddeld aandeel (%) van NH <sub>4</sub> in N-totaal in de oppervlakkige afvoer
bijdrage OrgN opp. afvoer (%)	: Gemiddeld aandeel (%) van organisch-N in N-totaal in de oppervlakkige afvoer
Ntot Ratio OppAf/Drain	: Gemiddelde verhouding concentratie N-totaal in oppervlakkige afvoer / N-totaal in drainwater

Voor de oppervlakkige afvoer zien we een relatief kleiner aandeel van NO<sub>3</sub>, meer organisch-N en vooral veel meer NH<sub>4</sub>. In de natuurgebieden zien we aanzienlijk lagere concentraties totaal-N dan in de landbouwgebieden, zowel voor het drainwater, als voor de oppervlakkige afvoer. Dit komt overeen met wat we verwachten. De N-totaal concentraties in het drainwater zijn aanzienlijk hoger (een factor 5 tot 30, op basis van de gemiddelden per kwartaal uit Tabel 3.1) dan in de oppervlakkige afvoer (zie kolom Ntot ratio in Tabel 3.1). Daarnaast is ook de waterafvoer van het drainwater aanzienlijk hoger dan in de oppervlakkige afvoer (een factor 7 tot 53, op basis van de gemiddelden per kwartaal uit Tabel 1). De bijdrage in vrachten van de oppervlakkige afvoer aan de totale vracht (sommige oppervlakkige afvoer en drainwater) zal daarom zeer beperkt zijn.

Tabel 3.2 zoomt specifiek in op de NO<sub>3</sub>-concentraties, zowel in drainwater, als in oppervlakkige afvoer. Hier is een overzicht gegeven van gemiddelde, minimale en maximale concentraties én het percentage LSW's, waarbij de concentratie boven de grondwaternorm van 11.4 mg-N/l uitkomt. Wat hierbij vooral opvalt zijn de hoge gemiddelde en maximale concentraties in drainwater in de landbouwgebieden, die voor een aanzienlijk deel van de LSW's (20% in drie van de vier kwartalen) boven de norm uitkomt. In de natuurgebieden zien we geen normoverschrijdingen.

Tabel 3.2: Statistiek NO<sub>3</sub> concentraties in drainwater en oppervlakkige afvoer voor de landbouwgebieden en natuurgebieden van stroomgebiedsdistrict Maas. Getallen betreffen gemiddelden per LSW-afwateringsgebied per kwartaal, berekend voor de Variant Huidig beleid met overbenutting voor het jaar 2027.

LANDBOUWGEBIEDEN								
Kwartaal	NO <sub>3</sub> drainwater				NO <sub>3</sub> oppervlakkige afvoer			
	gem	min	max	%>norm	gem	min	max	%>norm
1	8.59	1.84	24.79	20.2	0.58	0.06	4.91	0
2	8.46	1.67	25.25	20.8	1.08	0.24	7.51	0
3	4.85	0.88	17.1	4.6	0.34	0.01	2.45	0
4	7.72	1.35	29.77	20.2	0.08	0.02	0.72	0
NATUURGEBIEDEN								
1	4.28	0.78	8.87	0	0.16	0.07	0.7	0
2	3.33	0.65	9.36	0	0.25	0.11	0.72	0
3	2.32	0.33	8.99	0	0.28	0.04	1.27	0
4	3.29	0.49	8.26	0	0.17	0.06	0.82	0

**Betekenis velden:**

- Kwartaal : Kwartaalnummer (kwartaal van 2027)
- gem : Gemiddelde NO<sub>3</sub> concentratie (mg-N/l) in drainwater of oppervlakkige afvoer
- min : Minimum NO<sub>3</sub> concentratie (mg-N/l) in drainwater of oppervlakkige afvoer
- max : Maximum NO<sub>3</sub> concentratie (mg-N/l) in drainwater of oppervlakkige afvoer
- %>norm : Percentage LSW-afwateringsgebieden met een NO<sub>3</sub> concentratie in drainwater of oppervlakkige afvoer boven de grondwater norm (50 mg-NO<sub>3</sub>/l ~ 11.4 mg-N/l)

### 3.2 Validatie van de ANIMO-resultaten

Binnen het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM) worden metingen gedaan aan de verschillende stikstof fracties in uitspoelingswater op ca. 450 agrarische bedrijven. In het zandgebied wordt over het algemeen gemeten in de bovenste meter grondwater. Als het grondwater te diep zit wordt bodemvocht gemeten. Als verificatie voor de ANIMO-concentraties is in Tabel 3.3 een overzicht gemaakt van de statistieken van de concentraties in het zandgebied voor nitraat, ammonium en organisch stikstof. De getallen in Tabel 3.3 zijn voor het zandgebied als geheel. Daarbij wordt aangetekend dat de concentraties in het zuidelijk zandgebied hoger zijn dan in het noordelijk en het oostelijk zandgebied.

Tabel 3.3: Concentraties in uitspoelingswater zoals gemeten in het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM), de gemiddelden, standaarddeviatie en de 10, 25, 50, 75 en 90 percentielwaarden. Bron: selectietool RIVM.

Nitraat (als mg/l NO <sub>3</sub> -N)									
Bedrijfstype	Seizoen	Aantal bedrijven	Gem	Std	P10	P25	P50	P75	P90
alle	zomer	201	9.7	10.4	1.0	3.2	6.5	12.4	21.5
Ammonium (als mg/l NH <sub>4</sub> -N)									
Bedrijfstype	Seizoen	Aantal bedrijven	Gem	Std	P10	P25	P50	P75	P90
alle	zomer	201	1,2	1,7	<dg	<dg	0,52	1,5	3,2
Organisch stikstof (als mg/l N)									
Bedrijfstype	Seizoen	Aantal bedrijven	Gem	Std	P10	P25	P50	P75	P90
alle	zomer	201	1,7	1,0	0,54	1,1	1,6	2,3	2,9

De getallen uit het LMM onderbouwen het beeld dat nitraat veruit de belangrijkste N-fractie is (ca. 77%) in de uit- en afspoeling in zandgebieden. De concentraties lijken vrij goed overeen te komen met de ANIMO-data uit Tabel 3.1 voor de landbouwgebieden, behalve dat daar de concentraties organisch-N wat hoger liggen dan de concentraties NH<sub>4</sub>.

Voor oppervlakkige afstroming worden vrijwel nooit concentraties gemeten. Wel zijn er enkele (op enigszins provisorische wijze verzamelde) gegevens beschikbaar vanuit het project DYNAQUAL (deels gepubliceerd in Rozemeijer et al., 2008b). Het gaat om 20 monsters van actieve oppervlakkige afstroming, waarvan 10 monsters op akkers en 10 op grasland. De gemiddelde NO<sub>3</sub>-N was 1.6 mg/l en de gemiddelde NH<sub>4</sub>-N concentratie was 0.54 mg/l. Deze waarden liggen in dezelfde orde van grootte als de in Tabel 3.1 weergegeven concentraties. De concentratie organisch-stikstof is niet gemeten. Binnen het DOVE project (Plette et al., 2004) zijn in 1999-2000 op een perceel bij Enschede metingen verricht van oppervlakkige afstroming met behulp van een opvanggoot. De gemiddelde N-totaalconcentratie was daar 26,3 mg/l.

### 3.3 Varianten doorgerekend met LKM

Met het LKM zijn naast de referentie *Variante Huidig beleid met overbenutting* de in hoofdstuk 2.4 benoemde varianten doorgerekend voor het zichtjaar 2027 (variant 0, 25, 50 en Opvullen).

#### Aanpassing concentraties stikstof fracties in de varianten

In geval van een aanpassing van een NO<sub>3</sub> concentratie in het drainwater zijn ook de corresponderende NH<sub>4</sub> en organisch-N concentraties in drainwater en de NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> en organisch-N concentraties in oppervlakkige afvoer evenredig aangepast, en dan verandert ook de N-totaal concentratie. Deze aanname is gedaan omdat al deze stikstof fracties mest als belangrijkste bron hebben. De invloed van deze aanname is beperkt aangezien nitraat de belangrijkste stikstof fractie is die uitspoelt naar het oppervlaktewater en oppervlakkige afvoer op jaarbasis een relatief kleine route is voor stikstof.

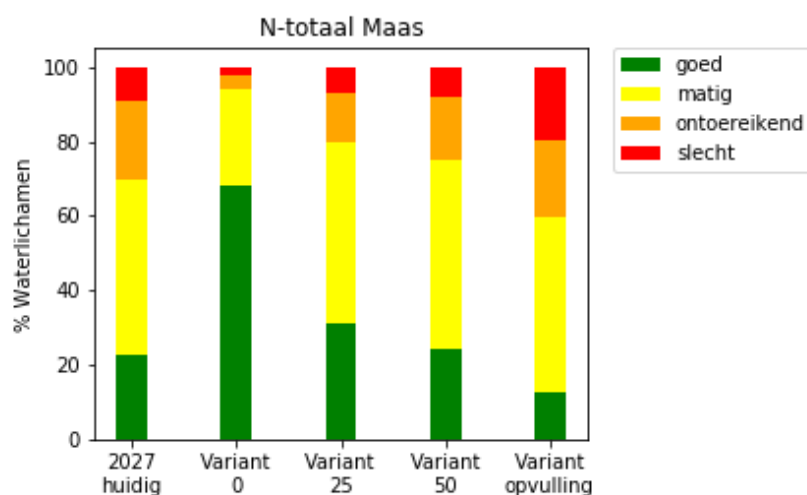
In de *Variante 0, 25 en 50* zijn de uit- en afspoelingsconcentraties voor zowel landbouw- als natuurgebieden aangepast o.b.v. de NO<sub>3</sub> concentratie in drainwater voor het landbouw-, respectievelijk natuurdeel van een LSW-afwateringsgebied. In de *Variante Opvulling* zijn alleen de concentraties voor landbouwgebieden aangepast.

## 3.4 Resultaten LKM

### 3.4.1 Vergelijking doelbereik

De met het LKM berekende concentraties N-totaal per LSW zijn geaggregeerd naar de KRW oppervlaktewaterlichamen. Deze gemiddelde concentraties zijn vervolgens getoetst aan de geldende KRW-normen voor de individuele waterlichamen. Hierbij moet worden vermeld dat, gezien alle onzekerheden in de modeldata (hydrologie, ANIMO-berekeningen, overige emissies), schematisatie (aan- en afvoersituaties, routing van waterlopen) én processen in het model (retentie) de betrouwbaarheid van de berekeningen voor de individuele waterlichamen beperkt is. Desondanks geven de berekeningen wel degelijk een indruk van de algemeen te verwachten trends. Daarom zijn de berekeningsresultaten geaggregeerd naar percentage waterlichamen per klasse (goed, matig, ontoereikend of slecht) voor het hele Maasstroomgebiedsdistrict (Figuur 3.1, Tabel 3.4 Figuur 3.4). De kaartjes in deze paragraaf (Figuur 3.2, Figuur 3.3) zijn vooral bedoeld om globale ruimtelijke patronen te laten zien, en zijn niet geschikt om een uitspraak te doen over een individueel waterlichaam.

Figuur 3.1 geeft een overzicht van het doelbereik voor de verschillende varianten, vergeleken met de verwachting voor de *Variant Huidig beleid met overbenutting* (voor het jaar 2027). Daarbij valt op dat de *Variant 50* nog slechts nauwelijks een verbetering oplevert ten opzichte van *Variant Huidig*. Pas bij een verdere aanscherping van de concentratie in het bovenste grondwater naar 25 mg/l nitraat (*Variant 25*) zien we een forse stijging van het percentage waterlichamen in de klasse goed (23 naar 31%) en afname van het percentage waterlichamen in de klasse ontoereikend (van 21 naar 14%). Verder is ook opvallend dat zelfs in de extreme (theoretische) *Variant 0* nog steeds een deel van de wateren ontoereikend tot slecht scoort (6%) en 26% matig. In de *Variant Opvulling* zien we een forse achteruitgang ten opzichte van de *Variant Huidig*, vooral een forse toename van het percentage waterlichamen in de klasse slecht (van 9 naar 20%).



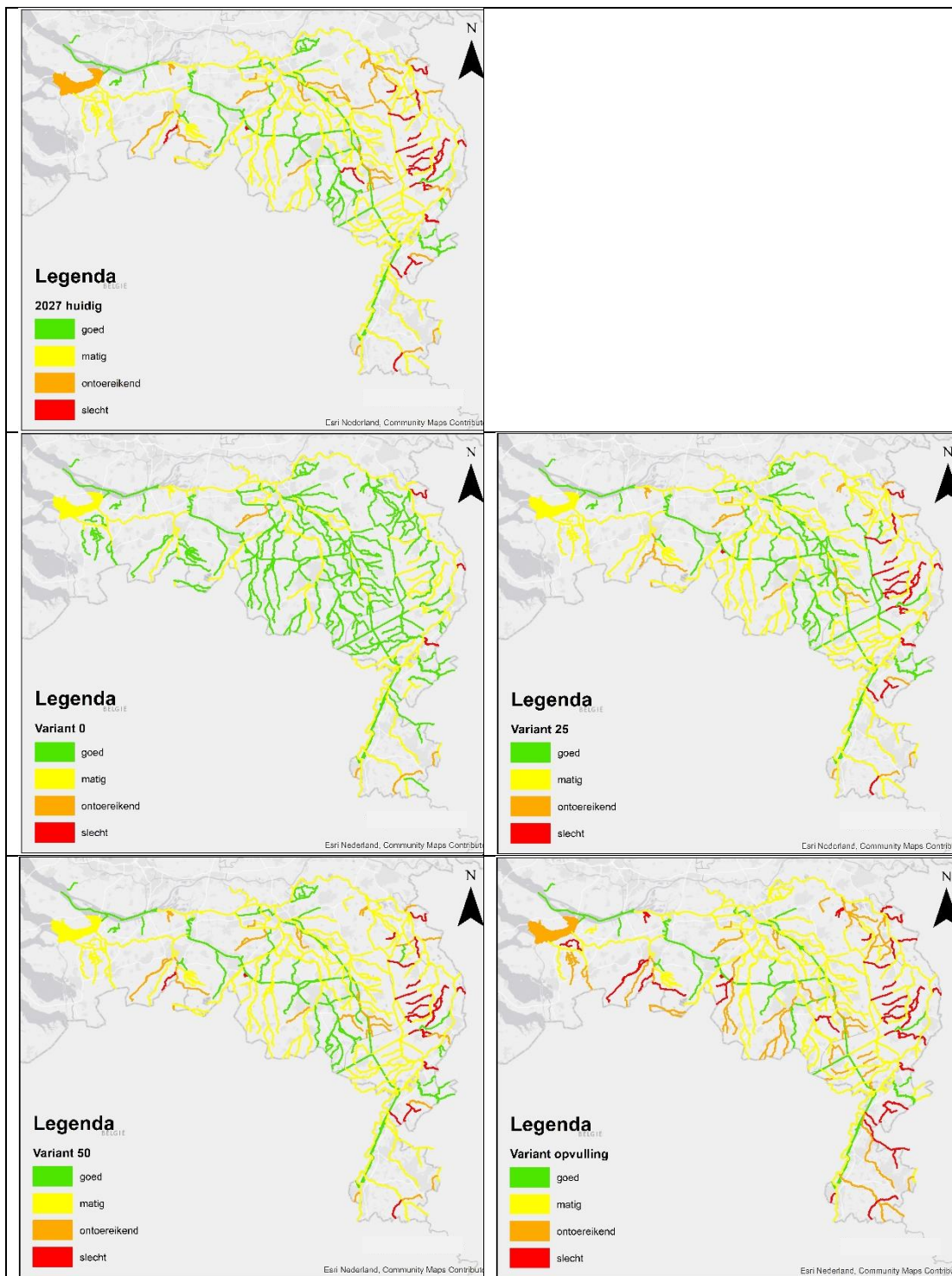
Figuur 3.1: Indeling waterlichamen van stroomgebiedsdistrict Maas in KRW-klassen voor N-totaal in 2027 bij huidig beleid en de andere varianten.

Tabel 3.4: Cijfermatig overzicht klassenverdeling per variant.

Aantal waterlichamen per kwaliteitsklasse voor de verschillende varianten aangegeven als percentage.					
Classificatie	Huidig_2027	Variant 0	Variant 25	Variant 50	Variant Opvulling
Goed	22.7	68.2	31.1	24.2	12.9
Matig	47.0	25.8	48.5	50.8	47.0
Ontoereikend	21.2	3.8	13.6	16.7	20.5
Slecht	9.1	2.3	6.8	8.3	19.7

### 3.4.2 Ruimtelijk beeld doelbereik

Onderstaande kaartjes geven de oppervlaktewaterlichamen weer met de bijbehorende KRW-klasse kleuren. In de *Variant Huidig* zien we wateren in de klasse slecht vooral in Limburg en aan de grens, terwijl de wateren in de klasse ontoereikend wat meer verspreid zijn. De *Variant 50* geeft ruimtelijk verspreid enkele verbeteringen weer. In de *Variant 25* zien we vooral verbetering in het noordelijke deel van het stroomgebiedsdistrict.



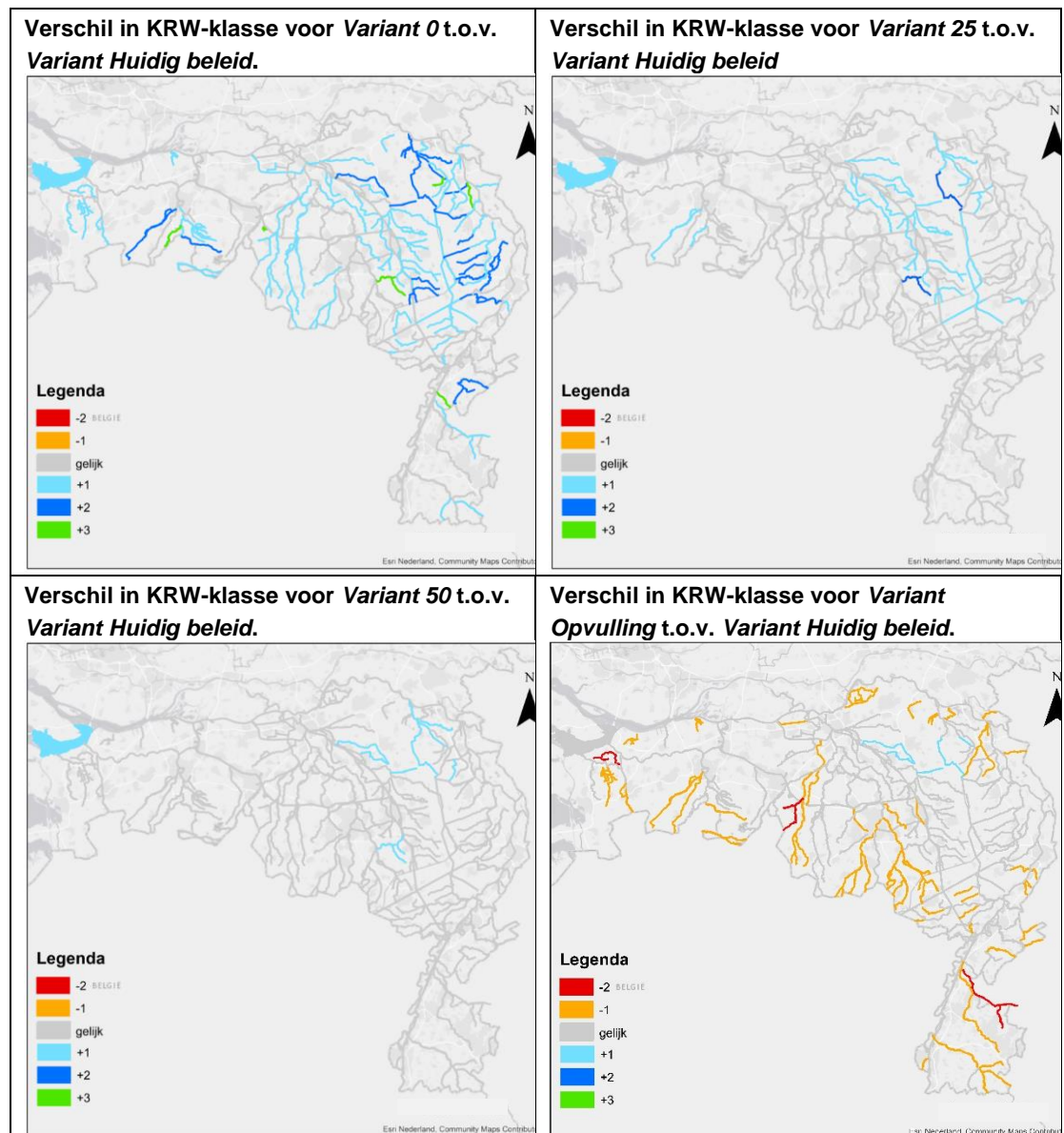
Figuur 3.2: Ruimtelijk beeld doelbereik per waterlichaam voor Variant Huidig beleid, 0, 25, 50 en Opvulling.



De *Variant 0* laat vooral de verdubbeling van wateren in de klasse goed zien ten opzichte van *Variant 25*, met nog slechts enkele wateren in de klasse slecht aan de grens. De *Variant Opvulling* toont vrijwel overal een algehele verslechtering, met uitzondering van enkele grotere waterlopen, die nog steeds in de klasse goed blijven.

### 3.4.3 Ruimtelijk beeld verschil in doelbereik

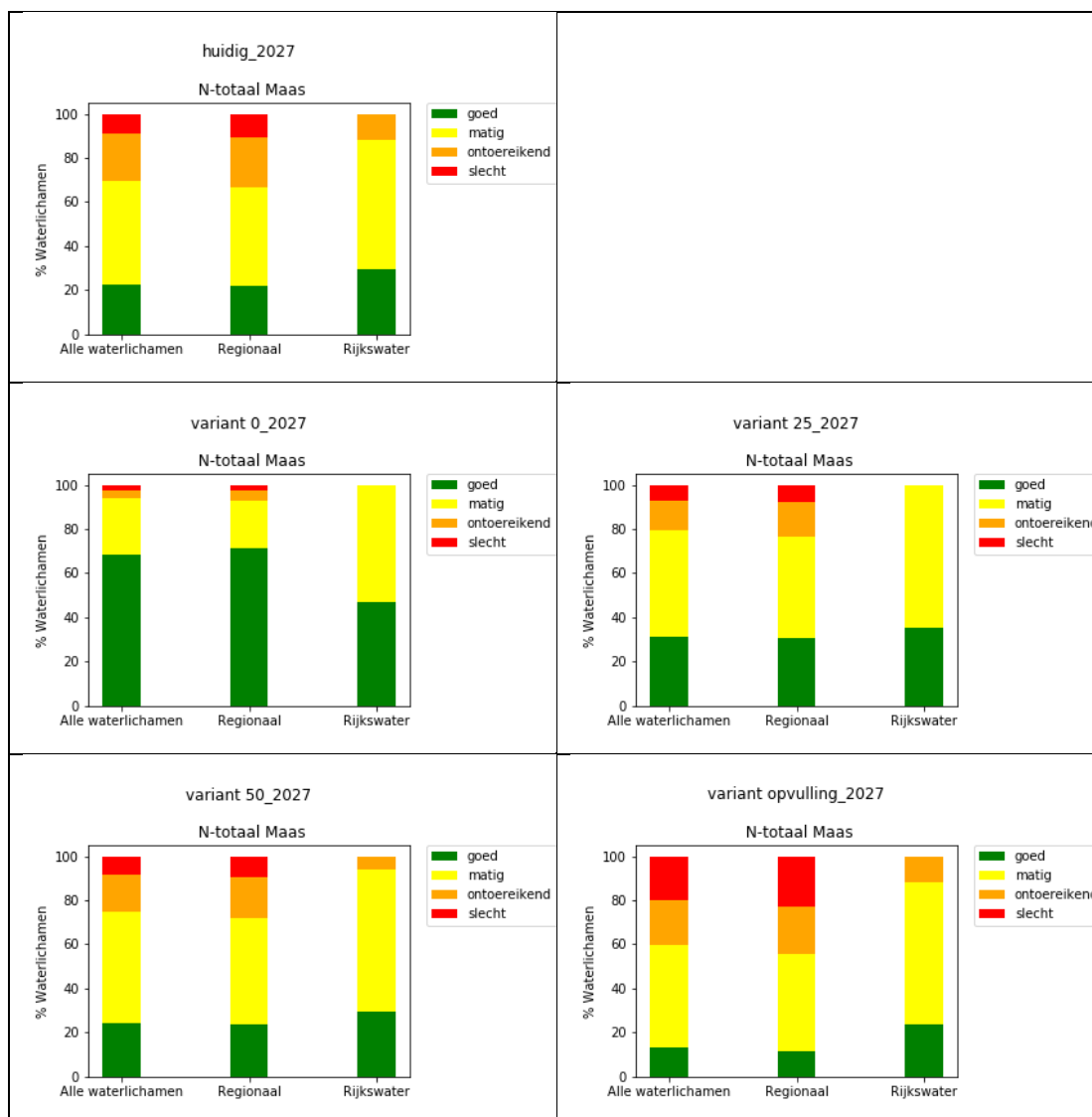
Onderstaande kaartjes geven de vooruitgang of achteruitgang in KRW-klasse weer van de verschillende varianten ten opzichte van de *Variant Huidig beleid*. Daarbij moet men zich realiseren dat er geen achteruitgang meer kan plaatsvinden wanneer een waterlichaam al in de klasse slecht zit. Het kan dan wel zo zijn (en dat zien we ook in de berekeningen), dat de concentraties totaal-N nog wel stijgen. Daarnaast geldt ook het omgekeerde: een waterlichaam dat al goed is, kan bij lagere concentraties in het grondwater niet nog een klasse beter worden. Ook zijn er veranderingen berekend die te klein zijn om tot een verandering van klasse te leiden.



Figuur 3.3: Ruimtelijk beeld van verschil in doelbereik per waterlichaam tussen *Variant Huidig beleid* en de andere varianten.

### 3.4.4 Doelbereik met onderscheid regionale- en Rijkswateren

Onderstaande figuren tonen het onderscheid tussen de Rijkswateren en de regionale wateren. Omdat het aantal Rijkswateren gering is in vergelijking met het aantal regionale wateren, lijken de staafjes voor de regionale wateren veel op de staafjes met alle waterlichamen. De Rijkswateren hebben in het algemeen een betere kwaliteit dan de regionale wateren, wat we onder meer zien in het ontbreken van wateren in de klasse slecht.



Figuur 3.4: Klassenverdeling N-totaal voor de waterlichamen van stroomgebiedsdistrict Maas in 2027 voor Variant Huidig beleid, 0, 25, 50 en Opvulling met onderscheid regionale en Rijkswateren.

## 3.5 Discussie en aandachtspunten LKM

In grote lijnen zijn de ANIMO-data verklaarbaar en in overeenstemming met de verwachtingen. Toch is er nog een aantal zaken te benoemen, die mogelijk nog nader kunnen worden bekeken. Het betreft:

- Seizoenspatronen in de verschillende fracties N: we zien nu vrij grote verschillen in de waterfluxen tussen kwartaal 2 en 3 (zie Figuur 3.1).
- De verschillen tussen de waterafvoeren tussen landbouw- en natuurgebieden.

- Vergelijken ANIMO met meetgegevens: de analyse, zoals in paragraaf 3.2 uitgevoerd is beperkt.
- Oppervlakkige afvoer in ANIMO: onzeker wat betreft concentraties en fluxen door het ontbreken van veldmetingen ter verificatie.

Als basis voor de berekeningen en de vergelijking met de varianten is nu het scenario *Huidig beleid met overbenutting* gebruikt. Om een genuanceerder beeld te krijgen van de te verwachten effecten van de varianten, zou ook een vergelijking kunnen worden gemaakt met andere scenario-berekeningen, zoals uitgevoerd in de Nationale Analyse, met name het scenario *Voorzien* (Huidig beleid aangevuld met maatregelen voorzien in de periode 2021-2027) is daarbij interessant.

### 3.6 Conclusies vanuit berekeningen LKM

Vanuit de berekeningen van LKM met de Animo input, in vier varianten, in vergelijking van de referentiesituatie in 2027 (*Variant Huidig beleid met overbenutting*), kunnen we de volgende conclusies trekken voor het Maas stroomgebiedsdistrict:

Als de grondwaternorm gehaald wordt, treedt gemiddeld genomen een lichte verbetering op van de kwaliteit van de oppervlaktewateren wat betreft de concentratie N-totaal. De berekeningen geven echter aan dat dit onvoldoende is om de knelpunten in het oppervlaktewater van het Maasstroomgebiedsdistrict weg te nemen. De meeste wateren blijven in dezelfde klasse als is berekend met de *Variant Huidig beleid*, en voldoen nog niet aan de norm voor oppervlaktewater.

Zelfs wanneer de nitraatconcentratie in het grondwater in de berekeningen op nul gezet is, blijken niet alle knelpunten in de oppervlaktewaterkwaliteit wat betreft N-totaal te verdwijnen. Dit suggereert dat andere bronnen van N belangrijk zijn voor deze waterlichamen.

In de *Variant 25* treedt vooral in het in het noordoosten van het stroomgebiedsdistrict een verbetering op qua KRW klasse voor N-totaal. In de gebieden met veel knelpunten, in het westen en noorden van het Maasstroomgebied, treedt geen verbetering op van de KRW-klasse voor N-totaal.

Het opvullen van concentraties in grondwater tot aan de norm, geeft een aanzienlijke verslechtering van de knelpunten in de oppervlaktewaterkwaliteit wat betreft N-totaal.

## 4 STROMON benadering

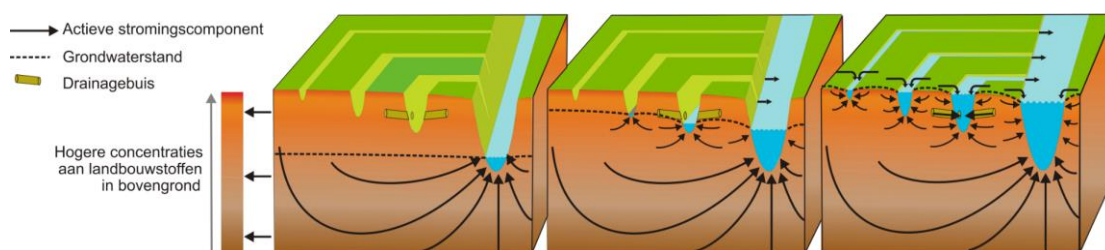
### 4.1 Introductie

Met de STROMON-benadering kan op regionaal niveau een kwantitatieve inschatting gegeven worden van de bijdrage van verschillende hydrologische routes aan de nitraatbelasting van het oppervlaktewater. De stofstromenaanpak is eerder toegepast voor de provincie Noord-Brabant (STROMON, Rozemeijer et al., 2008), de provincie Limburg (WAHYD, Klein et al., 2008), in het project Monitoring Stroomgebieden voor de Drentse Aa (Van der Griff et al., 2011), voor Waterschap Aa en Maas (Van den Eertwegh et al., 2015), voor de Grootte Molenbeek (Soetens en Zwart, 2017), en voor het Vechtgebied in Waterschap Vechtstromen (Rozemeijer et al., 2018).

In deze STROMON-analyse wordt beschikbare regionale meet- en modelinformatie van het Maasstroomgebied aangewend voor het ruimtelijk kwantificeren van routes van water en nitraat. Vervolgens kunnen voorspellingen gedaan worden van nitraatconcentraties in oppervlaktewateren die niet door puntbronnen beïnvloed worden. Tenslotte passen we de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater aan en voorspellen we de nitraatconcentraties in oppervlaktewater voor dezelfde 4 varianten als gebruikt voor het LKM (variant 0, 25, 50 en Opvullen, zie sectie 2.4):

De bestaande meetgegevens van nutriënten in grondwater vormen de basis voor de STROMON-analyse ('data-driven'). Deze gegevens komen van Provincies (Provinciale Meetnetten Grondwaterkwaliteit, PMG's), het RIVM (Landelijk Meetnet Grondwater, LMG en het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid, LMM). We gebruiken het Landelijke Hydrologische Model (LHM) voor het inschatten van de waterfluxen naar het oppervlaktewater via de verschillende routes.

Uitgangspunt voor de stofstromenbenadering is dat de oppervlaktewaterkwaliteit onder bepaalde afvoeromstandigheden de resultante is van een bepaalde mengverhouding van grondwater afkomstig vanuit de verschillende diepteniveaus (zie Figuur 4.1). Bij snelle afvoer verschuift deze mengverhouding naar de ondiepere, snellere afvoercomponenten. Bij basisafvoer hebben de diepere, tragere afvoercomponenten meer invloed. Door de verschillen in waterkwaliteit tussen de diepteniveaus hebben de verschuivingen in de mengverhouding gevolgen voor de oppervlaktewaterkwaliteit. Dit conceptuele model legt de verbinding tussen hydrologie en waterkwaliteit in bodem-, grond- en oppervlaktewater en is gepubliceerd door Rozemeijer & Broers (2007).



Figuur 4.1: Conceptueel model over de relaties tussen hydrologie en waterkwaliteit in bodem-, grond- en oppervlaktewater: de oppervlaktewaterkwaliteit onder bepaalde afvoeromstandigheden de resultante is van een bepaalde mengverhouding van grondwater afkomstig vanuit de verschillende diepteniveaus (Rozemeijer & Broers, 2007).

Aan de hand van de bijdragen van verschillende routes en de gemeten nitraatconcentraties op verschillende diepteniveaus zijn nitraatconcentraties in het oppervlaktewater te berekenen. Voor deze eerste analyse maken we gebruik van fluxen op jaarbasis en maken we geen onderscheid

tussen de seizoenen. In werkelijkheid vindt de nitraatuitspoeling vanuit landbouwgebieden voornamelijk in de winter plaats als er een neerslagoverschot is. In benedenstroomse wateren met een langere verblijftijd kunnen deze wintervrachten wel invloed hebben op de ecologie in de zomer. We houden bij deze STROMON-benadering geen rekening met de invloed van puntbronnen, bovenstrooms aanvoerwater en retentie in het oppervlaktewater systeem. Ook hebben we ons alleen gericht op nitraat en niet naar de andere stikstofcomponenten gekeken. De STROMON-benadering levert derhalve een beeld op van de belasting met nitraat vanuit het grondwater naar het oppervlaktewater. De berekende concentraties kunnen daarom ook niet 1 op 1 met de N-totaal norm voor het zomerhalfjaargemiddelde vergeleken worden. Wel geeft het een beeld van de veranderingen als gevolg van een verlaging van de concentratie nitraat in grondwater.

## 4.2 Meetgegevens en modeluitput

Voor de STROMON-analyse zijn fluxen via verschillende routes en nitraatconcentraties op verschillende diepteniveaus nodig. Voor de nitraatconcentraties zijn de volgende gegevens verzameld:

- De Nitraatkaart 2012-2015 op basis van meetgegevens van de kwaliteit van het bovenste grondwater op landbouwbedrijven uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) van het RIVM<sup>1</sup>.
- Grondwaterkwaliteitsgegevens uit het Provinciale Meetnet Grondwaterkwaliteit (PMG) van de provincies Noord-Brabant en Limburg.
- Grondwaterkwaliteitsgegevens uit het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) van het RIVM.

In verband met de beschikbaarheid van de Nitraatkaart en de meetgegevens uit de grondwatermeetnetten focussen we in deze studie op de meetgegevens uit de periode 2012 tot en met 2015.

De fluxen via verschillende routes zijn per Local Surface Water (LSW) onttrokken aan het Landelijk Hydrologisch Model (LHM, versie 3.5.1).

## 4.3 Gebiedstypen

Voor de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater is door het RIVM een vlakdekkende interpolatie gemaakt van metingen binnen het LMM. Bij deze interpolatie is rekening gehouden met verschillen in landgebruik, bedrijfstype, grondwatertrap en bodemtype.

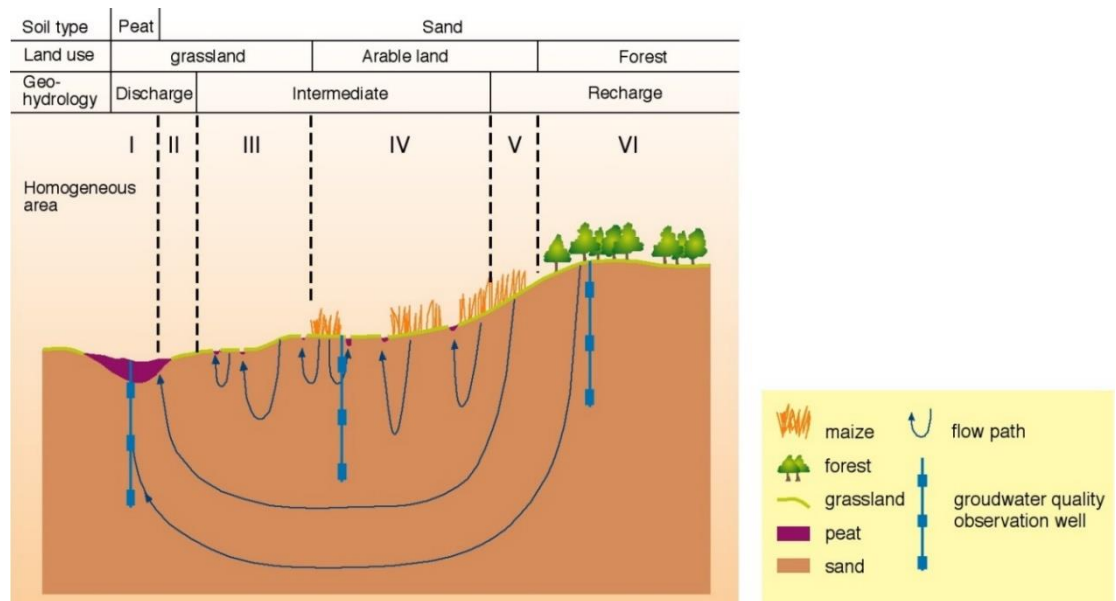
Voor de meetgegevens van de ondiepe en diepe grondwaterkwaliteit is nog niet een dergelijke vlakdekkende kaart beschikbaar. De ruimtelijke variatie in de grondwaterkwaliteit is echter groot. Met een beperkt aantal meetlocaties is het daardoor niet mogelijk om de grondwaterkwaliteit met (statistische) interpolatiemethoden vlakdekkend in beeld te krijgen. Het is wel mogelijk om de grondwaterkwaliteit te karakteriseren voor deelgebieden of voor homogene gebiedstypen; de resultaten uit alle meetlocaties in een deelgebied worden gebruikt om de gemiddelde concentraties, de spreiding en eventuele andere statistieken voor de waterkwaliteit in dat gebied te bepalen.

De gebiedstypen worden veelal ingedeeld op basis van een risicobenadering. Op basis van het landgebruik, de bodem en de hydrologie wordt het landschap ingedeeld in gebieden met veel en

---

<sup>1</sup> <https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/resultaten/nitraatkaart-van-nederland>

weinig risico op uitspoeling naar het grondwater. Een akkerbouwgebied op zand met infiltratie is bijvoorbeeld een gebied met een hoog risico op verontreiniging van het grondwater. Een gebied met kwel of een natuurgebied is een laag risico gebied. De risicobenadering en de gebiedstypenaanpak voor de verwerking van grondwaterkwaliteitsinformatie is uitgebreid beschreven door Broers (2002). Figuur 4.2 geeft een visuele indruk van hoe het landschap kan worden ingedeeld in homogene gebieden.



Figuur 4.2: Indeling van het landschap in homogene gebiedstypen (uit: Broers, 2002).

De betrouwbaarheid van de gemiddelde concentraties per gebiedstype hangt af van het aantal meetlocaties en van de variatie in de concentraties in het gebiedstype. Het is daarom van belang dat er per gebiedstype voldoende meetlocaties (ca. 8) aanwezig zijn om enigszins betrouwbare gemiddelde concentraties te kunnen bepalen. Als er teveel verschillende gebiedstypen onderscheiden worden, dan wordt het aantal meetlocaties per gebiedstype te laag en de onzekerheid in het gemiddelde te groot. De gemiddeldes (of andere statistieken) per gebiedstype kunnen opgeschaald worden naar vlakdekkende grondwaterkwaliteitskaarten.

De volgende deelkaarten zijn gebruikt om een gebiedstypenkaart te maken:

- De landgebruikskaart (LGN7); Figuur 4.3.
- De grondsoortenkaart (afgeleid van de bodemkaart 1:50 000); Figuur 4.4.
- De gemiddelde kwel/infiltratieflex uit het LHM voor 2012-2015; Figuur 4.5.

Omdat het van belang is dat er niet teveel gebiedstypen ontstaan met te weinig meetlocaties per gebiedstype, zijn niet alle individuele kaarteenheden van de drie basiskaarten gebruikt, maar is de informatie sterk teruggebracht als volgt:

De landgebruikskaart is gebruikt om het onderscheid te maken tussen agrarisch gras, akkerbouw, natuur, water en bebouwing. Deze landgebruikstypen onderscheiden zich in de mate van belasting van de bodem met nutriënten.

De bodemkaart is gebruikt om onderscheid te maken tussen zandgronden aan de ene kant en klei, veen, zavel en moerige gronden aan de andere kant. Het type bodem en ondergrond bepalen in hoeverre nutriënten worden vastgehouden ofwel omgezet. Zandgronden zijn minder goed in staat nutriënten vast te houden of om te zetten dan klei, veen, zavel en moerige gronden. Om het aantal gebiedstypen beperkt te houden en het oppervlak per gebiedstype niet te klein te laten worden is geen verder onderscheid gemaakt in bodemtypen.

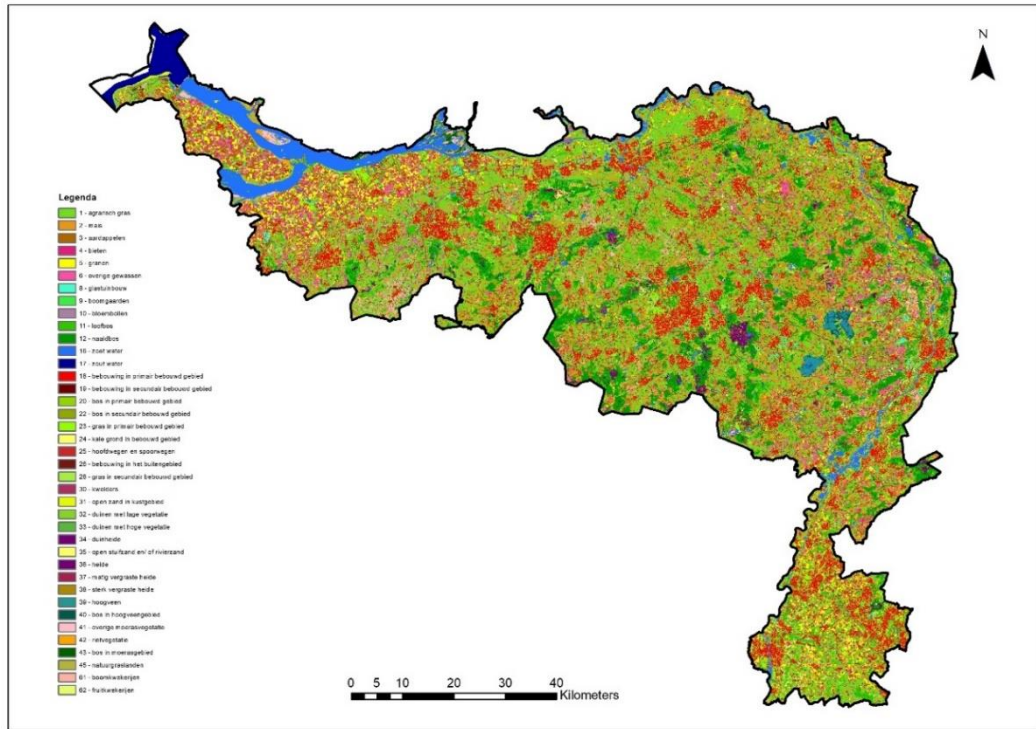
De kwel/infiltratiekaart is gebruikt om onderscheid te maken in infiltratiegebieden, intermediaire gebieden en kwelgebieden. De grens tussen intermediaire gebieden en infiltratiegebieden is gelegd op een gemiddelde infiltratieflux van 0,4 mm/dag.

In de infiltratiegebieden treedt jaarrond infiltratie op, is de grondwaterstroming grotendeels neerwaarts gericht en stroomt relatief weinig water lateraal af naar het oppervlaktewater. De eventuele sloten en greppels liggen in typische infiltratiegebieden een groot deel van het jaar droog. De intermediaire gebieden liggen geohydrologisch gezien tussen de kwelgebieden en de infiltratiegebieden in, met een gemiddelde infiltratieflux tussen de 0 en 0,4 mm/dag.

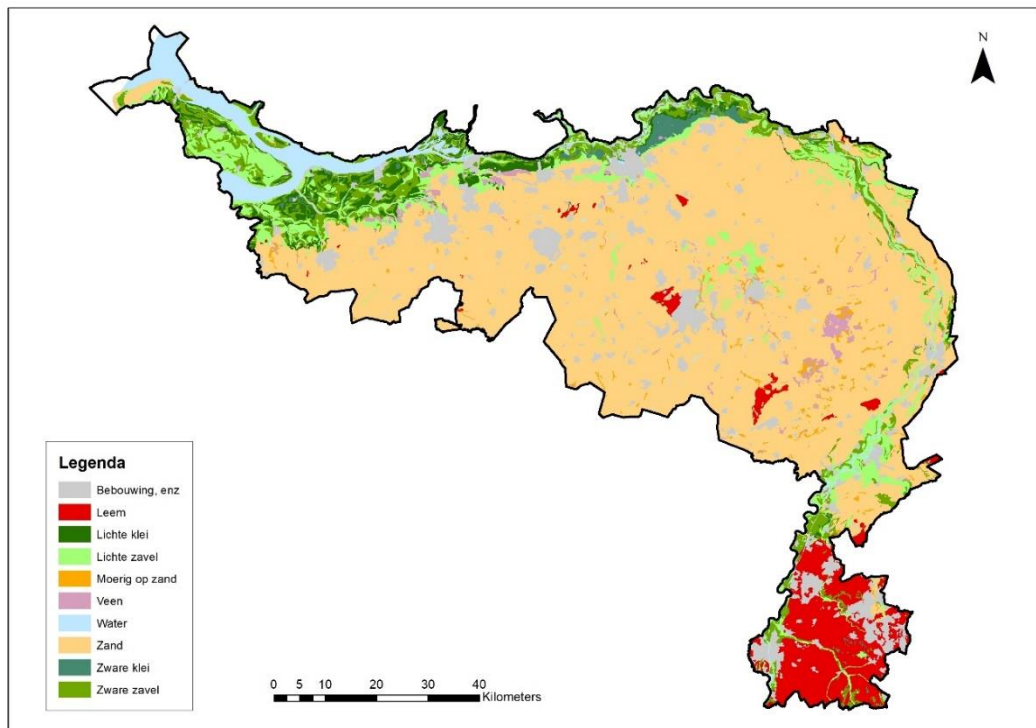
In de kwel/infiltratiekaart zijn de kwelgebieden duidelijk zichtbaar en volgen de beekdalen.

Tabel 4.1: Gebiedstypen van de gebiedstypenkaart

Nr	gebiedstype	gebiedstype uitgeschreven	oppervlakte (km <sup>2</sup> )
1	overig	overig (bebouwing, water)	1064.1
2	natuur	natuur	2157.0
3	agrarisch gras-zand-inf	agrarisch gras-zand-infiltratie	912.4
4	agrarisch gras-zand-int	agrarisch gras-zand-intermediair	152.7
5	akkerbouw-zand-inf	akkerbouw-zand-infiltratie	1251.1
6	akkerbouw-zand-int	akkerbouw-zand-intermediair	166.1
7	landbouw-klei-inf	landbouw-klei-infiltratie	423.7
8	landbouw-klei-int	landbouw-klei-intermediair	370.5
9	kwel-landbouw	kwel-landbouw	557.1
10	kwel-natuur	kwel-natuur	297.2



Figuur 4.3: Landgebruikskartaat LGN7<sup>2</sup>

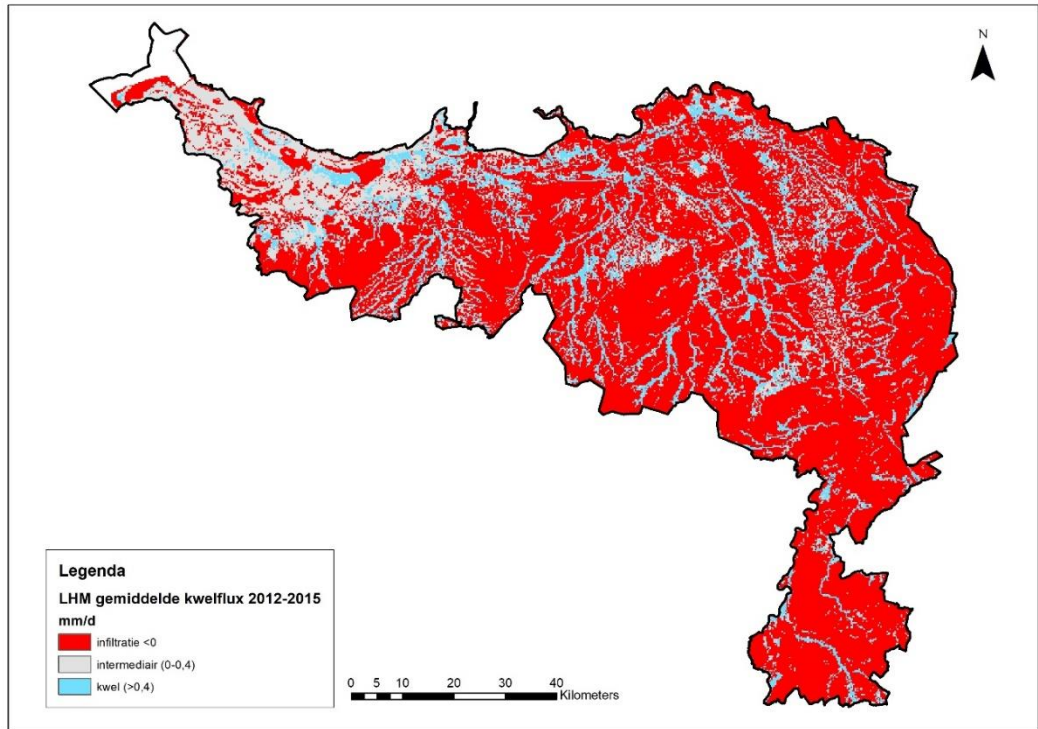


Figuur 4.4: Grondsoortenkaartaat 2006<sup>3</sup>

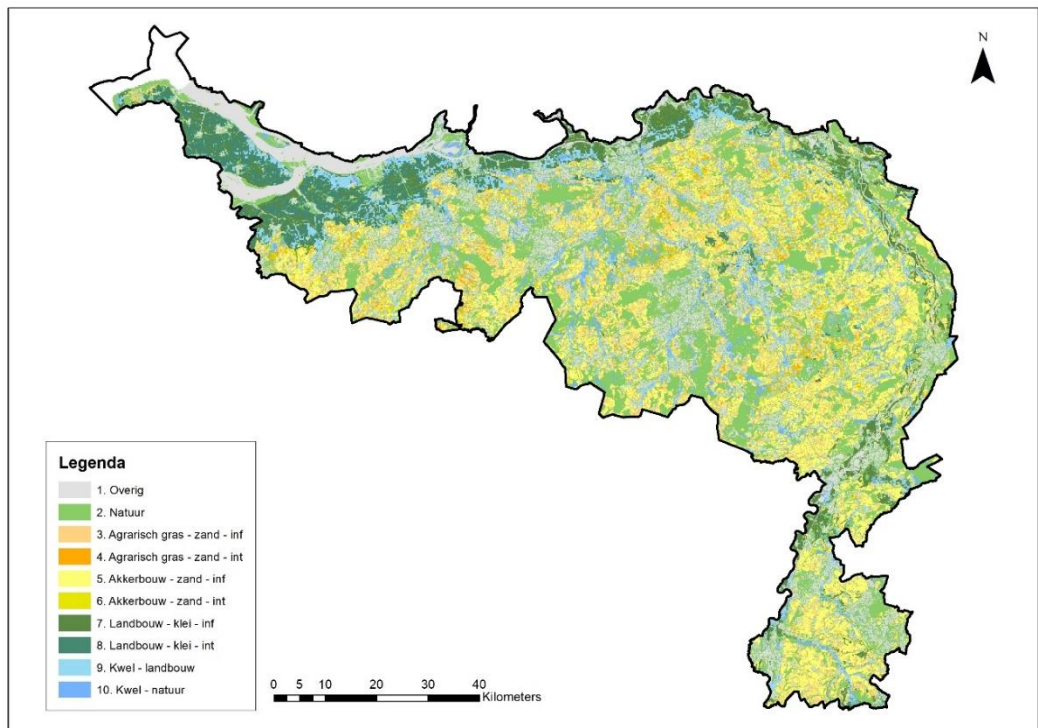
<sup>2</sup> <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Kaarten-en-GIS-bestanden/Landelijk-Grondgebruik-Nederland/Versies-bestanden/LGN7.htm>

<sup>3</sup> <https://www.wur.nl/nl/show/Grondsoortenkaartaat.htm>





Figuur 4.5: Indeling op basis van kwel/infiltratie fluxen uit het LHM voor 2012-2015.

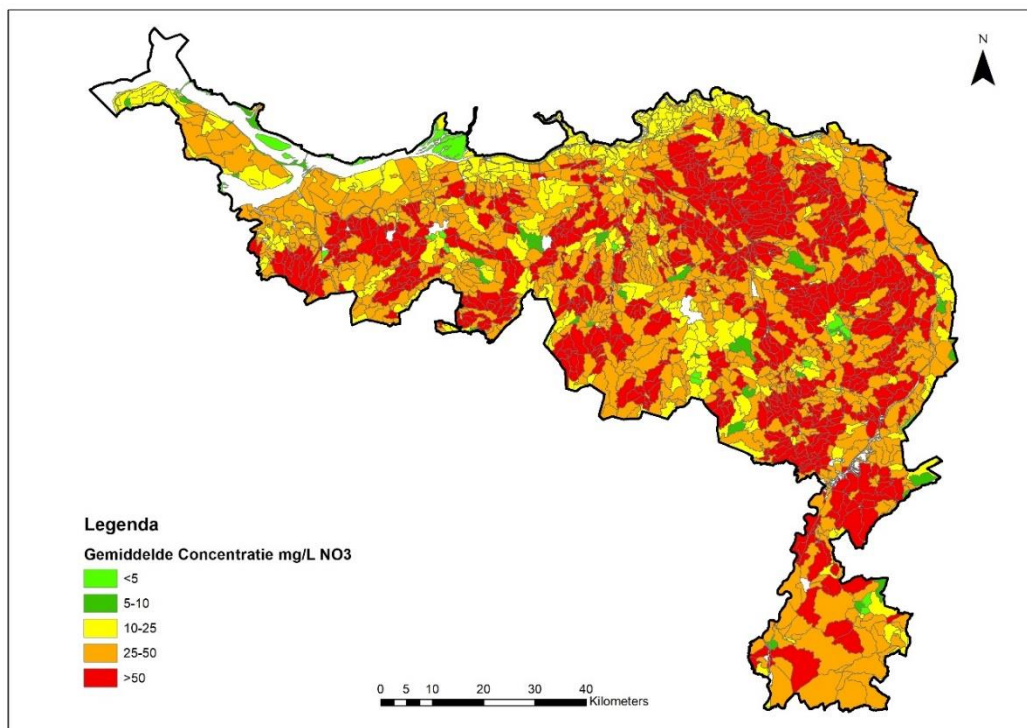


Figuur 4.6: Indeling in 10 homogene gebiedstypen voor de Maasregio.

## 4.4 Concentraties

### 4.4.1 Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater (LMM)

Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater (Figuur 4.7) zijn gebaseerd op meetgegevens van de kwaliteit van het bovenste grondwater op landbouwbedrijven uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) van het RIVM. Met het bovenste grondwater wordt de bovenste meter grondwater bedoeld, waarbij de diepte ten opzichte van het maaiveld afhangt van de grondwaterstand. Per LSW is de gemiddelde nitraatconcentratie van de Nitraatkaart 2012-2015 berekend. De nitraatkaart is een vlakdekkende interpolatie van de meetgegevens van het LMM, waarbij rekening is gehouden met bedrijfstypen, grondsoort en bodemsoort<sup>4</sup>. In ongeveer de helft van de Maas-regio komt de gemiddelde nitraatconcentratie per LSW uit boven de grondwaternorm van 50 mg/l.



Figuur 4.7: Gemiddelde concentraties nitraat (in mg/l NO<sub>3</sub>) in het bovenste grondwater per LSW in de Maasregio. Concentraties vanaf 10 mg/l zijn hoger dan de N-totaalnorm voor oppervlaktewater (2.3 of 2.4 mg/l NO<sub>3</sub>-N). Op basis van meetgegevens van LMM 2012-2015.

### 4.4.2 Nitraatconcentraties in ondiep en diep grondwater (LMG en PMG)

De meetlocaties van het LMG en PMG in de Maasregio zijn ingedeeld in gebiedstypen. Er is onderscheid gemaakt tussen ondiep grondwater (5-15 m-mv) en diep grondwater (15-30 m-mv).

Per gebiedstype zijn de gemiddelde nitraatconcentraties bepaald voor ondiep en diep grondwater. Hierbij zijn eerst gemiddelde waarden per meetlocatie over de periode 2012-2015 berekend, en vervolgens zijn de gemiddelde waarden per locatie gebruikt om gemiddelde concentratie per gebiedstype te berekenen.

Voor de grondwaterkwaliteitsdata zijn uitschieters bepaald en weggelaten uit de berekening. Indien meetwaarden groter zijn dan 1,5 keer de kwartielafstand (verschil tussen de 75 en 25-

<sup>4</sup> <https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-effecten-mestbeleid/resultaten/nitraatkaart-van-nederland>

percentiel, ofwel Q3 – Q1) boven de 75 percentiel (Q3), wordt het meetpunt beschouwd als een uitschieter. In formulevorm betekent dit dat voor elk gebiedstype een bovenste grens is bepaald middels:  $Q3+(1,5 \times (Q3-Q1))$ .

In Tabel 4.2 en Tabel 4.3 staat het aantal meetlocaties, de gemiddelde concentratie en de bovenste grens per gebiedstype. De gemiddelde nitraatconcentratie per LSW is vervolgens bepaald op basis van de oppervlakteverdeling van de verschillende gebiedstypen.

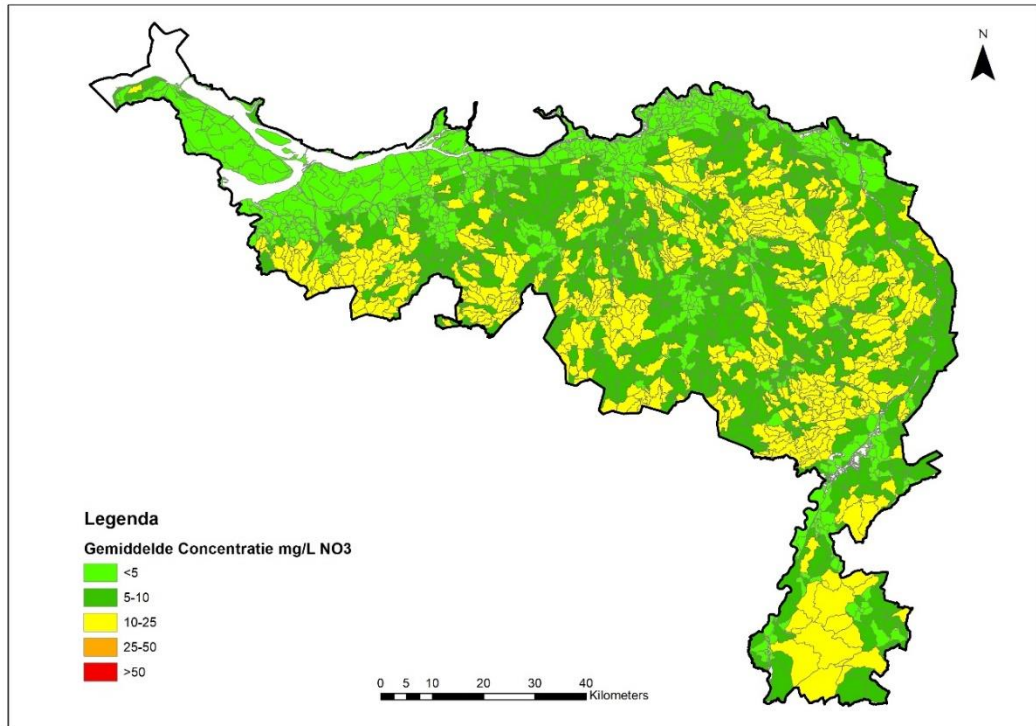
De gemiddelde nitraatconcentraties per LSW zijn in het ondiepe grondwater al veel lager dan in het bovenste grondwater. Dit heeft te maken met de afbraak van nitraat in de ondergrond en het grotere aandeel oud grondwater op deze diepte. De gemiddelde concentraties liggen overal onder de 50 mg/l. In de gele gebieden in Figuur 4.8 zijn de concentraties in het ondiepe grondwater nog wel hoger dan de norm voor N-totaal in het oppervlaktewater (omgerekend ca. 10 mg/l). In die gebieden zou onverdund ondiep grondwater derhalve op zichzelf al voor normoverschrijdingen in het oppervlaktewater kunnen leiden.

Tabel 4.2: Gemiddelde concentraties in het ondiepe grondwater (5-15 m–mv) per gebiedstype. Let op: door het lage aantal meetlocaties voor sommige gebiedstypen zijn de gemiddelde concentraties indicatief.

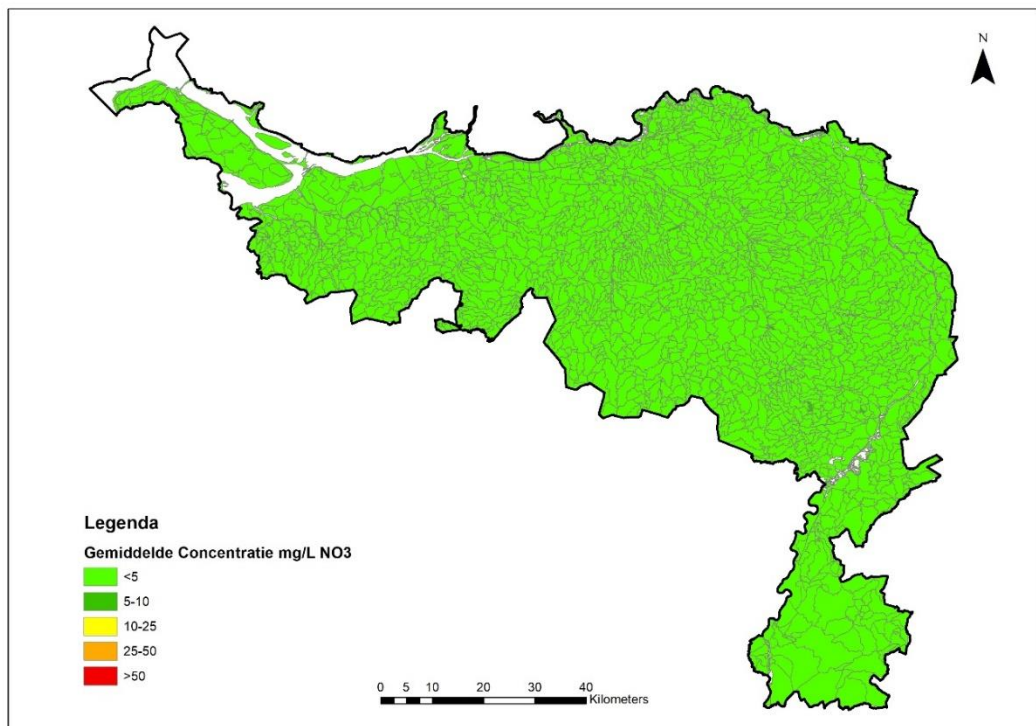
	gebiedstype	Aantal meetpunten /filters	Gemiddelde concentratie ondiep grondwater (mg NO <sub>3</sub> /L)	Bovenste grens voor uitschieters (mg NO <sub>3</sub> /L)
1	overig	11	1.43	13.6
2	natuur	53	5.77	37.7
3	agrarisch gras-zand-inf	23	19.0	100.8
4	agrarisch gras-zand-int	3	0.7	4.0
5	akkerbouw-zand-inf	27	18.7	70.9
6	akkerbouw-zand-int	2	10.5	61.7
7	landbouw-klei-inf	4	0.16	0.7
8	landbouw-klei-int	6	0.26	0.5
9	kwel-landbouw	8	0.19	10.9
10	kwel-natuur	6	0.20	0.6

Tabel 4.3: Gemiddelde concentraties in het ondiepe grondwater (15-30 m–mv) per gebiedstype. Let op: door het lage aantal meetlocaties voor sommige gebiedstypen zijn de gemiddelde concentraties indicatief.

	gebiedstype	Aantal meetpunten /filters	Gemiddelde concentratie diep grondwater (mg NO <sub>3</sub> /L)	Bovenste grens voor uitschieters (mg NO <sub>3</sub> /L)
1	overig	11	0.33	13.6
2	natuur	51	1.53	37.7
3	agrarisch gras-zand-inf	24	7.64	100.8
4	agrarisch gras-zand-int	2	0.31	4.0
5	akkerbouw-zand-inf	29	2.09	70.9
6	akkerbouw-zand-int	1	0.09	61.7
7	landbouw-klei-inf	4	0.24	0.7
8	landbouw-klei-int	5	0.25	0.5
9	kwel-landbouw	7	0.20	10.9
10	kwel-natuur	4	0.18	0.6



*Figuur 4.8: Gemiddelde concentraties nitraat (in mg/l NO<sub>3</sub>) in ondiep grondwater (5-15 m-mv) per LSW in de Maasregio. Concentraties vanaf 10 mg/l zijn hoger dan de N-totaalnorm voor oppervlaktewater (2.3 of 2.4 mg/l NO<sub>3</sub>-N). Op basis van meetgegevens van LMG en PMG 2012-2015.*



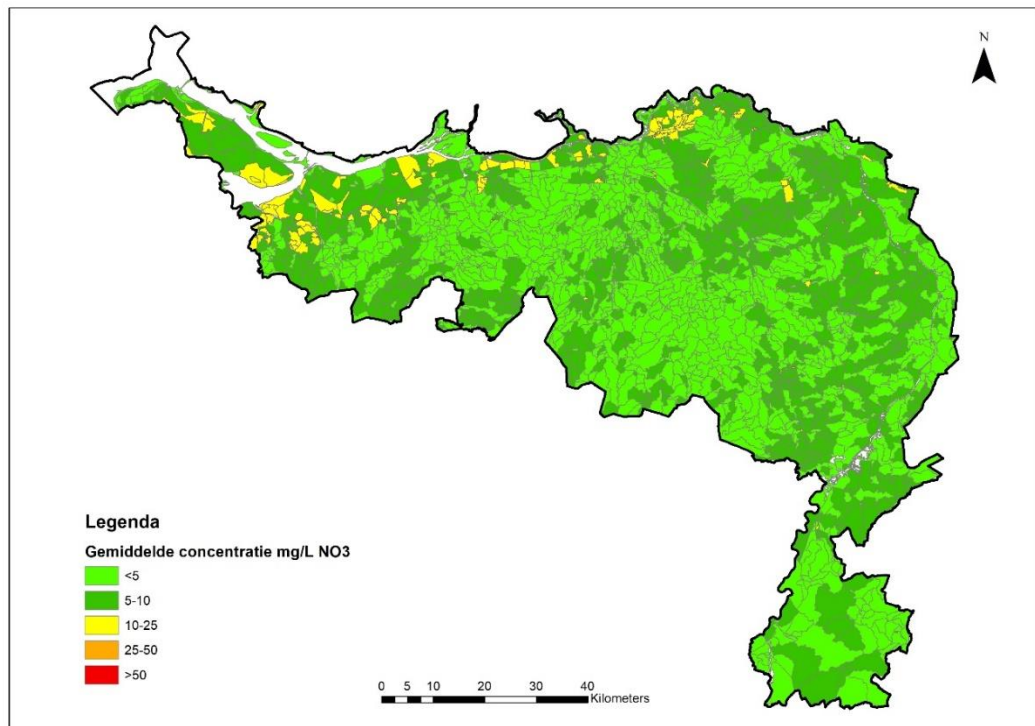
*Figuur 4.9: Gemiddelde concentraties nitraat (in mg/l NO<sub>3</sub>) in diep grondwater (15-30 m-mv) per LSW in de Maasregio. Concentraties vanaf 10 mg/l zijn hoger dan de N-totaalnorm voor oppervlaktewater (2.3 of 2.4 mg/l NO<sub>3</sub>-N). Op basis van meetgegevens van LMG en PMG 2012-2015.*

#### 4.4.3 Nitraatconcentraties oppervlakkige afvoer

Er zijn nauwelijks meetgegevens van nitraatconcentraties in oppervlakkige afvoer beschikbaar. Voor deze studie maken we gebruik van de resultaten van een eenmalige bemonstering van oppervlakkige afvoer op 20 locaties in het stroomgebied van de Hupselse beek in de Achterhoek (Rozemeijer et al., 2008b). Naar verwachting geeft deze bemonstering een beter beeld dan de metingen op één perceel binnen DOVE zand (Plette et al., 2004). Op basis van de metingen bij de Hupselse beek is voor de concentraties voor oppervlakkige afvoer onderscheid gemaakt tussen akkerbouw, veehouderij en natuur/overig. In Tabel 4.4 staan de bijbehorende concentraties. Per LSW zijn de percentages per landsgebruikstype bepaald en is de gemiddelde concentratie bepaald. In Figuur 4.10 is te zien dat vooral in de gebieden met veel akkerbouw de gemiddelde concentraties per LSW kunnen uitkomen boven de norm voor N-totaal in het oppervlaktewater (omgerekend ca. 10 mg/l). In die gebieden zou het nitraat in oppervlakkige afvoer onverdund voor normoverschrijdingen in het oppervlaktewater kunnen leiden (nog afgezien van de fractie ammonium en N-organisch die in oppervlakkige afvoer aanzienlijk kan zijn).

Tabel 4.4

Landgebruikstype	Concentratie mg/l NO <sub>3</sub>
Akkerbouw	11,6
Veehouderij	3
Natuur/overig	0



Figuur 4.10: Gemiddelde concentraties nitraat voor oppervlakkige afvoer per LSW bepaald aan de hand van de gebiedstypenkaart in de Maasregio. Concentraties vanaf 10 mg/l zijn hoger dan de N-totaalnorm voor oppervlaktewater (2.3 of 2.4 mg/l NO<sub>3</sub>-N).

## 4.5 Fluxen

De fluxen via verschillende routes zijn per Local Surface Water (LSW) onttrokken aan het Landelijk Hydrologisch Model (LHM, versie 3.5.1). Daarmee is onderscheid mogelijk in de volgende componenten:

- Snelle afvoer via oppervlakkige afvoer (Modflow Drn olf en sof)
- Snelle afvoer via de onverzadigde zone (Metaswap runoff)
- Snelle afvoer via maaiveldgreppels (Modflow Drn mvg)
- Afvoer via buisdrainage (Modflow Drn)
- Grondwaterafvoer naar primaire watergangen (Modflow Riv1)
- Grondwaterafvoer naar secundaire watergangen (Modflow Riv2)
- Grondwaterafvoer naar tertiaire watergangen (Modflow Riv3)

Er is gebruik gemaakt van de gemiddelde flux van het grondwater naar het oppervlaktewater in de periode 2012-2015 per LSW.

Met de meetgegevens zijn per LSW concentraties bepaald voor het bovenste grondwater, ondiep grondwater (5-15 m-mv) en diep grondwater (>15m-mv). Om de concentratie in het oppervlaktewater te voorspellen op basis van de concentraties in het bovenste, ondiepe en diepe grondwater zijn de fluxen vanuit deze diepteniveaus nodig. Hiertoe zijn de verschillende LHM-fluxcomponenten (zie Bijlage B) verdeeld naar de bijbehorende diepteniveaus volgens Tabel 4.5. Tabel 4.5: Verdeling van LHM-componenten naar routes.. Voor deze verkenning is deze vertaling van LHM fluxen naar diepteniveaus bepaald op basis van 'expert judgement'.

Tabel 4.5: Verdeling van LHM-componenten naar routes.

LHM-componenten	Routes
Snelle afvoer via oppervlakkige afvoer (Modflow Drn olf en sof)	Oppervlakkig
Snelle afvoer via de onverzadigde zone (Metaswap runoff)	50% oppervlakkig, 50% bovenste grondwater
Snelle afvoer via maaiveldgreppels (Modflow Drn mvg)	50% oppervlakkig, 50% bovenste grondwater
Afvoer via buisdrainage (Modflow Drn)	Bovenste grondwater
Grondwaterafvoer naar tertiaire watergangen	Bovenste grondwater
Grondwaterafvoer naar secundaire watergangen	50% ondiep, 50% bovenste grondwater
Grondwaterafvoer naar primaire watergangen	50% ondiep, 50% diep grondwater

## 4.6 Varianten

De varianten die zijn doorgerekend komen overeen met de varianten in hoofdstuk 3. Daarnaast is ook de huidige situatie met de STROMON-benadering berekend. Deze referentie wijkt dus af van het referentie-scenario voor de LKM berekeningen waarbij naar het zichtjaar 2027 wordt gekeken. Voor de eerste drie varianten (variant 0, 25 en 50) worden de concentraties van het bovenste grondwater boven de norm (respectievelijk 0, 25, en 50 mg/l NO<sub>3</sub>) afgekappt. Daarnaast wordt de nitraatconcentratie in oppervlakkige afvoer met dezelfde ratio verminderd. Bij *variant 0* betekent dit dat de nitraatconcentraties in zowel het bovenste grondwater als in oppervlakkige afvoer op 0 gezet zijn en alle nitraat in het oppervlaktewater uit het ondiepe en diepe grondwater komt. In de *Variant Opvulling* wordt de concentratie in het bovenste grondwater voor alle LSW's op 50 mg/l gezet. De oppervlakkige afvoer wordt met dezelfde ratio veranderd met een maximum van 50 mg/l.

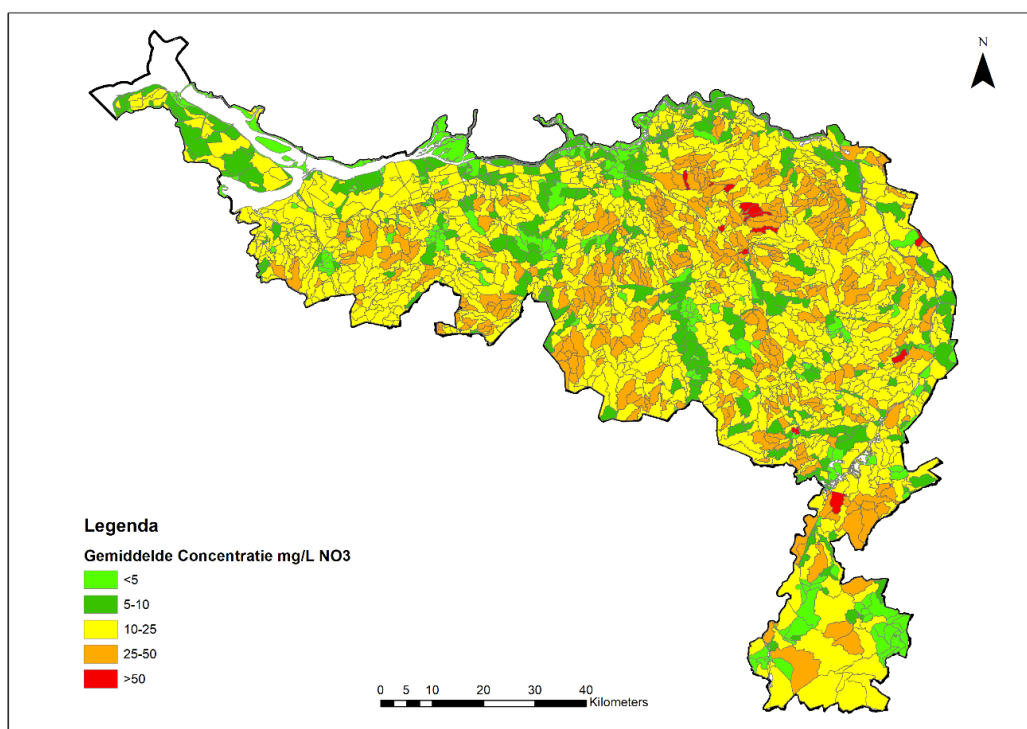
## 4.7 Resultaten STROMON

De berekende concentraties voor de huidige situatie laten zien dat het grondwater in zo'n 90% van het Maasstroomgebied voor nitraatconcentraties in het oppervlaktewater zorgt die boven de N-totaal norm in het oppervlaktewater liggen (omgerekend ca 10 mg/l). Dit geldt voor alle gebieden die niet groen zijn in Figuur 4.11. Door de verdunning met de bijdragen van oppervlakkige afvoer, ondiep en diep grondwater zijn de berekende concentraties wel lager dan in het bovenste grondwater zelf.

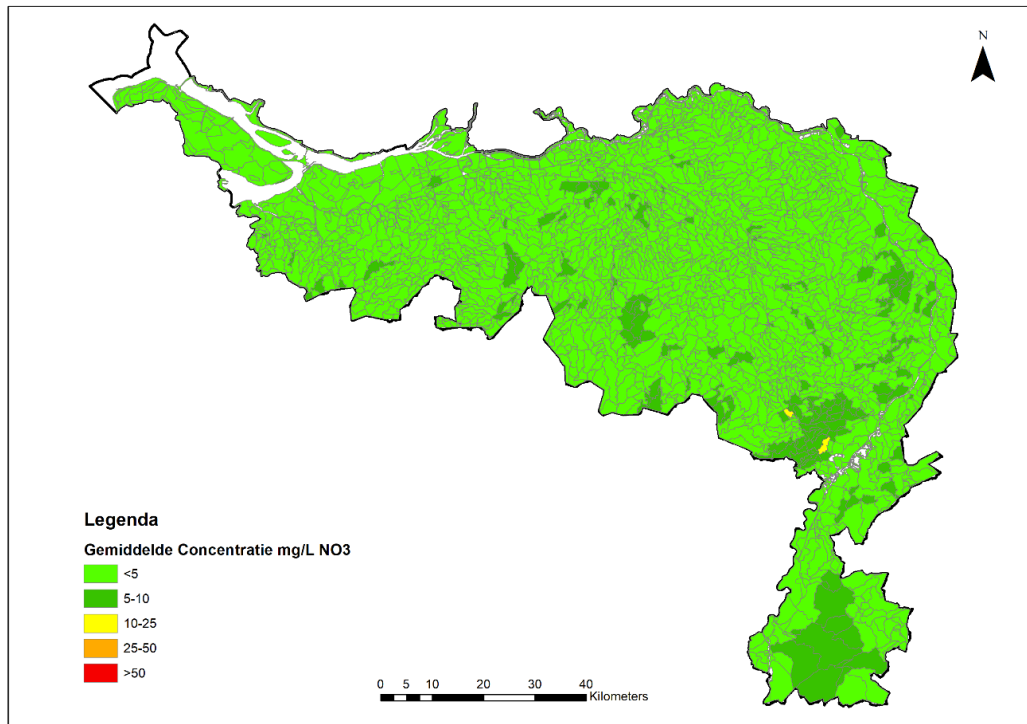
Het resultaat van *Variant 0* (Figuur 4.12) laat zien dat de berekende concentraties in het oppervlaktewater vrijwel overal ruim onder de norm voor N-totaal blijven (omgerekend 10 mg/l, alle groene gebieden). Slechts in een enkel gebied kan het ondiepe grondwater ook inclusief verdunning met de andere fluxen voor te hoge concentraties in het oppervlaktewater zorgen. Dit resultaat bevestigt dat het bovenste grondwater de belangrijkste bedreiging vormt voor de stikstofconcentraties in het oppervlaktewater. Het ondiepe grondwater draagt in veel gebieden relevante hoeveelheden nitraat bij, maar zorgt op zichzelf bijna nergens voor normoverschrijdingen in het oppervlaktewater.

Zowel *Variant 25* als *Variant 50* laten zien dat verhoogde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater ook al snel tot te hoge concentraties in het oppervlaktewater zorgen (Figuur 4.13 en Figuur 4.14). Bij *Variant 25* is de aanvoer van nitraat vanuit het grondwater in zo'n driekwart van de LSW's te hoog (gele gebieden) en bij *Variant 50* is dat nog wat meer en zijn de concentraties wat hoger.

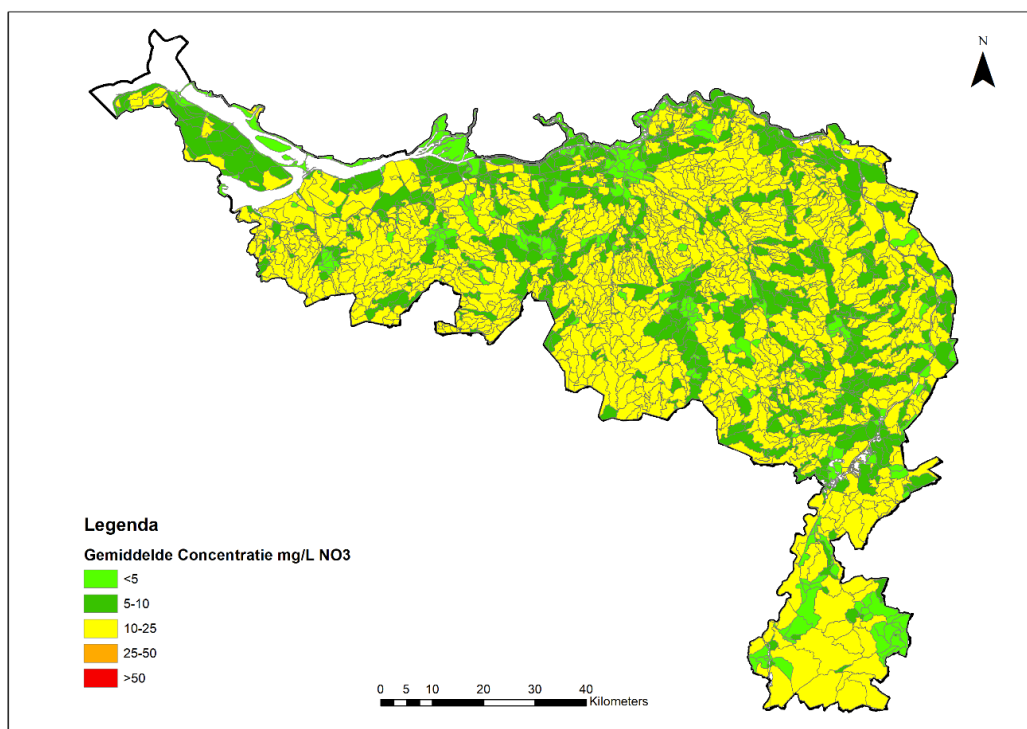
Het resultaat van *Variant Opvulling* (Figuur 4.15) laat zien dat de aanvoer van nitraat vanuit het grondwater in dat geval toeneemt en voor hogere concentraties in het oppervlaktewater zorgt vergeleken met de huidige situatie.



*Figuur 4.11: Met de STROMON-benadering berekende nitraatconcentraties in het oppervlaktewater per LSW: huidige situatie. Ter referentie: concentraties vanaf 10 mg/l zijn hoger dan de N-totaalnorm voor oppervlaktewater (2.3 of 2.4 mg/l NO<sub>3</sub>-N, zomergemiddelde). Let op: dit is een jaargemiddelde NO<sub>3</sub> concentratie alleen op basis van diffuse belasting (geen puntbronnen) en zonder invloed van retentie in het oppervlaktewater. Directe vergelijking met KRW normen is niet zinvol.*

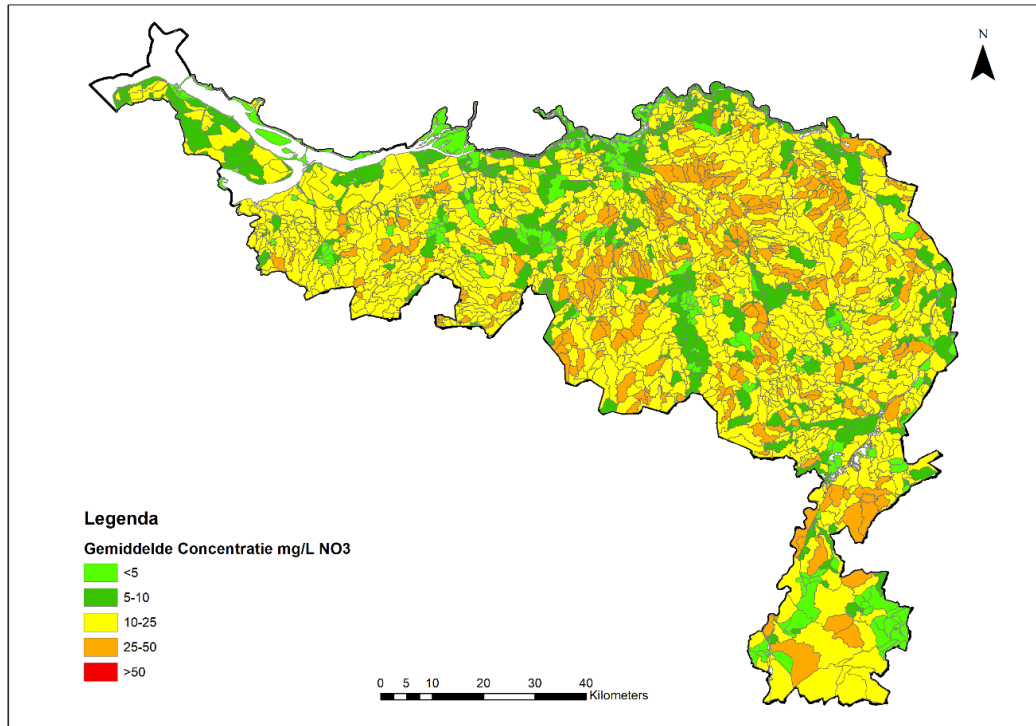


Figuur 4.12: Met de STROMON-benadering berekende nitraatconcentraties in het oppervlaktewater per LSW voor Variant 0. Ter referentie: concentraties vanaf 10 mg/l zijn hoger dan de N-totaalnorm voor oppervlaktewater (2.3 of 2.4 mg/l  $\text{NO}_3\text{-N}$ ).

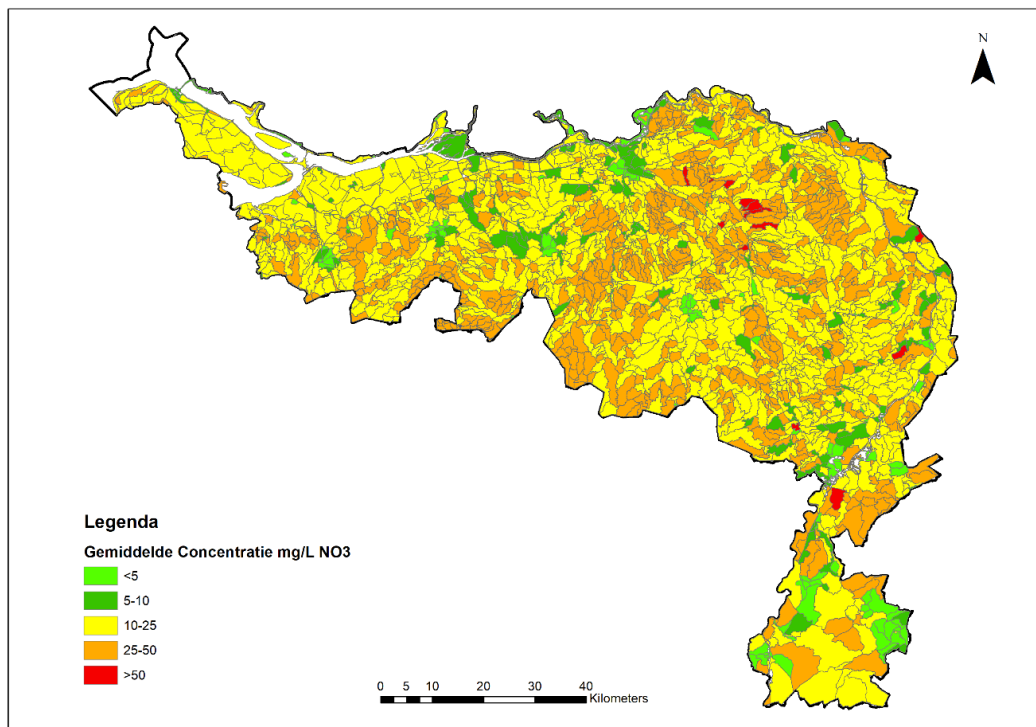


Figuur 4.13: Met de STROMON-benadering berekende nitraatconcentraties in het oppervlaktewater per LSW voor Variant 25. Ter referentie: concentraties vanaf 10 mg/l zijn hoger dan de N-totaalnorm voor oppervlaktewater (2.3 of 2.4 mg/l  $\text{NO}_3\text{-N}$ ).





*Figuur 4.14: Met de STROMON-benadering berekende nitraatconcentraties in het oppervlaktewater per LSW voor Variant 50. Ter referentie: concentraties vanaf 10 mg/l zijn hoger dan de N-totaalnorm voor oppervlaktewater 2.3 of 2.4 mg/l NO<sub>3</sub>-N).*



*Figuur 4.15: Met de STROMON-benadering berekende nitraatconcentraties in het oppervlaktewater per LSW voor Variant Opvulling. Ter referentie: concentraties vanaf 10 mg/l zijn hoger dan de N-totaalnorm voor oppervlaktewater 2.3 of 2.4 mg/l NO<sub>3</sub>-N).*

## 4.8 Discussie en aandachtspunten STROMON

In deze analyse volgens de STROMON-benadering zijn een aantal aannamen gedaan die voor onzekerheid zorgen in de absolute getallen en er zijn aanbevelingen voor verbetering. Deze aannamen zorgen voor onzekerheden, vooral als ingezoomd wordt op kleine deelgebieden.

### **Opschaling grondwaterkwaliteitsgegevens**

Voor het bovenste grondwater is gebruik gemaakt van de nitraatkaart 2012-2015. Deze interpolatie van LMM gegevens geeft gemiddelde nitraatconcentraties met een flinke onzekerheid op lokaal niveau. Die onzekerheid werkt door in de door ons vastgestelde gemiddelde concentratie per LSW. Er zijn geen meetgegevens voor de kwaliteit van het bovenste grondwater in natuurgebieden. Voor het ondiep en het diepe grondwater zijn de puntmetingen opgeschaald via homogene gebiedstypen. De gemiddelde concentraties per gebiedstype zijn onzeker, afhankelijk van het aantal meetlocaties per gebiedstype en de spreiding in de gemeten concentraties. In een aantal gebiedstypen is het aantal meetlocaties laag (bijvoorbeeld 'agrarisch gras-zand-int' en 'akkerbouw-zand-int'). Deze onzekerheden zijn mogelijk te reduceren met een betere verdeling van de gebiedstypen, bijvoorbeeld door de grens tussen infiltratie en intermediair wat te verschuiven. De onzekerheid is op termijn ook te verminderen met een grotere dichtheid van meetlocaties voor grondwaterkwaliteit.

### **Concentraties oppervlakkige afvoer**

Er zijn nauwelijks meetgegevens beschikbaar van concentraties in oppervlakkige afvoer. De voor deze studie gebruikte concentraties zijn ontleend aan een eenmalige set metingen in een andere zandregio en zijn derhalve erg onzeker.

### **Benadering voor de fluxen en routes**

De verschillende fluxen waartussen onderscheid gemaakt wordt in het LHM sluiten niet direct aan bij de informatie over de waterkwaliteit op verschillende dieptes in het grondwater. Het LHM onderscheid de fluxen naar kleinere (Riv3) en grotere (Riv1) sloten en beken. Deze beken ontvangen een mix van diep en minder diep grondwater, waarbij onder nattere omstandigheden de ondiepe routes meer gaan bijdragen. De gemiddelde bijdragen van grondwater van verschillende diepteniveaus zijn nu ingeschat op basis van expert judgement. In het ideale geval hebben we voor alle oppervlaktewateren een dynamische reistijdverdeling van het afgevoerde grondwater. Op basis van de relatie tussen de reistijd en de nitraatconcentraties zijn de (variaties in de) nitraatconcentraties in het oppervlaktewater te voorspellen. Deze aanpak is op stroomgebiedsniveau al uitgewerkt door Van der Velde (2010) en Kaandorp (2018).

### **Vergelijking met nitraatconcentraties op MNLSO locaties**

Voor het verifiëren en het eventuele verbeteren van de inschattingen van de STROMON-benadering zou het goed zijn om de berekende concentraties te vergelijken met metingen van nitraatconcentraties op meetlocaties die niet onder invloed staan van puntbronnen en belasting van uit het buitenland. Voor zo'n toets zouden de meetlocaties uit het Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater (MNLSO) een goede basis vormen. Mogelijk zijn daarnaast de slotwatermetingen uit het LMM te gebruiken. Het zou voor de vergelijking met metingen goed zijn om de seizoensvariatie in de bijdrage van verschillende fluxen mee te nemen.

## 4.9 Conclusies vanuit STROMON-benadering

Uit de analyse volgens de STROMON-benadering kunnen we concluderen dat vooral het bovenste grondwater een bedreiging vormt voor de doelen voor N-totaal in het oppervlaktewater. Het ondiepe grondwater draagt ook een relevante hoeveelheid nitraat bij, maar zorgt op zichzelf bijna nergens voor normoverschrijdingen. De varianten laten zien dat veranderingen in de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater ook direct doorwerken naar het oppervlaktewater. Daarnaast laten de varianten zien dat ook bij maximale nitraatconcentraties van 25 en 50 mg/l in

het bovenste grondwater er veel gebieden zijn (zo'n driekwart van het Maasgebied) waar de afvoer van grondwater al voor normoverschrijdingen voor N-totaal in het oppervlaktewater kan zorgen. *Variant Opvulling* laat zien dat normopvulling tot 50 mg/l lokaal tot hogere nitraatconcentraties in het oppervlaktewater kan leiden ten opzichte van de huidige situatie.

## 5 Conclusies vanuit de LKM berekeningen en STROMON-benadering

De beelden vanuit de LKM berekeningen en de STROMON-benadering zijn consistent.

Als het bovenste grondwater zou voldoen aan een norm van 25 of 50 mg/l, worden er in beide benaderingen nog steeds overschrijdingen van de norm in het oppervlaktewater berekend voor veel gebieden.

Bij de STROMON-benadering zijn alleen de bijdragen uit het grondwater te zien. Dit betekent dat de uitspoeling van stikstof alleen al voor normoverschrijdingen zorgt, zonder dat andere bronnen van stikstof meegerekend worden.

In LKM zijn bij *Variant 0* ook andere bronnen en stikstoffracties te zien dan grondwater, zoals RWZI effluent en bijdragen uit het buitenland. Daarom zien we in *Variant 0* vanuit LKM nog steeds normoverschrijdingen in het oppervlaktewater.

Vanuit *Variant 0* in de STROMON-berekeningen, waar de bijdrage uit het bovenste grondwater is uitgeschakeld, kan worden afgeleid dat de bijdrage van nitraat uit de diepere delen van het grondwater (ondiep en diep) vrijwel geen normoverschrijdingen in het oppervlaktewater veroorzaken.

### **Normopvulling**

Opvulling van de norm in het bovenste grondwater zorgt waarschijnlijk voor nog meer overschrijdingen van de normen in het oppervlaktewater dan in de huidige variant.

### **STROMON-benadering als aanvulling op de LKM berekeningen**

Binnen het LKM wordt de bijdrage van het ondiepe en diepe grondwater niet goed meegenomen. Ook al is het bovenste grondwater de belangrijkste bron, het ondiepe grondwater zorgt in het zandgebied nog wel voor een relevante extra nitraattoevoer naar het oppervlaktewatersysteem. Het gaat dan om nitraat dat op perceelsniveau infiltreert naar het grondwater (en niet tot afvoer komt naar het lokale oppervlaktewater), maar dat via diepere stroombanen elders in het stroomgebied alsnog het oppervlaktewater bereikt. Om dit goed mee te nemen is een 3D grondwaterkwaliteitsmodel nodig, zoals de MT3DMS component in het LWKM. Binnen het LKM zou de bijdrage vanuit het ondiepe en diepe grondwater ook middels een extra input kunnen worden verdisconteerd. Andersom kunnen de consequenties van de via de STROMON-benadering berekende nitraatconcentraties in het oppervlaktewater beter ingeschat worden als ook de andere bronnen, de andere stikstoffracties en de retentieprocessen in het oppervlaktewatersysteem worden meegenomen.

Op deze manier kunnen de STROMON-benadering en het LKM elkaar aanvullen en versterken, zoals in deze studie is gebeurd.

## 6 Referenties

Broers, H.P., 2002. Strategies for regional groundwater quality monitoring. Proefschrift Universiteit Utrecht, Utrecht.

Kaandorp, 2018. Groundwater in Streams. Understanding the dynamics of travel times, nutrients and temperature. Proefschrift Universiteit Utrecht.

Klein J., B. van der Grift en H. Broers, 2008. Waterkwaliteit op basis van Afkomst en HYDrologische systeemanalyse. De grondwaterbijdrage aan de oppervlaktewaterkwaliteit in de provincie Limburg. TNO-rapport 2008-U-R81110/A.

Plette, S., C. van Beek, C. van der Salm & R. Hendriks, 2004. Mest en oppervlaktewater. Een synthese van de 3 DOVE projecten ten behoeve van de evaluatie meststoffenwet 2004. RIZA werkrapport 2004.092x, RIZA, Lelystad.

Loos, S., L. Renaud, P. Groenendijk, P. Cleij, A. van der Linden, F. van der Bolt, J. van den Roovaart, T. Kroon, in prep., 2020. Rapportage Basisprognoses Waterkwaliteit 2019, Toepassing van het Landelijk WaterKwaliteitsModel. Deltares/WEnR rapport.

Rozemeijer, J.C. & H.P. Broers, 2007. The groundwater contribution to surface water contamination in a region with intensive agricultural land use (Noord-Brabant, The Netherlands). Environmental Pollution 147, 695-706.

Rozemeijer, J., H.P. Broers, H. Passier & B. van der Grift, 2008. Een quickscan inventarisatie van de bijdrage van het grondwater aan de oppervlaktewaterkwaliteit in Noord-Brabant. Deelrapport I van het Aquaterra/STROMON project. TNO-rapport 2008-U-R0406/A.

Rozemeijer, J.C., G. van den Eertwegh, F. Roelofsen, L. van der Toorn, J. van der Scheer, J. Klein, A. Hooijboer, P. de Louw, B. van der Grift, B. Worm, 2018. Lumbricus stofstromenanalyse; routes van nutriënten uit metingen. Deltares rapport 1220765-002-BGS-0004.

Soetens, A. en G. Zwart, 2017. Stofstromen in de Groote Molenbeek. Onderzoek naar de herkomst van stikstof en fosfaat in de Groote Molenbeek. Waterschap Limburg i.s.m. KnowH2O en Witteveen+Bos.

Van Gaalen, F., Osté, L., van Boekel, E., 2019. Nationale Analyse Waterkwaliteit; tussentijdse resultaten en conclusies. PBL-publicatienummer: 3664.

Van der Bolt, F. Janssen, G., P. Groenendijk, L. Renaud, J. van den Roovaart, S. Loos, P. Cleij, A. van der Linden, T. Kroon, A. Marsman, in prep., 2020. Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel. WEnR/Deltares rapport.

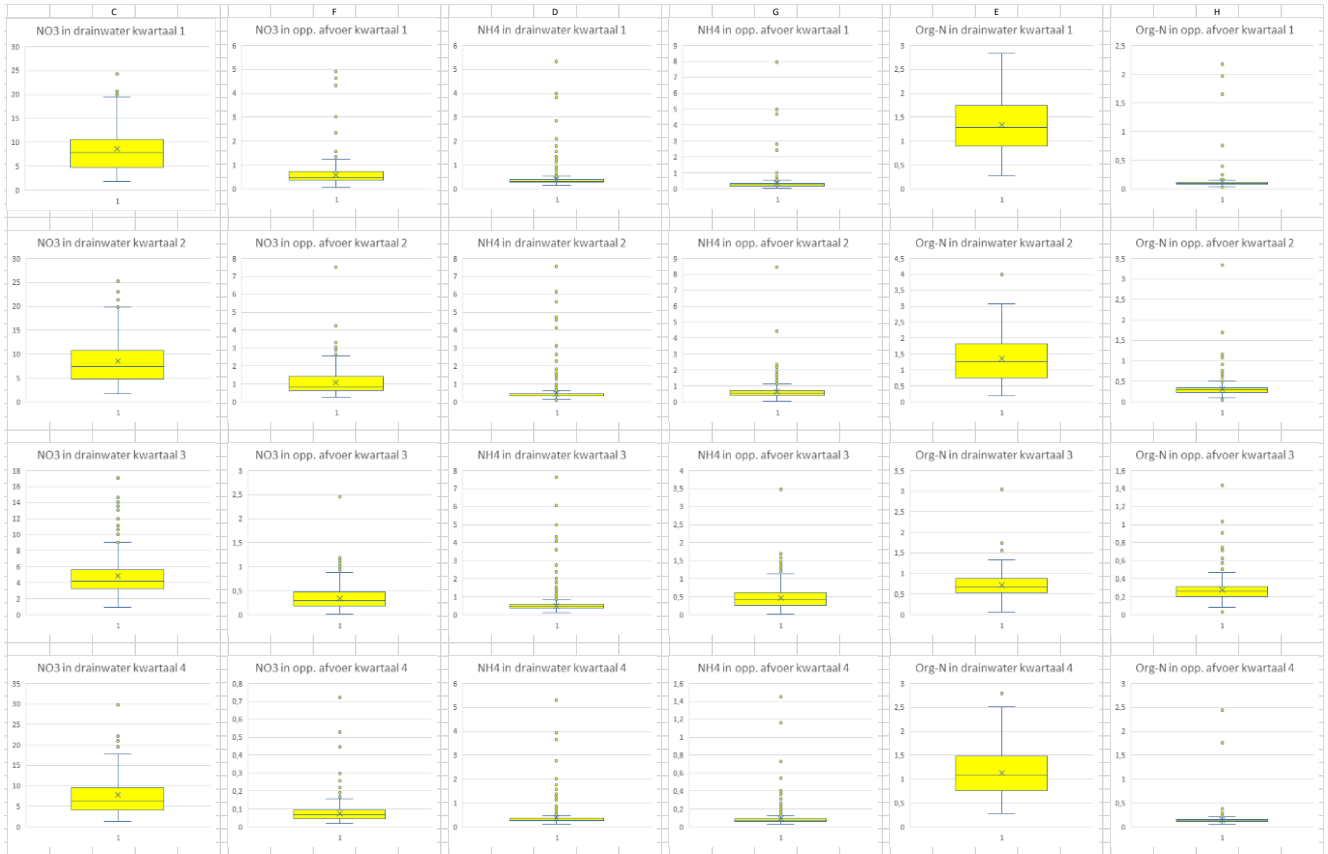
Van den Eertwegh, Krikken, Verhagen, Menning & Van der Hulst, 2015. Herkomst van meststoffen in open water Aa en Maas. H2O-Online, 15 januari 2015.

Van der Grift, Klein, De Boorder, Rozemeijer, 2011. Grondwater bijdrage aan oppervlaktewaterkwaliteit in de Drentse Aa en Schuitenbeek. Deltares rapportnummer 1202790-000-BGS-0009, Reeks Monitoring Stroomgebieden 24.

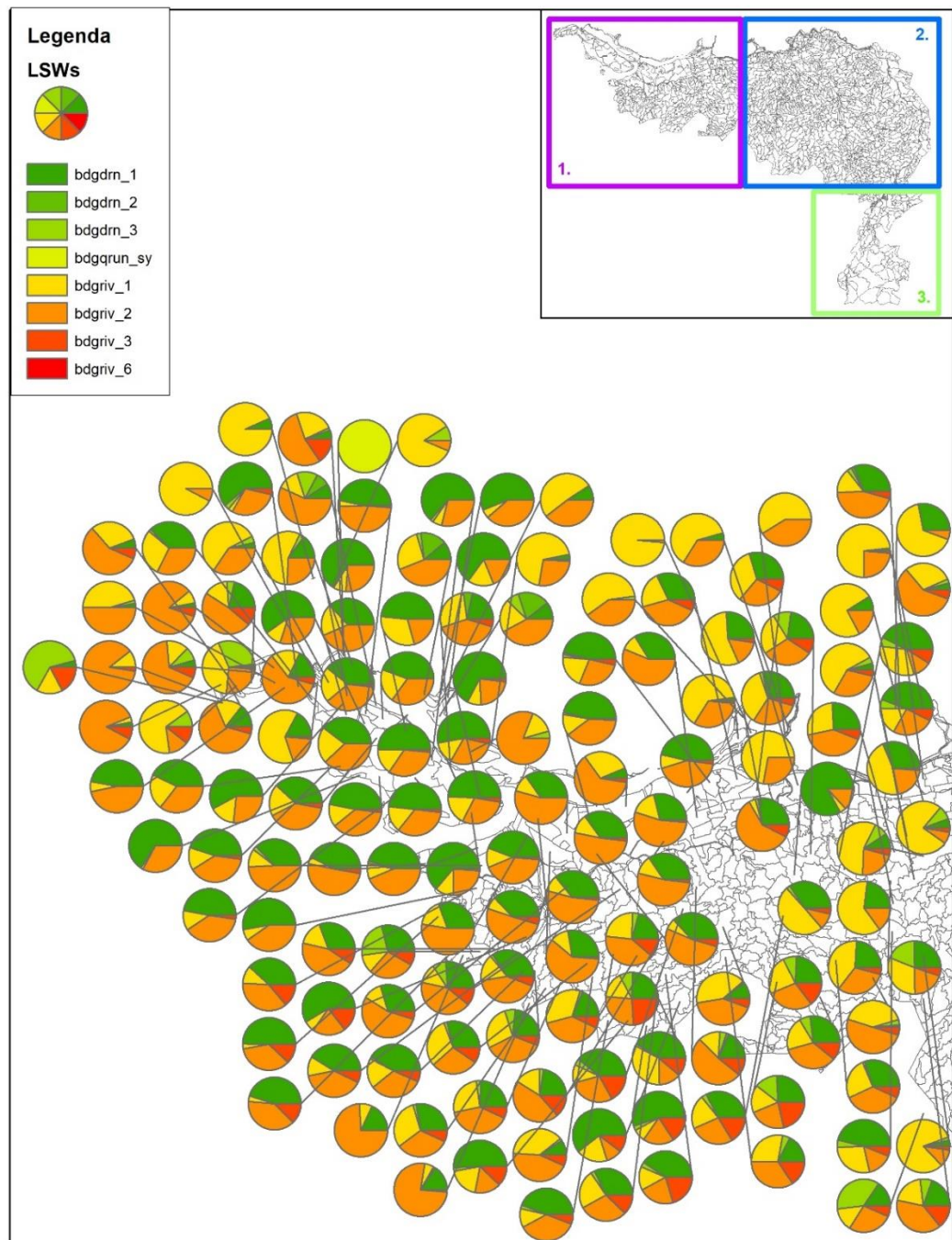
Van der Velde, 2011. Dynamics in groundwater and surface water quality: from field-scale processes to catchment-scale models. Proefschrift Wageningen Universiteit.

# A Boxplots van ANIMO-concentraties

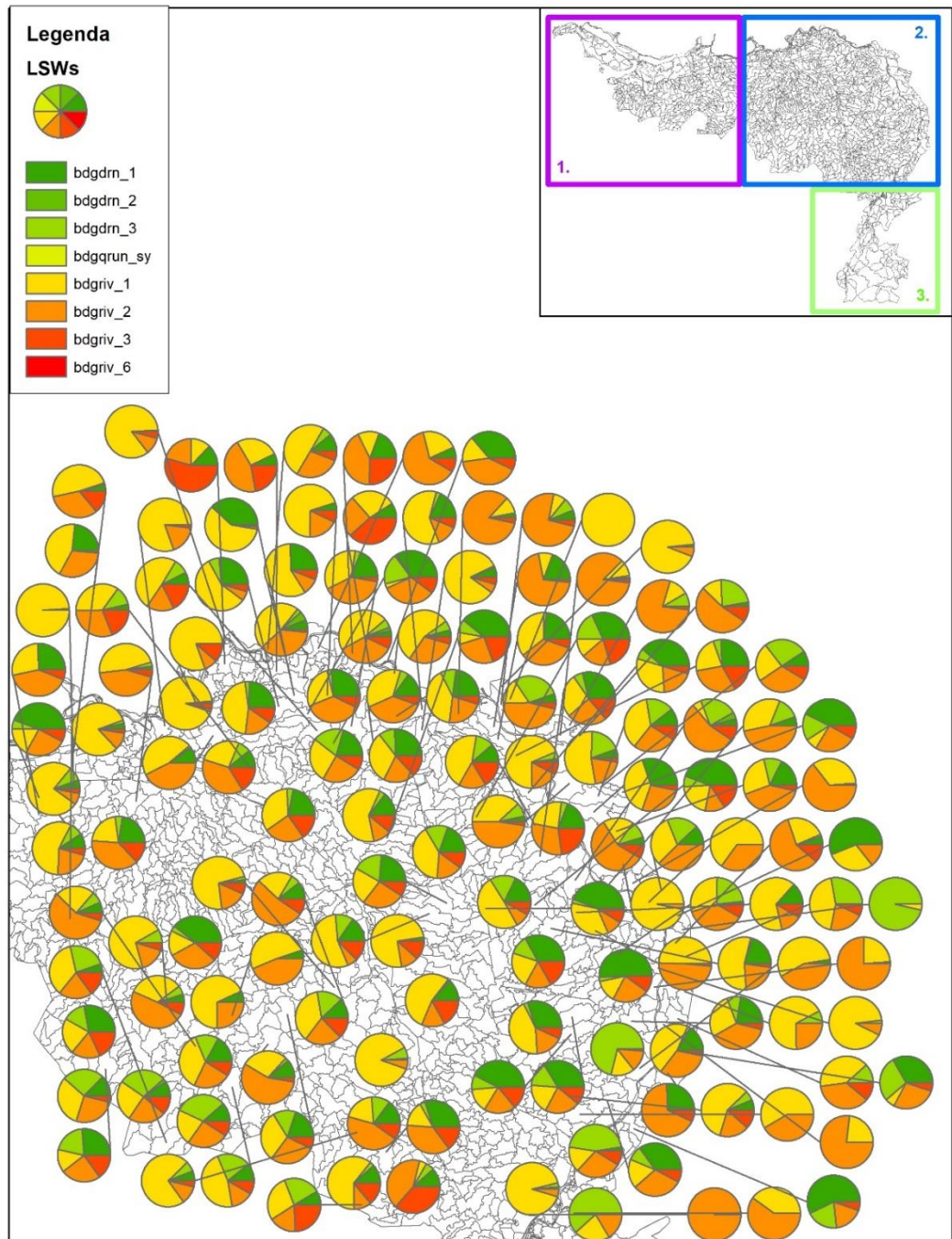
Per LSW en kwartaal voor NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub> en organisch-N (mg-N/l) in drainwater en oppervlakkige afvoer voor 2027, *Variant Huidig beleid met overbenutting* in de landbouwgebieden van het Maasstroomgebied.



## B Bijdrage grondwater per LSW berekend met STROMON-benadering

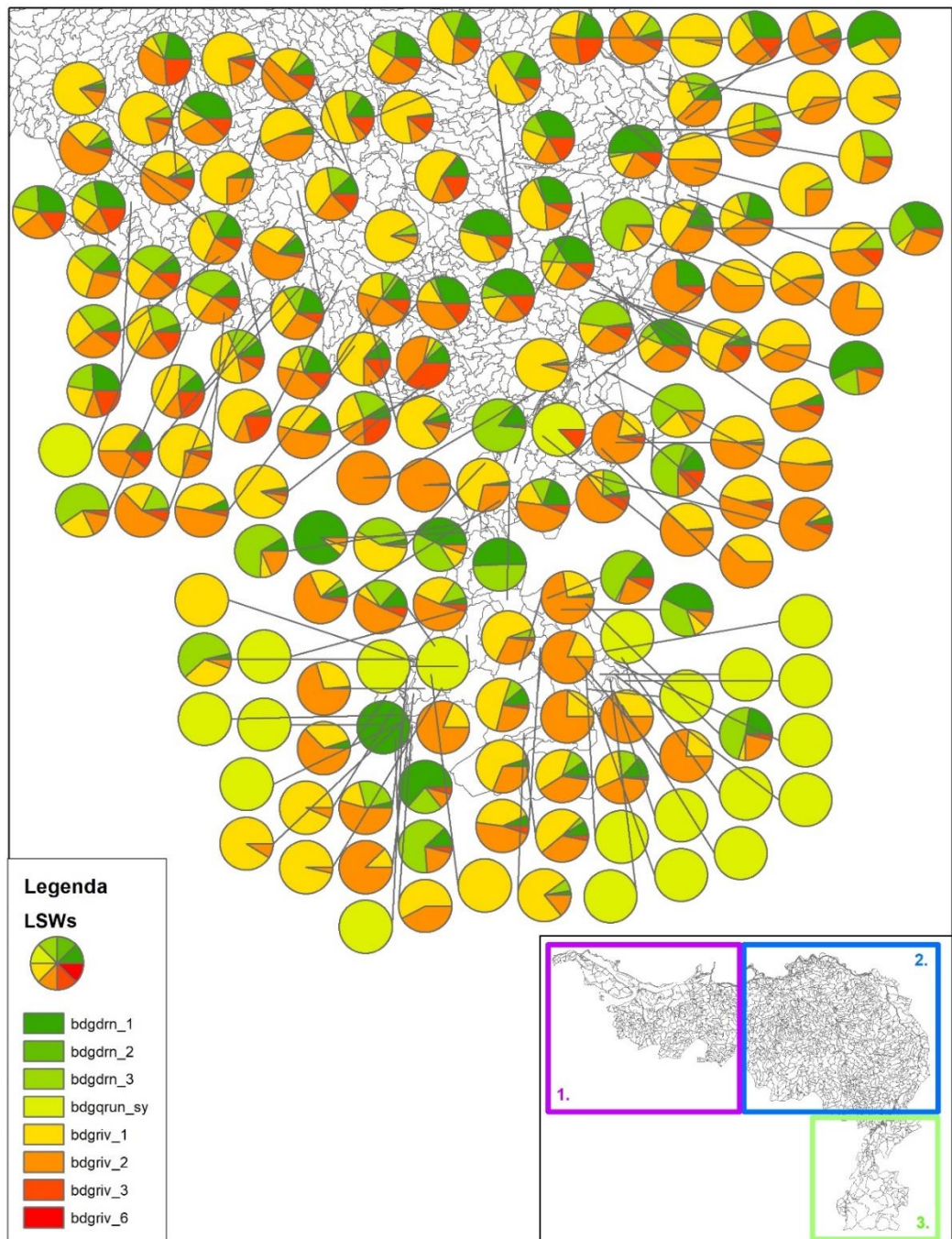


Figuur B.1: Bijdrage van de verschillende routes (LHM) van het grondwater aan het oppervlaktewater per LSW voor het Maasstromgebiedsdistrict (1).



Figuur B.2: Bijdrage van de verschillende routes (LHM) van het grondwater aan het oppervlaktewater per LSW voor het Maasstromgebiedsdistrict (2).





Figuur B.3: Bijdrage van de verschillende routes (LHM) van het grondwater aan het oppervlaktewater per LSW voor het Maasstromgebiedsdistrict (3).

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)