

Nutriënten in de Nederlandse kustwateren en Bronnenanalyse rijkswateren

Achtergrondrapportage bij de Tussenevaluatie KRW



Nutriënten in de Nederlandse kustwateren en Bronnenanalyse rijkswateren
Achtergrondrapportage bij de Tussenevaluatie KRW

Auteur(s)

Steven Kelderman

Annelotte van der Linden

Nutriënten in de Nederlandse kustwateren en Bronnenanalyse rijkswateren

Achtergrondrapportage bij de Tussenevaluatie KRW

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	Marjoke Muller
Referenties	S. Kelderman, van der Linden, A., Meijers. E., 2024. Nutriënten in de Nederlandse kustwateren en Bronnenanalyse rijkswateren, Achtergrondrapportage bij de Tussenevaluatie KRW 2024. Deltares rapport 11210346-012-ZWS-008
Trefwoorden	Kaderrichtlijn Water, KRW-Verkenner, modelleren waterkwaliteit, Landelijk Water Kwaliteits Model (LWKM), Noordzeemodel, doelbereik nutriënten, ex ante evaluatie, bronnenanalyse

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	05-11-2024
Projectnummer	11210346-012
Document ID	11210346-012-ZWS-0009
Pagina's	45
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Steven Kelderman Annelotte van der Linden	
--	--	--

Samenvatting

Voor het Kaderrichtlijn Water (KRW) prognosejaar 2027 is de impact van het vastgestelde beleid op de nutriëntconcentraties van stikstof en fosfor in de zoete wateren vertaald naar effecten op de kust- en overgangswateren. Het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM), dat de Nederlandse zoete en grensoverschrijdende wateren afdekt, is hiervoor gecombineerd met het Dutch Continental Shelf Model - Flexible Mesh (3D DCSM FM), dat de kust- en mariene wateren beslaat. De berekeningen laten zien dat de totale jaarlijkse vracht stikstof met 4% en fosfor met 1% afneemt. De verwachte verlaging van de nutriëntenvrachten naar de kustwateren in 2027 als gevolg van het vastgestelde beleid leidt echter niet tot een proportionele verbetering van het doelbereik in de kustwateren .

Deltares heeft een bronnenanalyse uitgevoerd voor de rekenvariant met het vastgestelde beleid voor 2027 (Referentie 2027) om inzicht te krijgen in welke emissiebronnen bijdragen aan de uiteindelijke nutriëntenconcentraties in de individuele oppervlaktewaterlichamen. Het achterliggende doel hiervan is om handelingsperspectieven in beeld te krijgen om resterende waterkwaliteitsproblemen voor de KRW aan te pakken: waar komen de emissies van nutriënten vandaan en wie zou mogelijk maatregelen kunnen treffen? Hiervoor is een speciaal ontwikkelde analysetool gebruikt. In de bronnenanalyse wordt gebruik gemaakt van hetzelfde model (het Landelijk KRW-Verkenner Model: LKM) en data als voor de KRW Tussenevaluatie (van den Roovaart et al., 2024). De resultaten laten zien dat de bijdrage van meerdere relevante emissiebronnen sterk varieert in tijd en ruimte en biedt tal van aanknopingspunten voor Rijkswaterstaat om zelf gerichte (aanvullende) maatregelen te nemen óf om in overleg te gaan met andere partijen in binnen- of buitenland over de mogelijkheden van het reduceren van de emissies vanuit bepaalde bronnen, routes of regio's.

Inhoud

	Samenvatting	4
	Voorwoord	6
1	Nutriënten in de Nederlandse kustwateren	7
1.1	Inleiding	7
1.2	Methode	7
1.2.1	Aanpak	7
1.2.2	Noordzee model	8
1.2.2.1	Modelrooster en hydrodynamica	8
1.2.2.2	Open modelranden	9
1.2.2.3	Meteorologie	9
1.2.2.4	Riviervrachten en atmosferische depositie	10
1.2.2.5	Initiële waarden en inspeeltijd	10
1.2.2.6	Waterkwaliteitsprocessen	10
1.2.2.7	Validatie hydrodynamisch model	11
1.2.2.8	Validatie waterkwaliteitsmodel	11
1.2.3	Koppeling LKM met Noordzee model	11
1.2.4	Uitgangspunten toetsing nutriënten Nederlandse kustwateren	14
1.3	Resultaten	16
1.3.1	Reducties in nutriëntenvrachten naar Nederlandse kustwateren	16
1.3.2	Beoordeling Nederlandse kustgebieden	17
1.4	Discussie	20
1.5	Conclusies	21
1.6	Referenties	21
2	Bronnenanalyse rijkswateren	23
2.1	Inleiding en methode	23
2.2	Resultaten	23
2.2.1	Inzicht per waterlichaam door het oplossen van de rekennodes	34
2.3	Conclusie	44
2.4	Referenties	44

Voorwoord

Deze rapportage bestaan uit twee onderdelen, die betrekking hebben op een tweetal vragen, die door Rijkswaterstaat (RWS) in het kader van de Tussenevaluatie Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn gesteld. De eerste vraag is of verbetering in stikstofconcentraties in de zoete wateren, als gevolg van de maatregelen binnen het *Vastgestelde beleid*, voldoende effect hebben om de stikstofnormen in de kustzone te halen in het jaar 2027. De vraag sluit aan bij de berekeningsresultaten afkomstig uit de ex ante evaluatie doelbereik Kaderrichtlijn Water (Roovaart et al., 2024). Dit onderdeel wordt behandeld in hoofdstuk 1. De tweede vraag wordt behandeld in hoofdstuk 2 en heeft als focus om inzicht te krijgen in de emissiebronnen die bijdragen aan de uiteindelijke concentraties van nutriënten in de oppervlaktewaterwaterlichaam die onder beheer van Rijkswaterstaat (RWS) vallen. Het achterliggende doel hiervan is om handelingsperspectieven in beeld te krijgen om resterende waterkwaliteitsproblemen voor de KRW aan te pakken: waar komen de emissies van nutriënten vandaan en wie zou mogelijk maatregelen kunnen treffen? Elk van beide hoofdstukken heeft zijn eigen opbouw met een inleiding, methodebeschrijving, resultaten en conclusies.

1 Nutriënten in de Nederlandse kustwateren

1.1 Inleiding

De aanleiding voor deze studie is de vraag van het ministerie van IenW om, in aansluiting op de berekeningen die zijn uitgevoerd met het Landelijk Water Kwaliteits Model (LWKM) voor de KRW Tussenevaluatie, een doorvertaling te maken van de berekeningen voor totaal stikstof en totaal fosfor voor de zoete wateren voor het prognosejaar 2027 naar de overgangs- en kustwateren. Om dergelijke doorvertalingen te maken is in 2021 een modelinstrumentarium opgezet waarbij het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM, dat de Nederlandse zoete, grensoverschrijdende, en overgangswateren afdekt) is gecombineerd met het Dutch Continental Shelf Model - Flexible Mesh (3D DCSM FM, dat de Nederlandse kust- en mariene wateren afdekt), hierna genoemd Noordzee model (Roovaart *et al.* 2021a, Roovaart *et al.* 2021b).

Doel van de studie is inzicht geven in doelbereik in 2027 voor de nutriënten voor de Kust- en Overgangswateren voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) voor de rekenvariant “Referentie 2027”. Binnen de rekenvariant “Referentie 2027” wordt uitgegaan van de volledige implementatie van het huidige vastgestelde beleid inclusief het gefaseerd afbouwen van de derogatie. Hiervoor is bepaald:

- 1 Of de stikstofconcentraties in de Noordzee in de standaardom (gebaseerd op gemeten vrachten, jaar 2017) voldoen aan de KRW normen.
- 2 Of de verbetering in stikstofconcentraties in de zoete wateren, als gevolg van de maatregelen binnen “Referentie 2027”, voldoende effect hebben om de stikstofnormen in de kustzone te halen in het jaar 2027.

Het LKM berekent, naast de totaal stikstof en totaal fosfor concentraties in de zoete wateren, ook de vrachten totaal stikstof en totaal fosfor naar de Noordzee. Om ook een uitspraak te kunnen doen over het doelbereik in de kust- en overgangswateren hebben we deze vrachten met behulp van het Noordzee model vertaald naar concentraties anorganisch stikstof (DIN) en anorganisch fosfor (DIP) in de Noordzee. Vervolgens is gekeken of de nutriënten in 2027 voldoen aan de milieukwaliteitseisen van de kust- en overgangswateren in gevolge de KRW. Voor de toetsing van de nutriëntenconcentraties in de kust- en overgangswateren hebben we ons beperkt tot de parameter stikstof. Voor fosfor zijn geen KRW doelen beschikbaar voor deze gebieden dus daar kon geen uitspraak over worden gedaan.

Dit rapport beschrijft de opzet van het modelinstrumentarium, opzet van de modelberekeningen met het Noordzee model, en de resultaten van de modelberekeningen en daaruit volgende toetsing aan de stikstofnormen.

1.2 Methode

1.2.1 Aanpak

Om de effecten in de Nederlandse kustwateren te bepalen is het Landelijke KRW-Verkenner model (LKM) gecombineerd met het Dutch Continental Shelf Model - Flexible Mesh (3D DCSM-FM, Zijl *et al.* 2023), hierna genoemd Noordzee model, welke de Nederlandse kustwateren afdekt. Tijdens voorgaande studies is een vergelijkbare koppeling gemaakt (Chrzanowski *et al.* 2015a; 2015b, Loos *et al.* 2014, Roovaart *et al.* 2021a, Roovaart *et al.* 2021b).

Met het LKM zijn meerdere varianten doorgerekend voor “Basisjaar 2021” en voor prognosejaar 2027. Voor de vertaling naar de kustwateren is enkel gekeken naar de rekenvarianten “Basisjaar 2021” berekend met een gemiddeld weerjaar en met bemesting op de gebruiksnorm” en “Referentie 2027” berekend met een gemiddeld weerjaar en met bemesting op de gebruiksnorm”. De berekende nutriëntenconcentraties van deze twee rekenvarianten is vervolgens gebruikt als invoer voor het Noordzee model. Dit model is gebruikt om nutriëntenconcentraties in de Nederlandse kustwateren te berekenen welke vervolgens zijn vergeleken met de waterkwaliteitsnorm zoals toegepast in de Kaderrichtlijn water (KRW) beoordelingen van kustwateren.

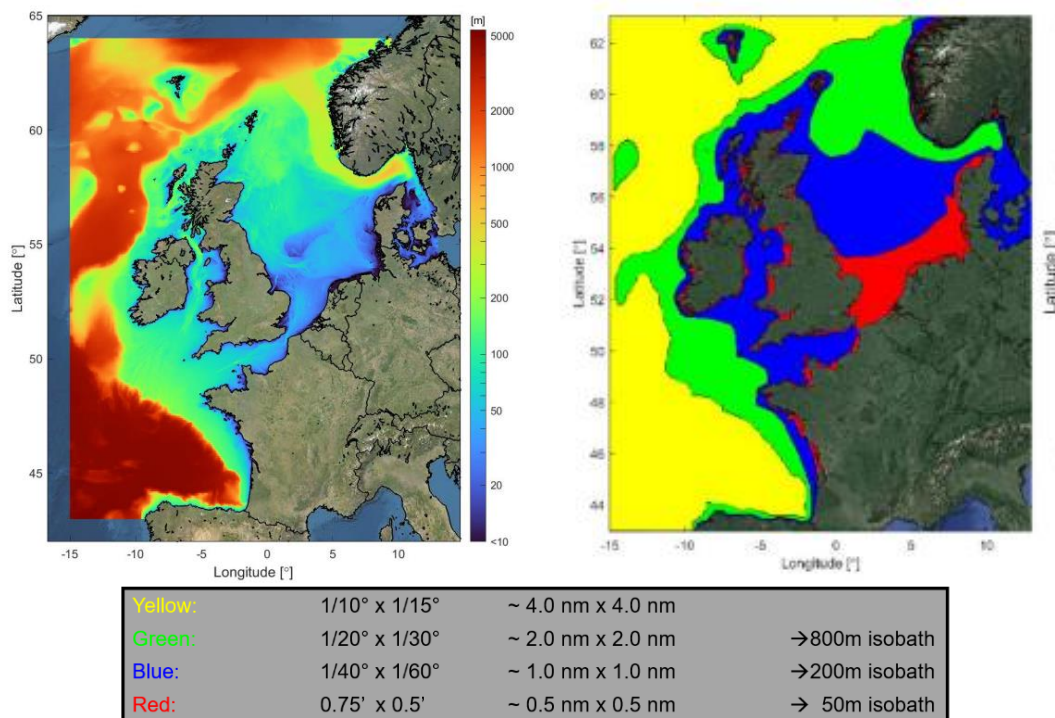
1.2.2 Noordzee model

Voor de kustwater berekeningen hebben de nieuwste modelversie van het hydrodynamische 3D DCSSM-FM model (2022 release, Zijl *et al.* 2023) gebruikt voor de transport processen van water en stoffen in combinatie met de biogeochemische module GEM (Generiek Ecologisch Model, Blauw *et al.* 2009) voor de afhandeling van de waterkwaliteitsprocessen. Dit model is al eerder toegepast in meerdere modelstudies naar nutriënten en fytoplankton in de Noordzee en Waddenzee (van Leeuwen *et al.* 2023, Prins *et al.* 2023)

1.2.2.1 Modelrooster en hydrodynamica

Het domein van dit model dekt het noordwest Europese continentale plat (15°W -13°E, 43°N - 64°N zie Figuur 1.1). Het modelrooster bevat ca. 630,000 cellen en is opgedeeld in drie deelgebieden, waarvan de ruimtelijke resolutie van het kustgelegen gebied het fijnste is (0.5 zeemijlen). In de verticaal is het grid tot 100 meter diepte opgedeeld in 20 lagen met gelijke dikte afhankelijk van de lokale waterdiepte (zgn. sigma-lagen). Beneden 100 meter diepte wordt er gebruikgemaakt van zgn. z-lagen. De dikte van de z-lagen neemt exponentieel toe met de diepte met een factor 1.9, beginnend met een dikte van 5 meter. Het maximaal aantal z-lagen is 30. In de gebieden waar de diepte minder dan 100 meter bedraagt is de verticale laagverdeling (20 sigma-lagen) dus gelijk aan de 2020 release van het 3D DCSSM-FM model zoals toegepast in de 2021 studie.

De bathymetrie van het model is gebaseerd op rasterdata van het Europese Mariene Observatie- en Datanetwerk (EMODnet), een consortium van Europese organisaties gericht op het beschikbaar maken van mariene gegevens (Figuur 1.1). Voor de Nederlandse wateren is de bathymetrie grotendeels afkomstig uit Baseline.



Figuur 1.1 Bathymetrie en resolutie van de rekencellen in 3D DCSM-FM. Diepte is relatief aan het NAP op een logaritmische schaal.

1.2.2.2 Open modelranden

Waterhoogte

Op de noordelijke, westelijke, en zuidelijke open modelranden van het 3D DCSM-FM, zijn astronomische waterhoogtes opgelegd. Deze waterhoogtes zijn afgeleid door middel van een harmonische expansie van de amplitudes en fase verschillen van 31 getijde constituenten, die gebaseerd zijn op het globale Finite Element Solution getijde model (FES2012). De golfhogte op de open modelranden wordt benaderd door een inverse barometer correctie (IBC) die wordt opgeteld bij de astronomische waterhoogtes. Deze correctie is een tijds- en ruimte-afhankelijke functie van de lokale atmosferische druk. Om sterische effecten mee te nemen, worden de dagelijkse gemiddelde waterhoogtes van the Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) gebruikt.

Nutriënten, saliniteit en temperatuur

Nutriënten, temperatuur en saliniteit op de open model randen zijn gebaseerd op CMEMS-modelresultaten. Dit zijn dagelijkse waarden op 50 niet-uniform verdeelde verticale dieptes die door Delft3D Flexible Mesh worden geïnterpoleerd naar de juiste horizontale locatie en verticale modellaag. Initialisatie van de ruimtelijk variërende zout- en temperatuurgehalten in het 3D DCSM-FM model is gebaseerd op data uit dezelfde bron.

1.2.2.3 Meteorologie

Voor meteorologie is het 3D DCSM-FM gekoppeld met de zgn. 'ERA5-reanalysis dataset' van het European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). De gebruikte forceringen worden hieronder beschreven.

Momentum flux

Om de lucht-zee momentum flux mee te nemen, zijn tijds- en ruimte-afhankelijke velden opgelegd voor windsnelheden (op 10 m hoogte) en atmosferische druk (op MSL).

Warmte-flux

Horizontale en verticale verschillen in watertemperatuur beïnvloeden het transport van water via hun impact op de waterdichtheid. Opwarming van het oppervlaktewater en ondiepe wateren zorgen voor temperatuur gradiënten wat een horizontale stroming kan genereren. Het kan ook leiden tot temperatuurstratificatie met als gevolg demping van turbulentie en dus een afname in verticale menging. Om deze effecten mee te kunnen nemen, is het transport van temperatuur gemodelleerd.

Massa-flux

Om de massa-flux door de lucht-zee interface mee te nemen, zijn tijds- en ruimte afhankelijke velden voor verdamping en neerslag gebuikt.

1.2.2.4 Riviervrachten en atmosferische depositie

Riviervrachten

Qua hydrologie wordt er rekening gehouden met 319 rivieren. De rivierdebieten en nutriëntenconcentraties voor deze rivieren zijn gebaseerd op gemeten tijdreeksen. De gemeten tijdreeksen zijn afkomstig uit de ICG-EMO database, die wordt beheerd door Sonja van Leeuwen van het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ), en geschaald aan de hand van de OSPAR RID database¹ (HASEC 2023). Deze schaling wordt toegepast zodat de totaal vrachten beter aan te sluiten bij de vrachten zoals gerapporteerd door de Verdragsluitende Partijen in de RID database. De bepaling van de riviervrachten wordt in meer detail beschreven in Prins *et al.*, 2023.

Atmosferische depositie

Atmosferische depositie van stikstof vindt plaats over de gehele oppervlakte laag, en is meegenomen als een ruimte-afhankelijk veld. De data in dit veld zijn gebaseerd op modelresultaten die corresponderen met jaarlijkse gemiddelden afkomstig van het European Monitoring and Evaluation Programme under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (EMEP).

1.2.2.5 Initiële waarden en inspeeltijd

Als startpunt voor de modelberekeningen hebben we gevalideerde modelruns van een recente OSPAR studie opgepakt (Prins *et al.*, 2023). In de OSPAR studie zijn modelruns uitgevoerd voor de periode 2015-2017. De modelruns zijn, na een modelstart met initiële temperaturen, zoutgehaltes en nutriëntenconcentraties gebaseerd op een extern modelresultaat (CMEMS), ingespeeld met een periode van drie jaar (1 januari 2012 tot 1 januari 2015).

Voor de scenarioberekeningen in de onderhavige modelstudie hebben we het meest recente jaar (2017) van deze modelreeks opgepakt en een inspeelperiode van 1 jaar aangehouden om een dynamisch evenwicht te bereiken in de Nederlandse kuststrook.

1.2.2.6 Waterkwaliteitsprocessen

De biogeochemische processen worden afgehandeld door de module Generiek Ecologisch model (GEM, Blauw *et al.* 2008). GEM maakt Delft3D-WAQ processenbibliotheek die de modelleur in staat stelt om voor iedere specifieke toepassing een geschikte set van stoffen en processen te kiezen. In deze studie handelt GEM het lichtklimaat, nutriënten, zuurstof, primaire productie, chlorofyl-a en algencompositie af.

¹ RID – Nutriënt emissies van diffuse en puntbronnen vanaf het land.

<https://oap.ospar.org/en/ospar-monitoring-programmes/cemp/cemp-appendices/theme-e-eutrophication/inputs-nutrients/rid-nutrient-inputs/>

1.2.2.7 Validatie hydrodynamisch model

Het hydrodynamische model is in verschillende projecten gevalideerd (Zijl *et al.* 2023, Zijl *et al.* 2021, Zijl en Groenenboom 2020, Zijl *et al.* 2018) Hieronder wordt een kort overzicht gegeven van de validatie resultaten.

Gemodelleerde waterhoogtes zijn gevalideerd voor verscheidene Nederlandse kuststations. In de bestudeerde periode (2013-2017) was de gemiddelde RMSE m.b.t. totale waterhoogte gelijk aan 6.3 cm. Dit is een verbetering ten opzichte van de 2020 release waar de RMSE gemiddeld 6.9 cm was.

Een vergelijking van de gemodelleerde en gemeten zeewateroppervlaktetemperatuur (sea surface temperature, SST) van 2006-2012 laat in de zuidelijke Noordzee een gemiddelde bias zien van gemiddeld 0.3°C en RMSE van 0.5°C. Dit is een verbetering vergeleken met de 2020 release, die een bias en RMSE van gemiddeld 0.37°C en 0.55°C liet zien. Cruciaal is dat het model een goede representatie laat zien van de inter-jaarlijkse variatie m.b.t. seizoenale temperatuurstratificatie. Deze variatie is van belang om accurate waterkwaliteitsberekeningen te kunnen maken m.b.t. algenconcentraties en zuurstofprofielen. Voor het modelleren van winterconcentraties van nutriënten is dit echter van minder groot belang.

In het voorgaande 3D ZUNO-DD model, was er een 'optilling' van de zuidelijke modelrand nodig om het residueel transport door het Engelse Kanaal accuraat te kunnen beschrijven. Zonder deze 'optilling' was het residueel transport te laag. Het 3D DCSM-FM model heeft een veel groter domein waardoor er geen open rand meer ligt ter hoogte van het Engelse Kanaal. Daardoor is dit model in staat om het residuele transport goed te kunnen beschrijven op basis van barotropische fenomenen en zonder een kunstmatige correctie van de modelranden.

1.2.2.8 Validatie waterkwaliteitsmodel

Het waterkwaliteitsmodel is gevalideerd in verschillende projecten (Lenhart *et al.* 2022, Prins *et al.* 2023). De validatie resultaten wordt hieronder kort samengevat.

Tijdseries

Gemodelleerde winter nutriënten concentraties en groeiseizoen chlorofyl-a zijn gevalideerd voor verscheidene Nederlandse kuststations voor de periode 2015-2017. Zowel nutriënten als chlorofyl-a laten een verbetering zien in de nieuwste modelversie (Prins *et al.* 2023). Vergelijking met OSPAR satelliet data laat tevens zien dat de timing van de voorjaarsbloei goed wordt beschreven door het model. In de zomer worden fosfaat en anorganisch stikstof, thans in mindere mate, door het model onderschat.

Ruimtelijk

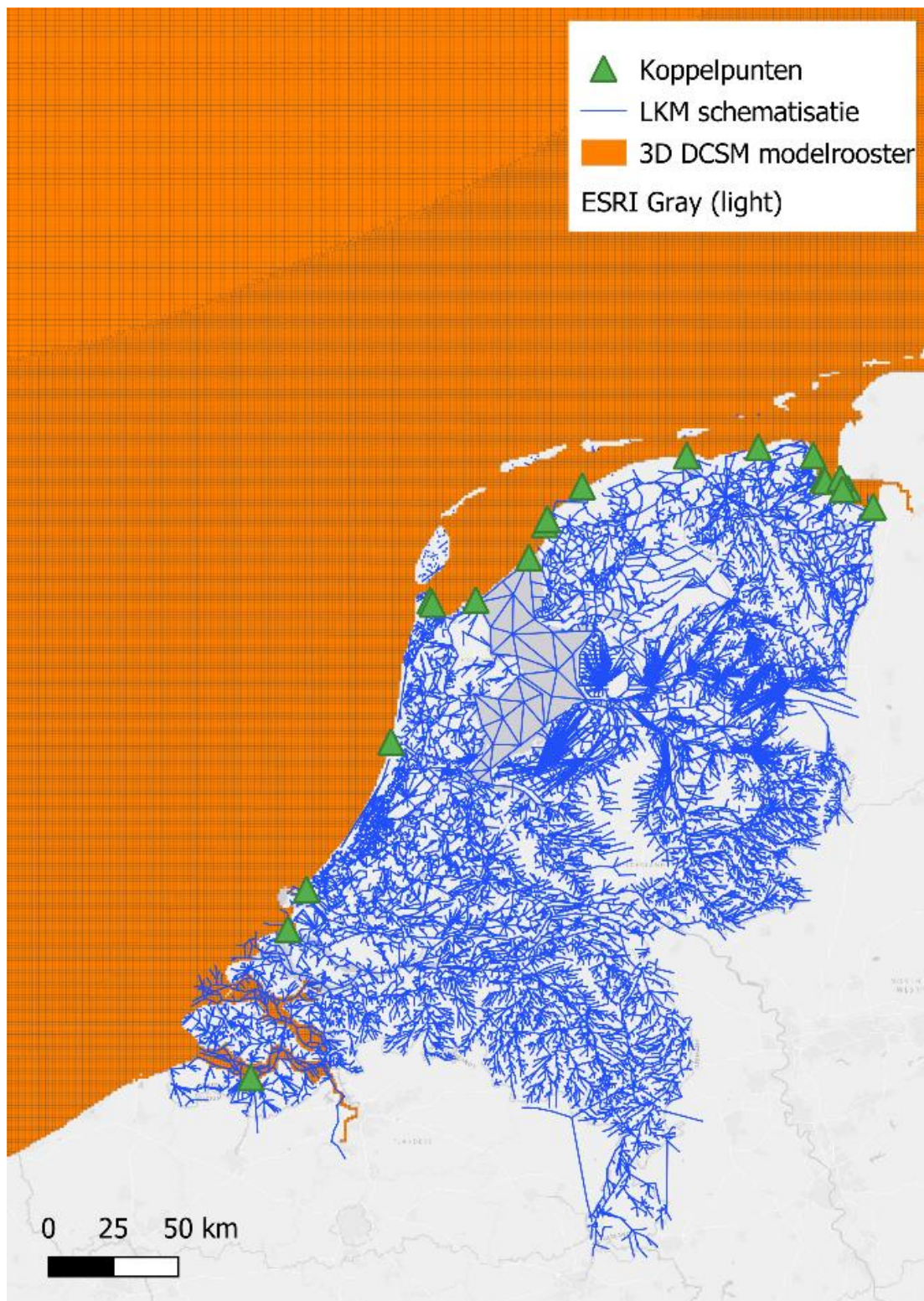
Ruimtelijke patronen voor de periode 2015-2017 zijn gevalideerd aan de hand van kaartbeelden voor wintergemiddeld anorganisch fosfor (DIP) en stikstof (DIN) en groeiseizoengemiddeld chlorofyl-a. De kaartbeelden laten zien dat de ruimtelijke patronen in gemeten versus gemodelleerd DIP en DIP over het algemeen goed overeenkomen, met hogere concentraties langs de kust en lage concentraties in de offshore gebieden. Ook chlorofyl-a laten een goede overeenkomst met de metingen zien in de kustgebieden. Verder offshore worden de chlorofyl-a concentraties echter overschat.

1.2.3 Koppeling LKM met Noordzee model

Vergelijkbaar met de studie uitgevoerd in 2021, in kader van de Nationale Analyse Waterkwaliteit, is er voor de Tussenevaluatie 2024 ook een offline koppeling gerealiseerd tussen het LKM en het Noordzee model (Roovaart *et al.* 2021a, Roovaart *et al.* 2021b).

Deze offline koppeling maakt het mogelijk om gelijk door te rekenen wat het effect is van verschillen in de nutriëntenvrachten vanuit de stroomgebieden op de nutriëntenconcentraties in de Noordzee.

Om deze doorvertaling te maken hebben we een 20-tal instroom locaties in het Noordzee model gevoed met uitkomsten van het LKM (zie Figuur 1.2, koppelpunten aangegeven m.b.v. driehoekjes). Voor de Eems en de Schelde was dit niet mogelijk omdat deze rivieren niet gedekt worden door de LKM schematisatie. Deze rivieren zijn wel meegenomen in het Noordzee model maar de vrachten zijn niet gebaseerd op uitkomsten van het LKM. In plaats daarvan zijn vrachten uit het standaard Noordzee model toegepast, net als voor de andere instroom locaties in het Noordzee model (zie Paragraaf 1.2.2.4).



Figuur 1.2 Koppelpunten tussen Landelijke KRW-Verkenner (LKM) en het Noordzee model (3D DCSM-FM). LKM schematisatie (blauw) en een deel van het Noordzee modelrooster (oranje). De verschillende tinten oranje tonen de verschillen in resolutie. De gedefinieerde koppelpunten worden weergegeven als groene driehoekjes. De riviervrachten op deze punten zijn in het standaard Noordzee model gebaseerd op gemeten tijdreeksen.

De riviervrachten in het standaard Noordzee model zijn gebaseerd op gemeten tijdsreeksen (ICG-EMO en OSPAR RID). Binnen dit project zijn de gemeten vrachten op de 20 koppelpunten geschaald aan de hand van de uitkomsten van de rekenvarianten vanuit het LKM. Op deze manier is het mogelijk om voor deze koppelpunten de uitkomsten van de rekenvarianten vanuit het LKM door te geven aan het Noordzee model.

Voor de schaling van de nutriëntenvracht zijn de volgende formules gehanteerd:

$$reductie = (LKM\ vracht_{basisjaar} - LKM\ vracht_{scenario\ 2027}) / LKM\ vracht_{basisjaar}$$
$$vracht_{2027} = vracht_{gemeten} * (1 + reductie\ LKM)$$

Waarbij geldt:

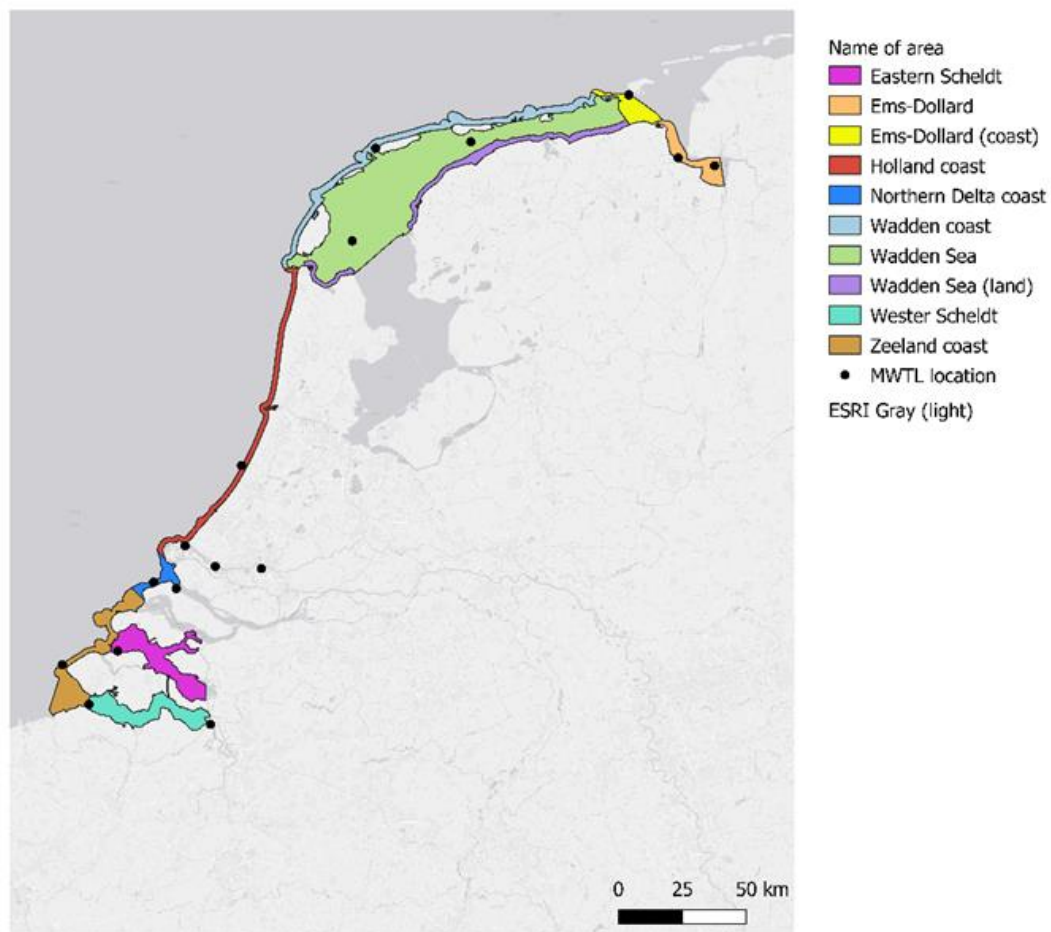
- $LKM\ vracht_{basisjaar}$ is gebaseerd op de LKM uitkomsten van “Basisjaar 2021”;
- $LKM\ vracht_{scenario\ 2027}$ is gebaseerd op de LKM uitkomsten van rekenvariant “Referentie 2027”;
- $vracht_{gemeten}$ is gebaseerd op gemeten tijdreeksen 2017 uit de ICG-EMO database welke zijn gecorrigeerd voor de OSPAR RID database (zie 1.2.2.4);
- voor totaal stikstof en totaal fosfor zijn dezelfde formules gehanteerd.

1.2.4 Uitgangspunten toetsing nutriënten Nederlandse kustwateren

De Kaderrichtlijn Water (KRW) geldt naast zoete wateren ook voor overgangs- en kustwateren. Figuur 2.1 en toont een overzicht van de KRW-beoordelingsgebieden in het Nederlandse kustgebied (kust- en overgangswateren, tot 1 zeemijl vanaf de kust) en bijbehorende MWTL meetstations die in deze studie zijn meegenomen. Voor deze gebieden zijn de resultaten van het Noordzeemodel getoetst aan de normen conform de KRW beoordelingsprocedure (Molen *et al.* 2018), waarbij we de volgende uitgangspunten hebben gehanteerd:

- Voor de kust- en overgangswateren zijn alleen normen beschikbaar voor wintergemiddelde anorganisch stikstof concentraties (winterDIN). Voor de toetsing is er daarom alleen gekeken naar de berekende winterDIN concentraties.
- De winterperiode is gedefinieerd als de maanden december, januari en februari.
- Bij een zoutgehalte van 30 psu of hoger is de KRW-norm voor winterDIN gelijk aan 33 μM (= 0,46 mg N/l).
- Bij een zoutgehalte lager dan 30 psu is de norm aangepast om rekening te houden met de grotere zoetwaterinvloed. Aanpassing van de norm is uitgevoerd conform de methode beschreven in Prins *et al.*, 2015. In deze gevallen is de volgende formule toegepast om de zoutafhankelijke norm te bepalen:

$$DINnorm\ (in\ mg\ N/l) = 2,59 - 0,071 * zoutgehalte$$



Figuur 1.3 KRW-beoordelingsgebieden en – meetstations in het Nederlandse kustgebied (bron: Waterkwaliteitsportaal 2019).

Tabel 1.1 Overzicht van de MTWL-meetlocaties die gebruikt worden voor de KRW-beoordeling van de kust- en overgangswateren (K- en O-watertypen) (Waterkwaliteitsportaal, 2019).

Beoordelingsgebied	Watertype	MWTL-meetlocatie	Naam
Eems-Dollard	kustwater	HUIBGOT	Huibertgat Oost
Eems-Dollard	overgangswater	BOCHTVWTM	Bocht van Watum
	overgangswater	GROOTGND	Groote Gat noord
Haringvliet West	overgangswater	HARVSS	Haringvlietsluizen*
Hollandse kust	kustwater	NOORDWK2	Noordwijk-2
Nieuwe Maas	overgangswater	BRIENOD	Brienenoord*
Nieuwe Waterweg	overgangswater	BEERKNMDN	Caland-Beerkanaal midden
	overgangswater	MAASSS	Maassluis*
Noordelijke Deltakust	kustwater	GOERE2	Goeree-2
Oosterschelde	kustwater	WISSKKE	Wissenkerke
Waddenkust	kustwater	BOOMKDP	Boomkendsiep
Waddenzee	kustwater	DANTZGT	Dantzigat
	kustwater	DOOVBWT	Doove Balg west
Westerschelde	overgangswater	SCHAARVODDL	Schaar van Oude Doel
	overgangswater	VLISGBISSVH	Vlissingen boei SSVH
Zeeuwse kust	kustwater	WALCRN2	Walcheren-2

* Meetpunt valt buiten het modeldomein van het Noordzee model dus geen modelresultaten voor beschikbaar.

1.3 Resultaten

1.3.1 Reducties in nutriëntenvrachten naar Nederlandse kustwateren

Tabel 1.2 toont het effect van de maatregelen (*Referentie 2027 t.o.v. Basisjaar 2021*) op de stikstof- en fosfor jaarvrachten naar de Noordzee zoals berekend met het LKM. De berekende stikstof vrachten nemen af met ca. 3% tot 11% t.o.v. 2021 basisjaar (gemiddeld weerjaar zonder overbesteding), afhankelijk van het lozingspunt. Bij elkaar genomen leidt dit tot een verlaging 4% voor de totale stikstof vracht vanuit Nederland naar de Noordzee.

Ook voor fosfor variëren de reducties per lozingspunt. De berekende reducties zijn over het algemeen lager dan voor stikstof, rond de 3%. Enkele locaties laten een afname van 5% of meer zien. De totale fosfor vracht vanuit Nederland neemt met ca. 1% af.

De reducties in Tabel 1.2 zijn bepaald over het hele jaar. LKM berekent vrachten per kwartaal. Voor beide nutriënten geldt dat de mate van reductie wisselt per kwartaal. In enkele gevallen is er een toename berekend in de kwartaalvrachten (hier niet getoond).

Tabel 1.2 Reducties in LKM totaal stikstof en totaal fosfor jaarvrachten naar de Noordzee "Referentie 2027" t.o.v. "Basisjaar 2021".

Instreamlocatie Noordzee	Totaal stikstof % verschil	Totaal fosfor % verschil
Cleveringsluizen	-7%	-4%
DeDrieDelfzijl	-8%	-3%
Eemskanaal	-4%	-10%
Fiemel	-6%	-3%
Haringvlietsluizen	-4%	1%*
Harlingen	-7%	-4%
Helsdeur	-9%	-2%
IJsselmeer oost	-4%	-3%
IJsselmeer west	-5%	-3%
Kanaal Gent-Terneuzen	-7%	-5%
Knock	-7%	-3%
Maassluis	-4%	0%
Miedema	-7%	-2%
NieuwStatenzijl	-6%	-6%
Noordpolderzijl	-10%	-3%
Noordzeekanaal	-3%	-2%
Oostoever	-11%	-2%
Ropta	-9%	-3%
Rozema	-6%	-3%
Spijksterpompen	-8%	-2%

* De LKM berekeningen laten een zeer geringe toename zien in de jaarlijkse totaal fosfor vracht van de Maas.

1.3.2 Beoordeling Nederlandse kustgebieden



Figuur 1.4, Figuur 1.5 en Tabel 1.3 tonen de beoordeling van de winterDIN concentraties in de KRW-beoordelingsgebieden. De beoordeling is bepaald per gridcel en per MWTL-meetlocatie. De MWTL locaties worden gebruikt in de officiële KRW-beoordeling. Ter vergelijking worden ook de resultaten van de standaardsom (gemeten vrachten 2017) getoond.

De modelberekeningen voorspellen dat de winterDIN norm in vijf gebieden wordt gehaald in het zichtjaar 2027. De DIN concentraties in de andere gebieden liggen net of ruim (Eems-Dollard) boven de norm. Dit komt overeen met de standaardsom, met uitzondering van het KRW-beoordelingsgebied Nieuwe Waterweg. De berekende DIN concentratie in dit gebied ligt voor in de standaardsom net onder de norm.

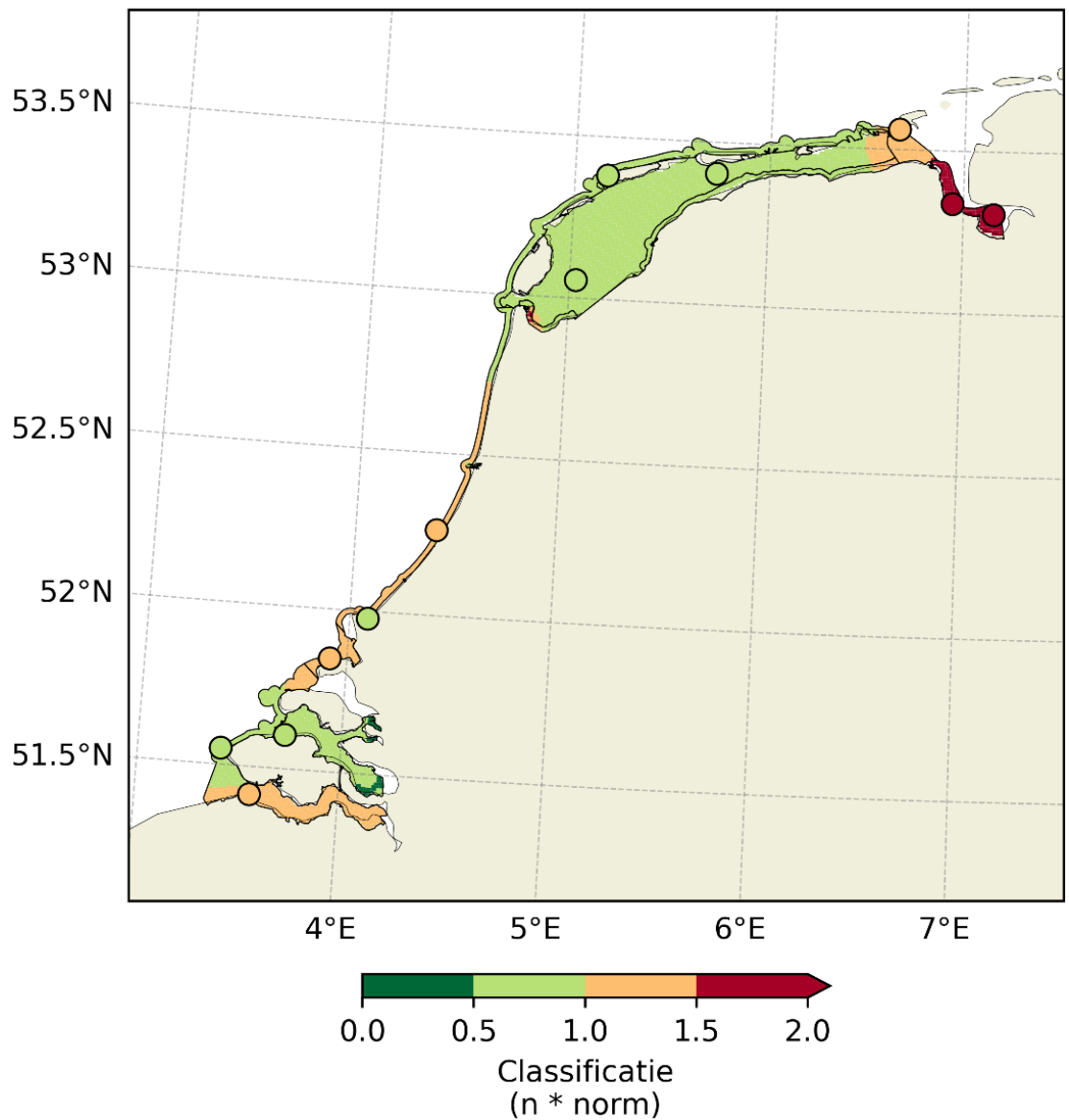
Tabel 1.3 Gemodelleerde winterDIN concentraties (mg N/l) en normen (mg N/l) in de Nederlandse KRW-gebieden weergegeven per beoordelingslocatie. In groen de winterDIN concentraties die voldoen aan de norm. Kleurcodering is op basis van exacte waarden, getoonde waarden zijn afgerond. "Standaard" verwijst naar de resultaten van het standaard model (gebaseerd op gemeten nutriëntenvrachten voor 2017). "Referentie 2027" is gebaseerd op geschaalde vrachten a.d.h.v. van de berekende LKM stikstofreductie Referentie 2027 t.o.v. Basisjaar 2021.

Beoordelingsgebied	MWTL-meetlocatie	Norm ¹	Standaard	Referentie 2027
Eems-Dollard (kust)	HUIBGOT	0.46	0.59	0.56
Eems-Dollard	BOCHTVWTM	1.50	2.84	2.64
	GROOTGND	2.07	4.95	4.80
Hollandse kust	NOORDWK2	0.49	0.57	0.62
Nieuwe Waterweg	BEERKNMDN	2.04	2.02	2.35
Noordelijke Deltakust	GOERE2	1.27	1.33	1.57
Oosterschelde	WISSKKE	0.46	0.37	0.37
Waddenkust	BOOMKDP	0.46	0.36	0.41
Waddenzee	DANTZGT	0.82	0.54	0.67
	DOOVBWT	0.81	0.57	0.66
Westerschelde	VLISSGBISSVH	0.46	0.51	0.47
Zeeuwse kust	WALCRN2	0.46	0.37	0.36

¹ Norm is genormaliseerd naar saliniteit is 30 psu. Saliniteit is berekend met het Noordzee model.

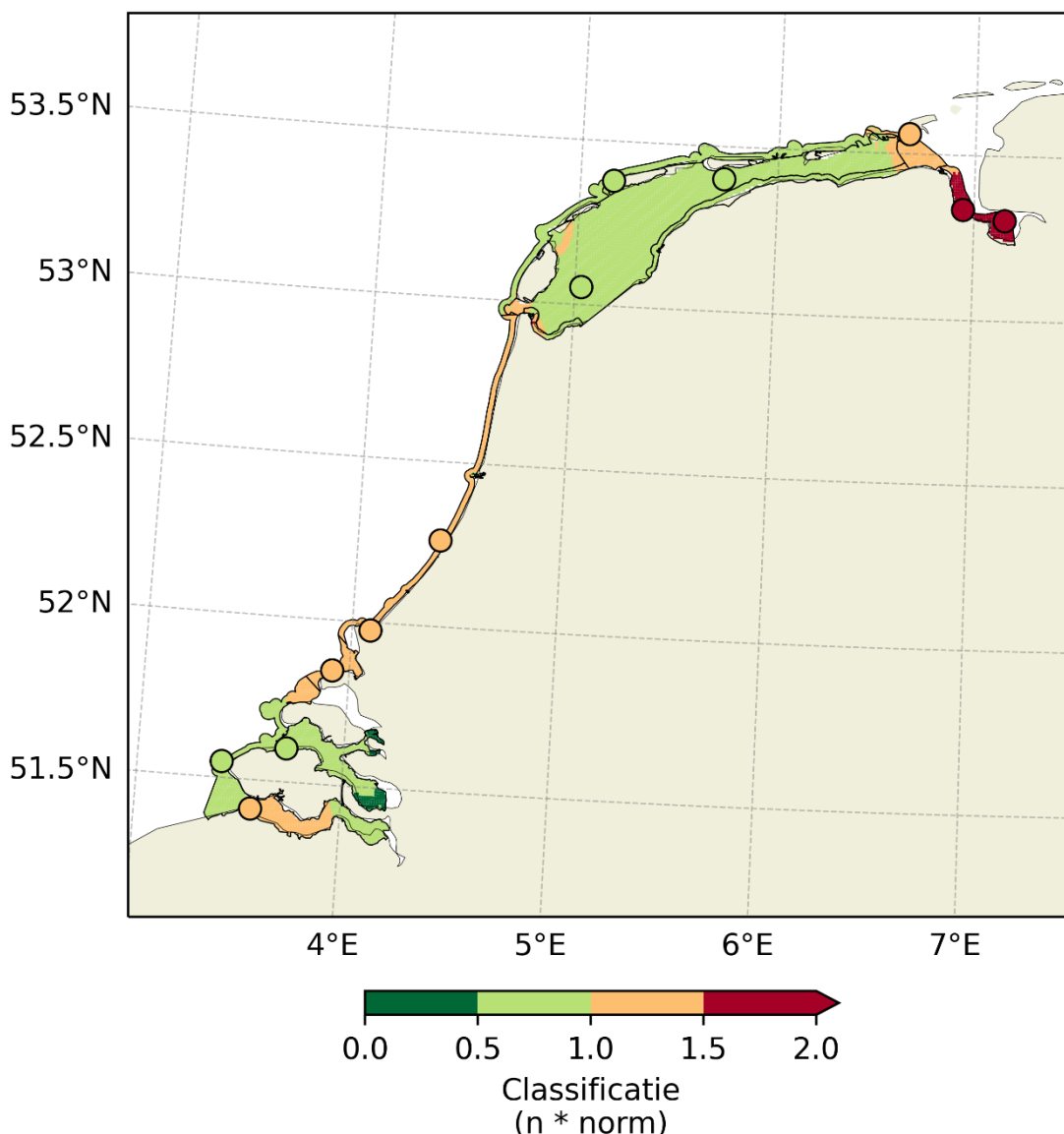
Legenda  Voldoet niet aan de norm
 Voldoet aan de norm

Winter DIN (dec-feb) Standaard



Figuur 1.4 Classificatie van de gemodelleerde winterDIN concentraties (dec-feb) in de Nederlandse KRW-gebieden voor de standaardsom. Classificatie is uitgevoerd per rekencel en MWTL beoordelingslocatie (punten). In groen de winter concentraties die voldoen aan de KRW-normen (=0.46 mg N/l bij saliniteit ≥ 30).

Winter DIN (dec-feb) 2027 Referentie



Figuur 1.5 Classificatie van de gemodelleerde winterDIN concentraties (dec-feb) in de Nederlandse KRW-gebieden voor "Referentie 2027". Classificatie is uitgevoerd per rekencel en MWTL beoordelingslocatie (punten). In groen de winter concentraties die voldoen aan de KRW-normen ($=0.46 \text{ mg N/l}$ bij saliniteit ≥ 30).

1.4 Discussie

De toename van het doelbereik in de zoete wateren voor de rekenvariant "Referentie 2027" leidt niet tot een proportionele afname van de nutriëntenvrachten naar de Noordzee. Hoewel het merendeel van de geloosde vrachten in de Noordzee afnemen in 2027, laten de modelberekeningen zien dat dit niet of nauwelijks leidt tot een verandering in doelbereik in de kustzone. Als gekeken wordt naar de relatief kleine rivieren ligt de verlaging in de geloosde vracht relatief gezien hoger maar de nutriëntvracht naar de Noordzee wordt grotendeels bepaald door de uitstroom van de Maas en de Rijn en de nutriëntenlozingen van deze rivieren laten nauwelijks een verlaging zien. Daarbij zijn eventuele reducties in de riviervracht van de Schelde en Eems niet meegenomen in de Noordzee berekening voor 2027, omdat deze rivieren buiten de LKM schematisatie vallen.

De vrachten van deze twee rivieren zijn in de scenarioberekening gebaseerd op de gemeten vracht in 2017. Ook verdunning speelt een rol bij het uitblijven van duidelijke effecten. De geloosde riviervrachten worden snel verdund met zeewater waardoor de invloed van de rivieren in de kustgebieden snel zal afnemen en daarmee in dit geval ook de effecten van de maatregelen in de zoete wateren.

Enkele beoordelingslocaties laten een lichte toename in de berekende DIN concentraties zien voor "Referentie 2027" t.o.v. de standaard (2017). Deze lichte toenames kunnen verklaard worden door de verschillen in de vrachten per kwartaal. De variatie over de kwartalen wordt beïnvloed door de buitenlandse aanvoer die in de LKM berekeningen is meegenomen en leidt in sommige gevallen tot een lichte toename in de vracht voor Referentie 2027 t.o.v. Basisjaar 2021. Lichte toenames in de kwartaalvrachten die we zien worden veroorzaakt door verschillen in de buitenlandse aanvoer tussen de kwartalen wanneer we omrekenen van een werkelijke naar een gemiddelde hydrologie.

1.5 Conclusies

In deze studie is onderzocht wat de effecten van het maatregelenpakket die gelden voor "Referentie 2027" zijn op de waterkwaliteit in de Nederlandse kustgebieden. De verbetering van het doelbereik in de zoete wateren voor de rekenvariant "Referentie 2027" leidt niet tot een proportionele verlaging van de nutriëntenvrachten naar de kustwateren.

De berekende afname in de totale jaarlijkse stikstof en fosfor vracht zijn respectievelijk 4% en 1%. Zoals te verwachten leidt de verandering van de nutriëntenvracht richting de Noordzee tot een verandering van de nutriëntenconcentraties in de kustgebieden. Echter zijn de berekende veranderingen op de grotere uitstroomlocaties (Maas en Rijn) klein en zijn mogelijke reducties in de Schelde en Eems niet meegenomen in deze studie. Daarnaast zorgt verdunning van het geloosde rivierwater met het Noordzeewater voor een afname in de effecten. Mede hierdoor leiden de verschillen in de nutriëntenconcentraties niet tot een verandering in doelbereik.

1.6 Referenties

- Blauw, A.N., H.F.J. Los, M. Bokhorst and P.L.A. Erftemeijer (2008). GEM: a generic ecological model for estuaries and coastal waters. *Hydrobiologia* 618: 175-198
- Chrzanowski, C., Cleij, P. Van den Roovaart, J., Thiange, C., Troost, T., 2015a. Evaluation of total nitrogen concentrations in coastal waters of the Meuse catchment for 2021 and 2027. Deltares report 1220521-ZSW-0005. Delft
- Chrzanowski, C., Van den Roovaart, J., Van 't Hoff, L., Lebecque, T., 2015b. IMC - Evaluation of nutrients in Meuse catchment - Discussion document for chemistry group. Memo 1220521-000-ZWS-0004. 21st August 2015.
- HASEC (2023). Summary record of the meeting of the Hazardous Substances and Eutrophication Committee (HASEC). London, OSPAR, HASEC meeting, Edinburgh 20-24 March 2023 HASEC 22/11/1, 42 pp.
- Leeuwen, S.M. van, H.-J. Lenhart, T.C. Prins, A. Blauw, X. Desmit, L. Fernand, R. Friedland, O. Kerimoglu, G. Lacroix, A. van der Linden, A. Lefebvre, J. van der Molen, M. Plus, I. Ruvalcaba Baroni, T. Silva, C. Stegert, T.A. Troost and L. Vilmin (2023). Deriving pre-eutrophic conditions from an ensemble model approach for the North-West European seas. *Frontiers in Marine Science* 10:1129951.
- Lenhart, H., A. Blauw, X. Desmit, L. Fernand, R. Friedland, B. Heyden, O. Kerimoglu, G. Lacroix, A. van der Linden, J. van der Molen, M. Plus, T. Prins, I. Ruvalcaba Baroni, T. Silva, C. Stegert, D. Thewes, T.

Troost, L. Vilmin and S. van Leeuwen (2022). ICG-EMO report on model comparison for historical scenarios as basis to derive new threshold values. London, OSPAR, Publication Number: 895/2022, 66 pp.

Loos, S., Troost, T.A., Goorden, N., Thiange, C., Weeber, M., Los, F.J., 2014. Stikstof scenario studie met KRW-Verkenner en koppeling met het Noordzee model. Deltares report 1208815-000.

Molen, D.T. & Pot, R. & Evers, C.H.M. & Herpen, F.C.J. & Nieuwerburgh, L.L.J. & Loon, Willem M.G.M. & et.al. (2018). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2021-2027.

Prins, T.C., Troost, T.A., Los, F.J., Blauw, A.N., 2015 Discussiepunten bij de normstelling voor nutriënten voor OSPAR, KRW en KRM. Deltares report 1220097.

Prins, T.C., Blauw, A.N., Vilmin, L., van der Heijden, L., Heye, S., Buckman, L., 2023, Modelling of nutrient load scenarios and transboundary nutrient transport: A model study for OSPAR regions II, III and IV, Deltares report 11209731-000-ZKS-0003

Roovaart, J. van den, T. Troost, van der Linden, A., Altena, W., 2021a. Ex ante evaluation of nutrients in fresh, coastal and marine waters with a focus on the Meuse basin. Deltares rapport 11205267-005-ZWS-0002.

Roovaart, J. van den, T. Troost, van der Linden, A., Altena, W., 2021b. Nutriënten in Nederlandse zoete, kust- en mariene wateren, Scenarioberekeningen voor de derde generatie KRW stroomgebiedbeheerplannen, 11205267-005-ZWS-0009

Water Framework Directive Explorer: www.krwwerkenner.nl

Waterkwaliteitsportaal, 2019. Bronbestanden publiek december 2019, bestand 4.monitoringsprogramma_owl_20191212.csv.
<https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/WKP.WebApplication/General/DownloadFile?path=CustomReports/December2019Publiek/Bestanden/>

Waterkwaliteitsportaal (Database Water Quality Portal, the Netherlands): <http://www.waterkwaliteitsportaal.nl/>

Zijl, F., Zijlker, T., Laan, S., and J. Groenenboom. 2023. 3D DCSM FM: a sixth-generation model for the NW European Shelf: 2022 release. 11208054-004-ZKS-0003, Deltares, Delft.

2 Bronnenanalyse rijkswateren

2.1 Inleiding en methode

Om inzicht te krijgen in de emissiebronnen die bijdragen aan de uiteindelijke nutriëntenconcentraties per oppervlaktewaterwaterlichaam, heeft Deltares een bronnenanalyse uitgevoerd voor de emissiebronnen van de rekenvariant 'Referentie 2027'. Dit is de rekenvariant waarin de maatregelen van het vastgestelde beleid (zowel het landelijke beleid als de maatregelen van de waterbeheerders, zoals zijn opgenomen in het SGBP3). Deze rekenvariant wordt ook in de Tussenevaluatie beschreven (Van den Roovaart et al., 2024). De bronnenanalyse wordt uitgevoerd met een speciaal voor dit soort analyses ontwikkelde tool. In de bronnenanalyse wordt gebruik gemaakt van hetzelfde model (het Landelijk KRW-Verkenner Model: LKM) en data als voor de Tussenevaluatie. In deze bronnenanalyse zijn bepaalde bronnen geclusterd om hun relatieve bijdrage inzichtelijk te maken in figuren en op kaarten. Voor deze studie zijn de volgende emissiebronnen gecategoriseerd (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Clustering van emissiebronnen zoals gehanteerd in onderhavige bronnenanalyse.

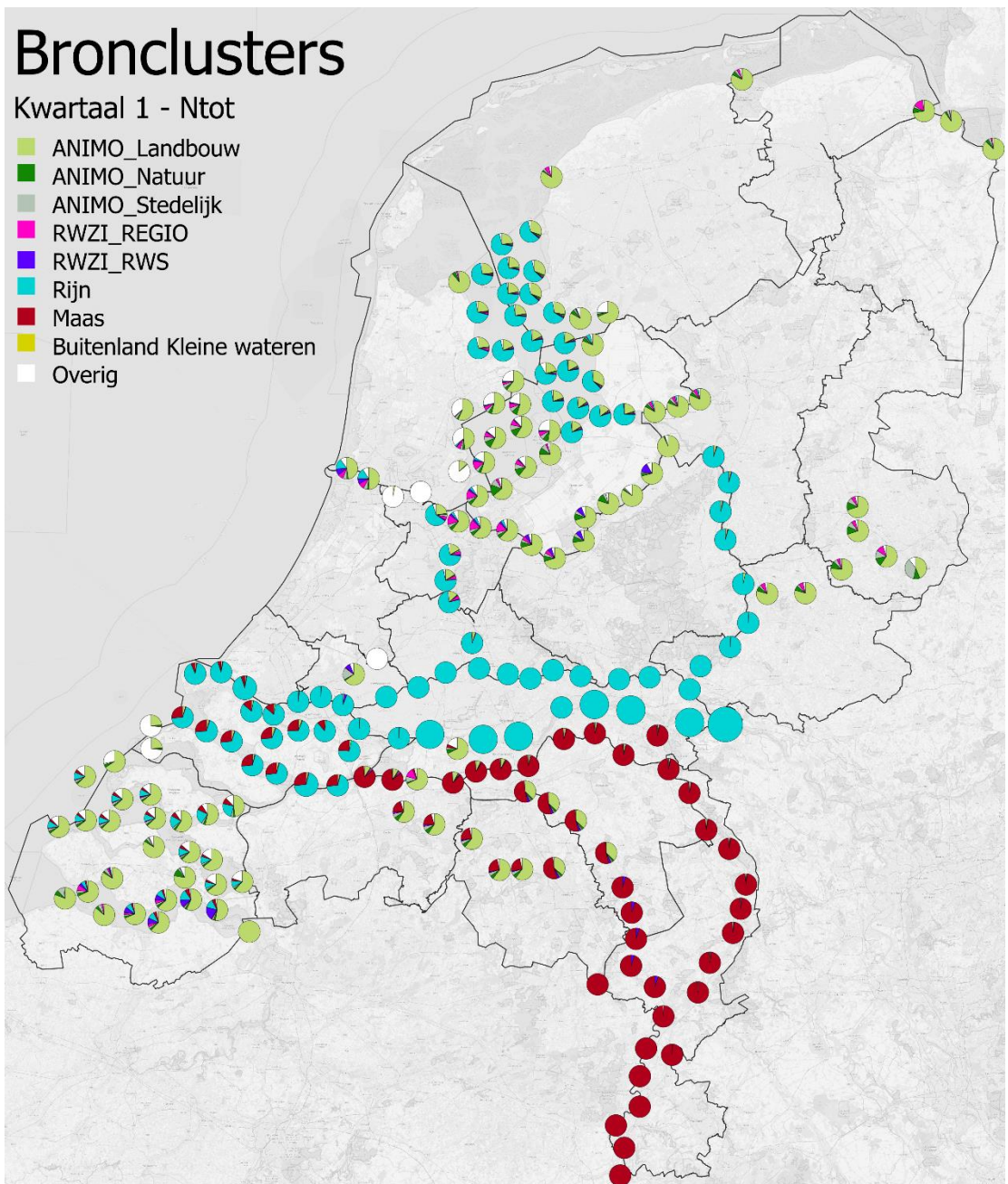
Beschrijving emissiebron	Korte naam
Emissies vanuit uit- en afspoeling landbouwbodems	ANIMO_landbouw
Emissies vanuit uit- en afspoeling natuurbodems	ANIMO_natuur
Emissies vanuit uit- en afspoeling stedelijke bodems	ANIMO_stedelijk
RWZI effluent lozend op regionaal water	RWZI_regio
RWZI effluent lozend op rijkswater	RWZI_RWS
Aanvoer vanuit de Rijn bij Lobith	Rijn
Aanvoer vanuit de Maas bij Eijsden	Maas
Overige grensoverschrijdende wateren	Buitenlandse kleine wateren
Overige bronnen die niet in één van bovenstaande categorieën vallen. (o.a. atmosferische depositie, inrichtingsmaatregelen, Industrie, regenwaterriolen ...)	Overige bronnen

De uitkomsten zijn zowel ruimtelijk als in de tijd weergegeven in diagrammen en kaarten. De getoonde figuren dienen als voorbeelden van uitsneden van de resultaten. Om de informatie niet plat te slaan is deze nog beschikbaar op het kleinste mogelijk niveau. De resultaten kunnen op meerdere manieren inzichtelijk worden gemaakt en zijn beschikbaar op een interactieve kaart en in een dynamisch Excel-bestand (TE_Bronnenanalyse_RWS_referentie-2027_N.xlsx). Het Excel-bestand is als aparte bijlage bij deze rapportage bijgevoegd en de interactieve kaart kan, wanneer gewenst, aan RWS worden uitgeleverd. Het LKM rekent op 'nodes', dat is een meer gedetailleerd niveau dan de KRW-waterlichamen. Indien gewenst kunnen de nodes worden geaggregeerd naar waterlichamen.

2.2 Resultaten

De resultaten tonen dat de bijdrage van verschillende emissiebronnen op nationaal niveau sterk varieert. Bovendien zijn er aanzienlijke verschillen in de emissiebronsamenstelling tussen de vier periodes binnen het jaar (het LKM rekent per kwartaal). Ook ruimtelijk gezien zijn er grote variaties in de bijdragen van de verschillende emissiebronnen. Zelfs binnen individuele waterlichamen kunnen de emissiebronsamenstellingen tussen de rekennodes verschillen.

Een doorsnede van de resultaten is getoond in de figuren hieronder waar elke rekennode is weergegeven met een taartdiagram dat de relatieve bijdragen van de emissiebronnen voor die specifieke node toont (Figuur 2.1 en Figuur 2.10). Deze kaarten geven een overzicht van het landelijke beeld, terwijl meer gedetailleerde informatie te verkrijgen is door in te zoomen op een interactieve kaart. De grootte van de bolletjes in de figuren is indicatief voor de totale vracht die door dat punt stroomt; dit komt het meest tot zijn recht op een interactieve kaart.

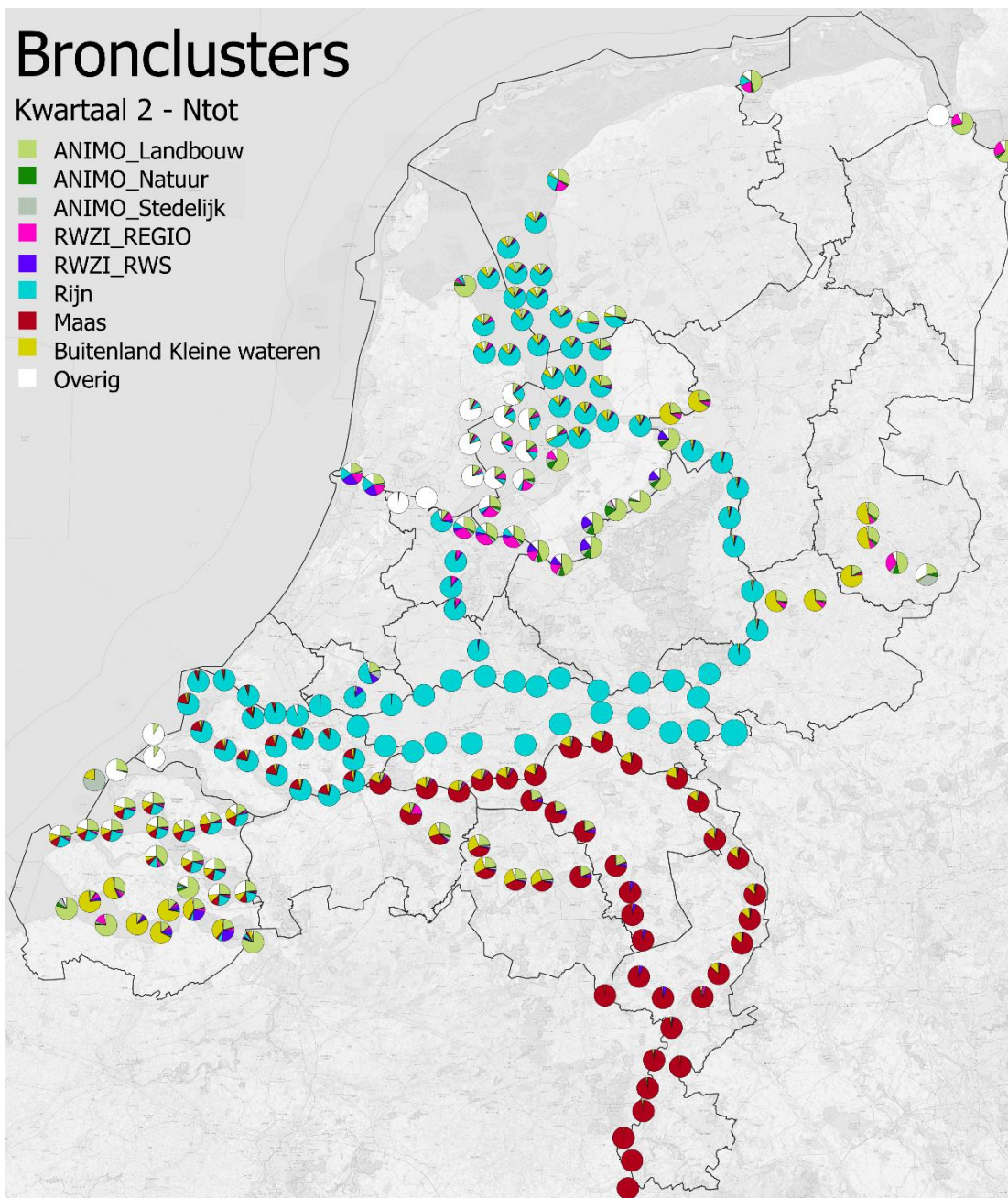


Figuur 2.1 Taartdiagrammen van Rijkswaterstaat-rekennodes die de verdeling van totaal stikstof per broncluster visualiseren in kwartaal 1. De verschillende segmenten vertegenwoordigen bijdragen van meerdere bronclusters, zoals uitspoeling vanuit ANIMO, rivieren en RWZI's.

Bronclusters

Kwartaal 2 - Ntot

- ANIMO_Landbouw
- ANIMO_Natuur
- ANIMO_Stedelijk
- RWZI_REGIO
- RWZI_RWS
- Rijn
- Maas
- Buitenland Kleine wateren
- Overig

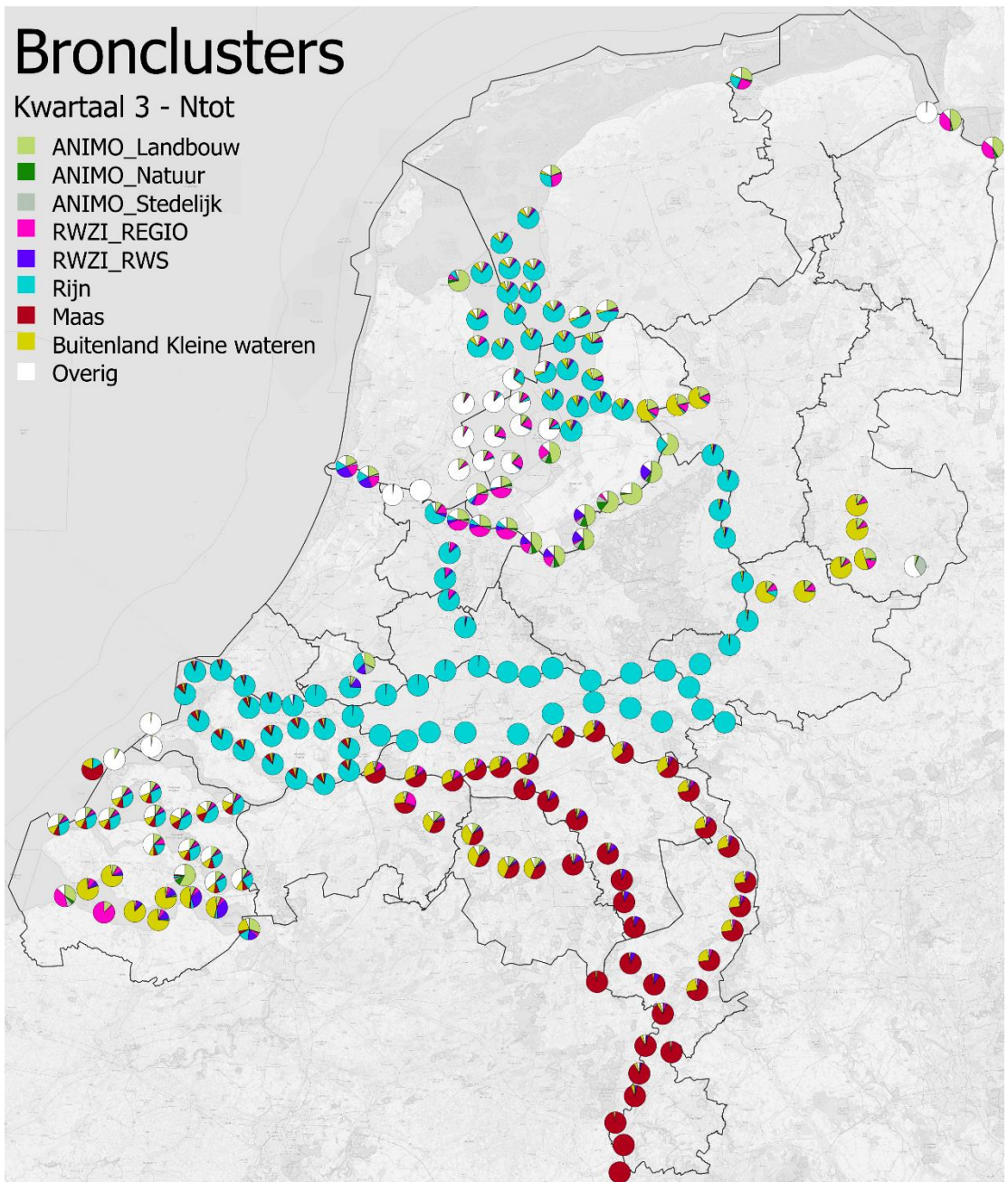


Figuur 2.2 Taartdiagrammen van Rijkswaterstaat-rekennodes die de verdeling van totaal stikstof per broncluster visualiseren in kwartaal 2. De verschillende segmenten vertegenwoordigen bijdragen van meerdere bronclusters, zoals uitspoeling vanuit ANIMO, rivieren en RWZI's.

Bronclusters

Kwartaal 3 - Ntot

- ANIMO_Landbouw
- ANIMO_Natuur
- ANIMO_Stedelijk
- RWZI_REGIO
- RWZI_RWS
- Rijn
- Maas
- Buitenland Kleine wateren
- Overig

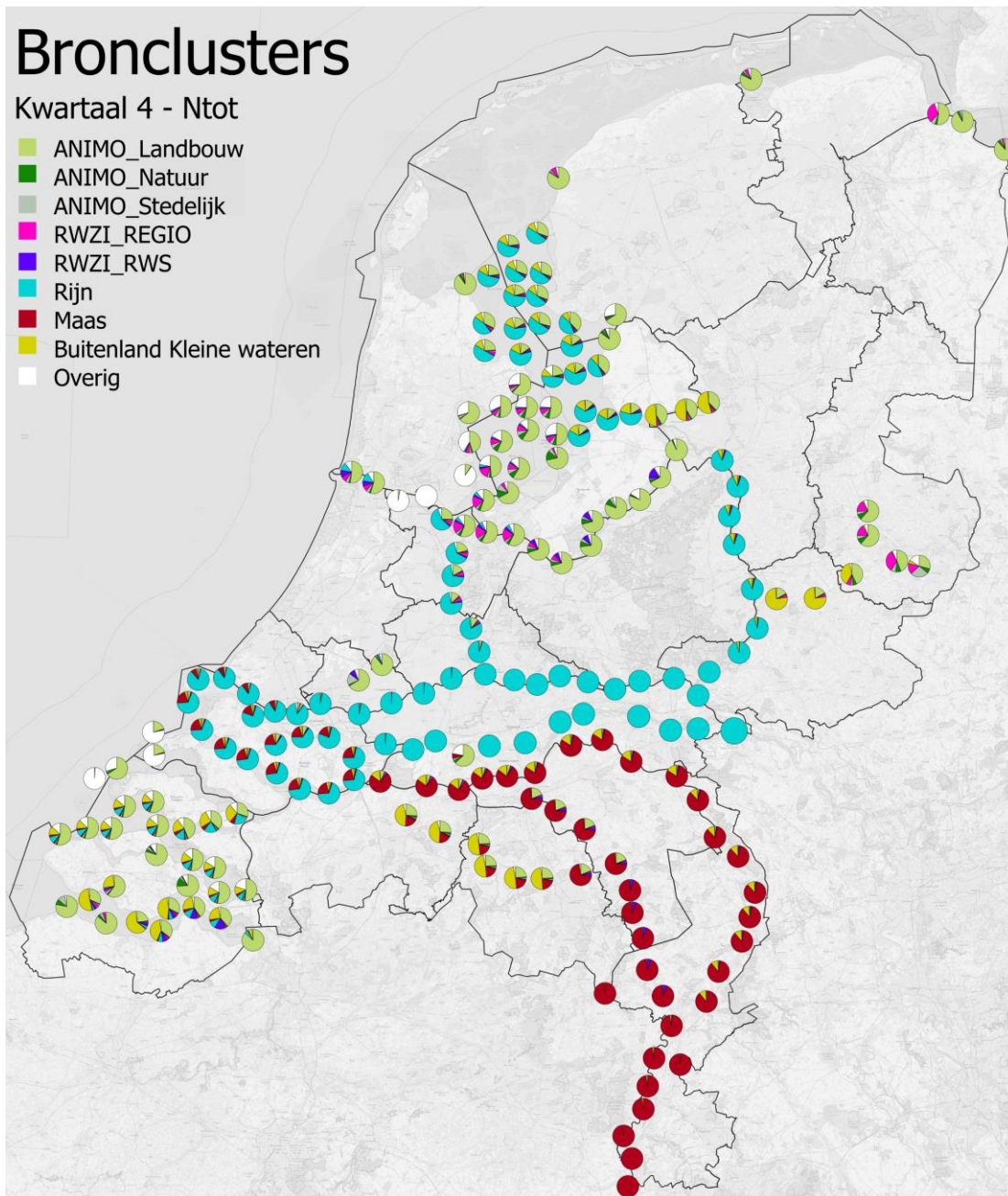


Figuur 2.3 Taartdiagrammen van Rijkswaterstaat-rekennodes die de verdeling van totaal stikstof per broncluster visualiseren in kwartaal 3. De verschillende segmenten vertegenwoordigen bijdragen van meerdere bronclusters, zoals uitspoeling vanuit ANIMO, rivieren en RWZI's.

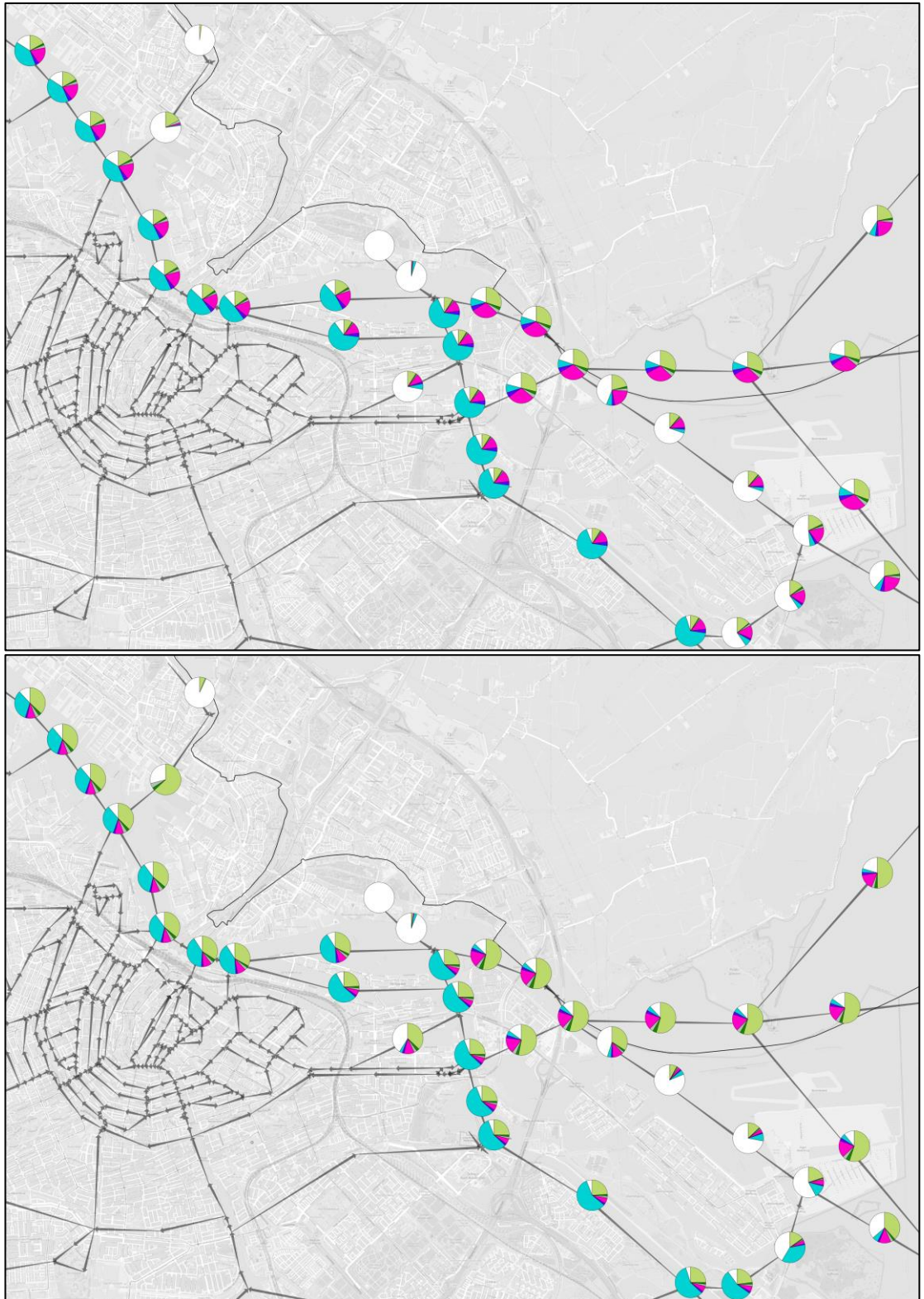
Bronclusters

Kwartaal 4 - Ntot

- ANIMO_Landbouw
- ANIMO_Natuur
- ANIMO_Stedelijk
- RWZI_REGIO
- RWZI_RWS
- Rijn
- Maas
- Buitenland Kleine wateren
- Overig



Figuur 2.4 Taartdiagrammen van Rijkswaterstaat-rekennodes die de verdeling van totaal stikstof per broncluster visualiseren in kwartaal 4. De verschillende segmenten vertegenwoordigen bijdragen van meerdere bronclusters, zoals uitspoeling vanuit ANIMO, rivieren en RWZI's.

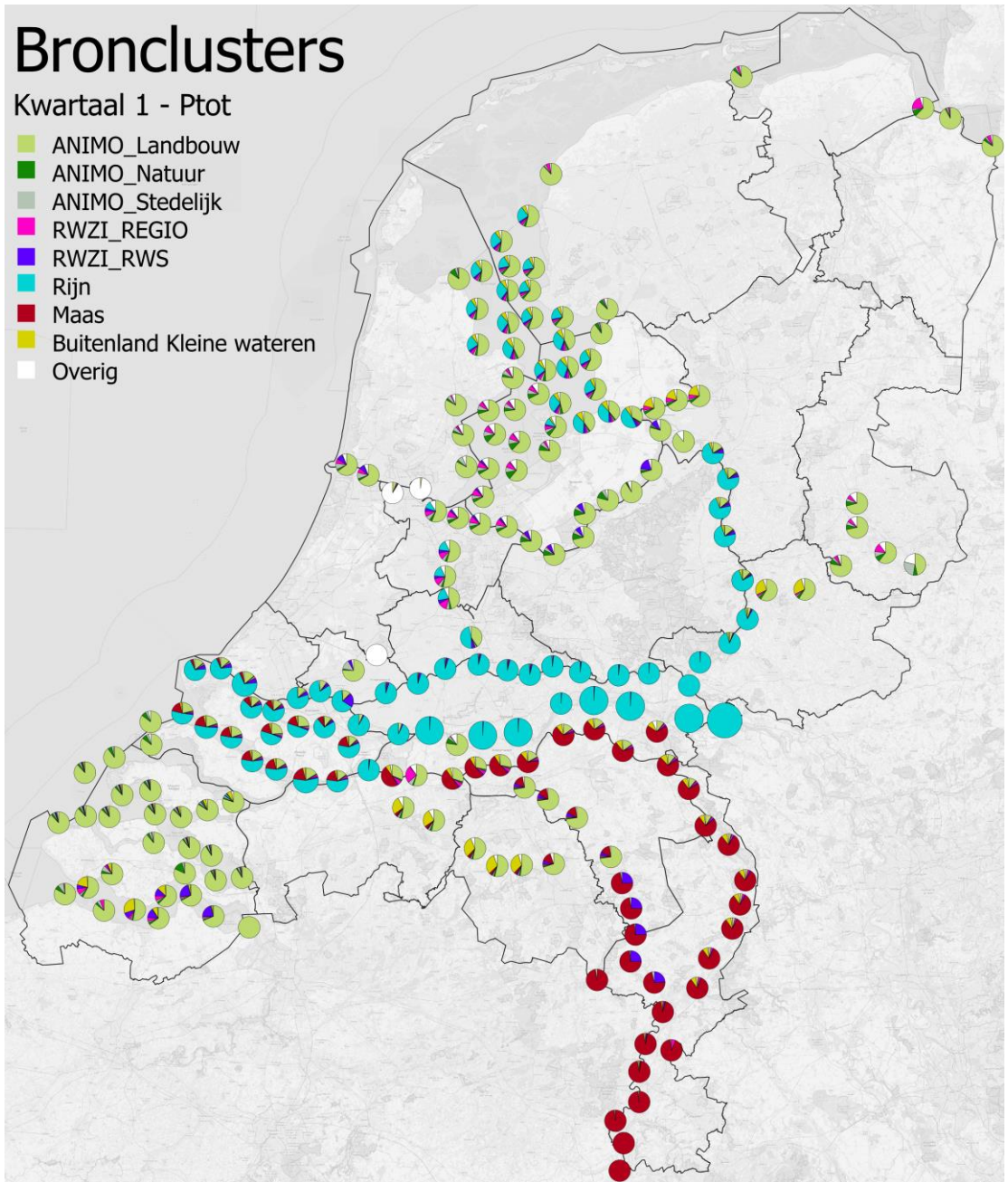


Figuur 2.5 Taartdiagrammen van Rijkswaterstaat-rekennodes die de verdeling van totaal stikstof per broncluster visualiseren in kwartaal 2 (boven) en kwartaal 4 (onder). De verschillende segmenten vertegenwoordigen bijdragen van meerdere bronclusters, zoals uitspoeling vanuit ANIMO, rivieren en RWZI's. Ingezoomd rond Amsterdam om de lokale verschillen inzichtelijk te maken.

Bronclusters

Kwartaal 1 - Ptot

- ANIMO_Landbouw
- ANIMO_Natuur
- ANIMO_Stedelijk
- RWZI_REGIO
- RWZI_RWS
- Rijn
- Maas
- Buitenland Kleine wateren
- Overig

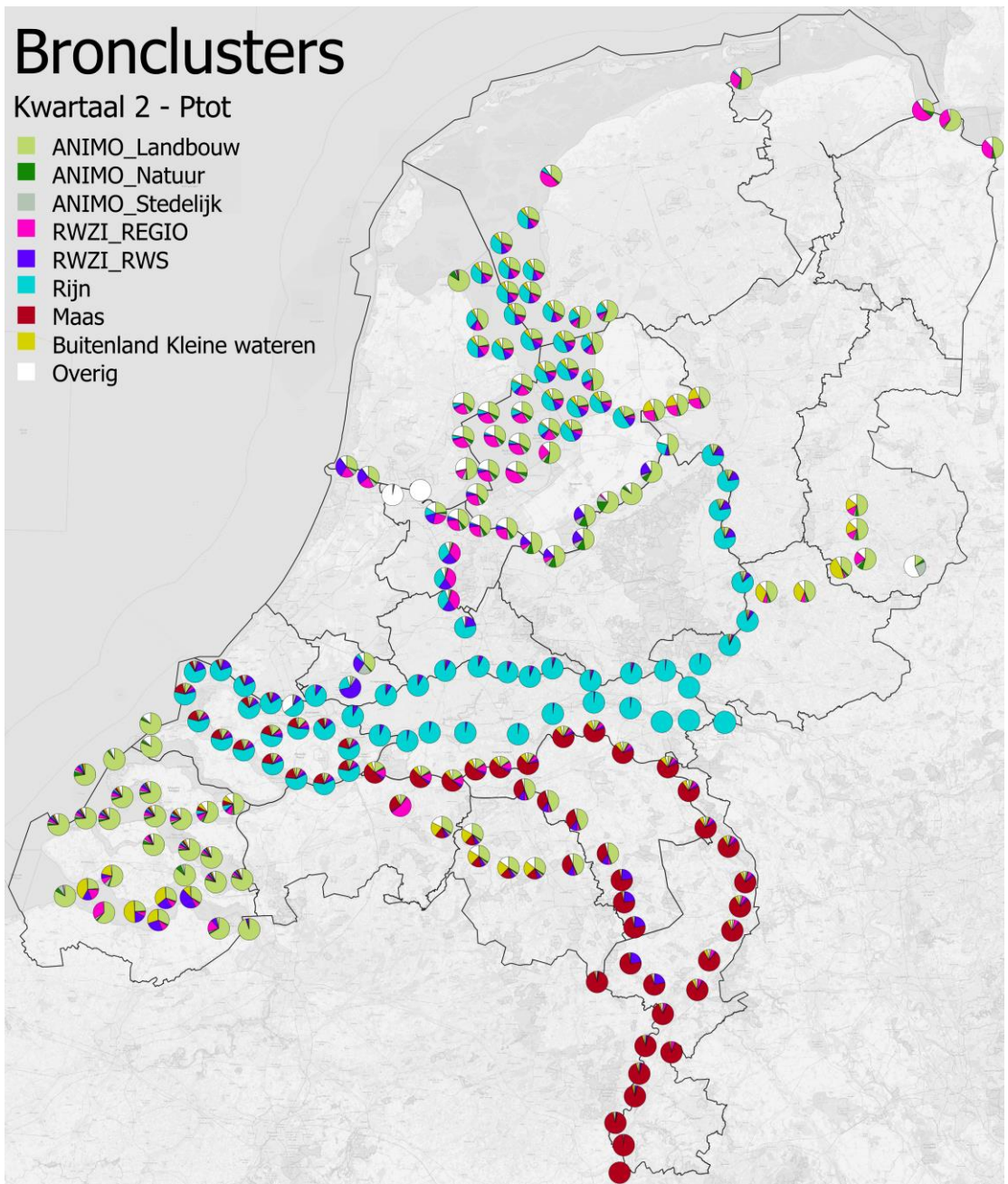


Figuur 2.6 Taartdiagrammen van Rijkswaterstaat-rekennodes die de verdeling van totaal fosfor per broncluster visualiseren in kwartaal 1. De verschillende segmenten vertegenwoordigen bijdragen van meerdere bronclusters, zoals uitspoeling vanuit ANIMO, rivieren en RWZI's.

Bronclusters

Kwartaal 2 - Ptot

- ANIMO_Landbouw
- ANIMO_Natuur
- ANIMO_Stedelijk
- RWZI_REGIO
- RWZI_RWS
- Rijn
- Maas
- Buitenland Kleine wateren
- Overig

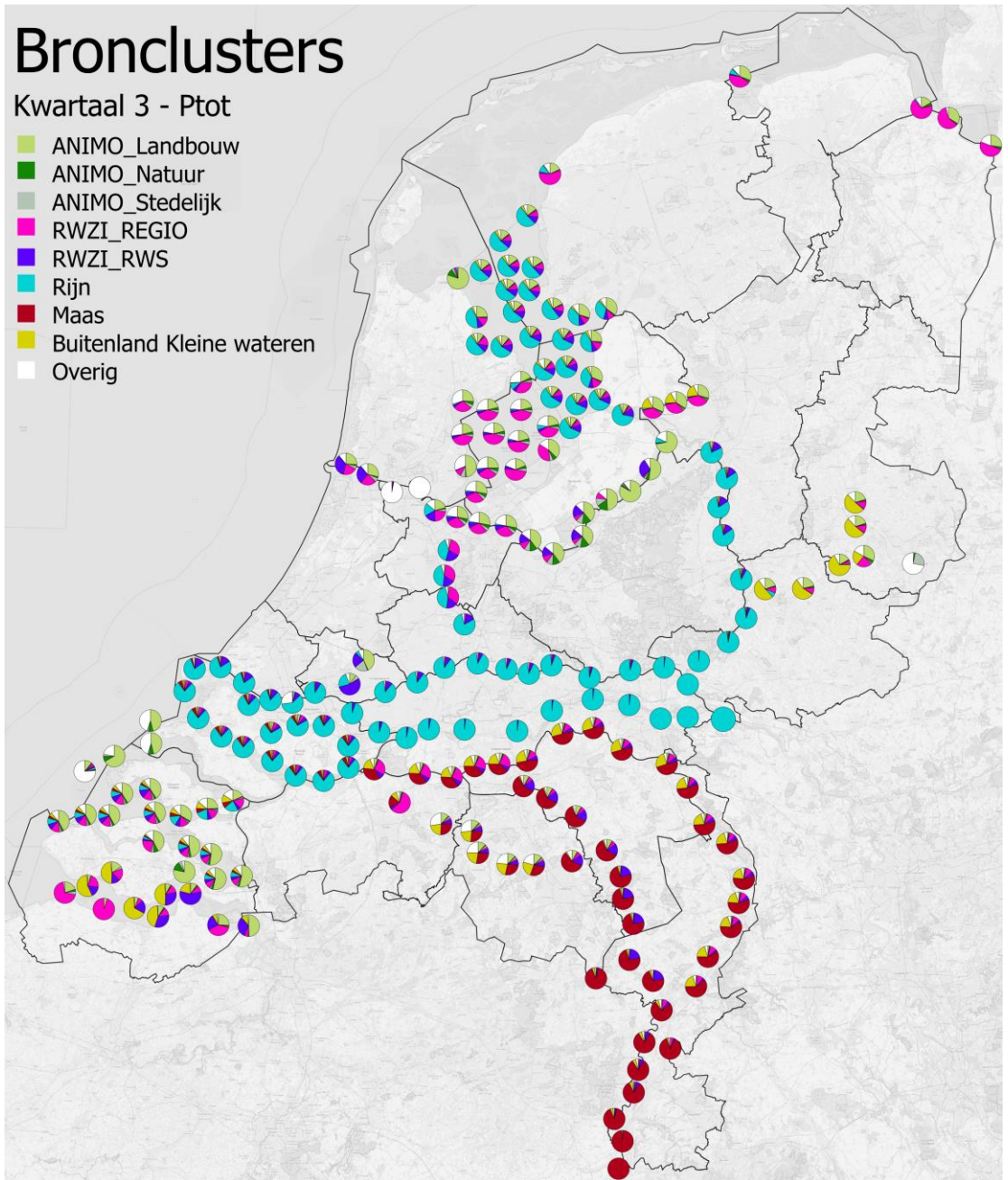


Figuur 2.7 Taartdiagrammen van Rijkswaterstaat-rekennodes die de verdeling van totaal fosfor per broncluster visualiseren in kwartaal 2. De verschillende segmenten vertegenwoordigen bijdragen van meerdere bronclusters, zoals uitspoeling vanuit ANIMO, rivieren en RWZI's.

Bronclusters

Kwartaal 3 - Ptot

- ANIMO_Landbouw
- ANIMO_Natuur
- ANIMO_Stedelijk
- RWZI_REGIO
- RWZI_RWS
- Rijn
- Maas
- Buitenland Kleine wateren
- Overig

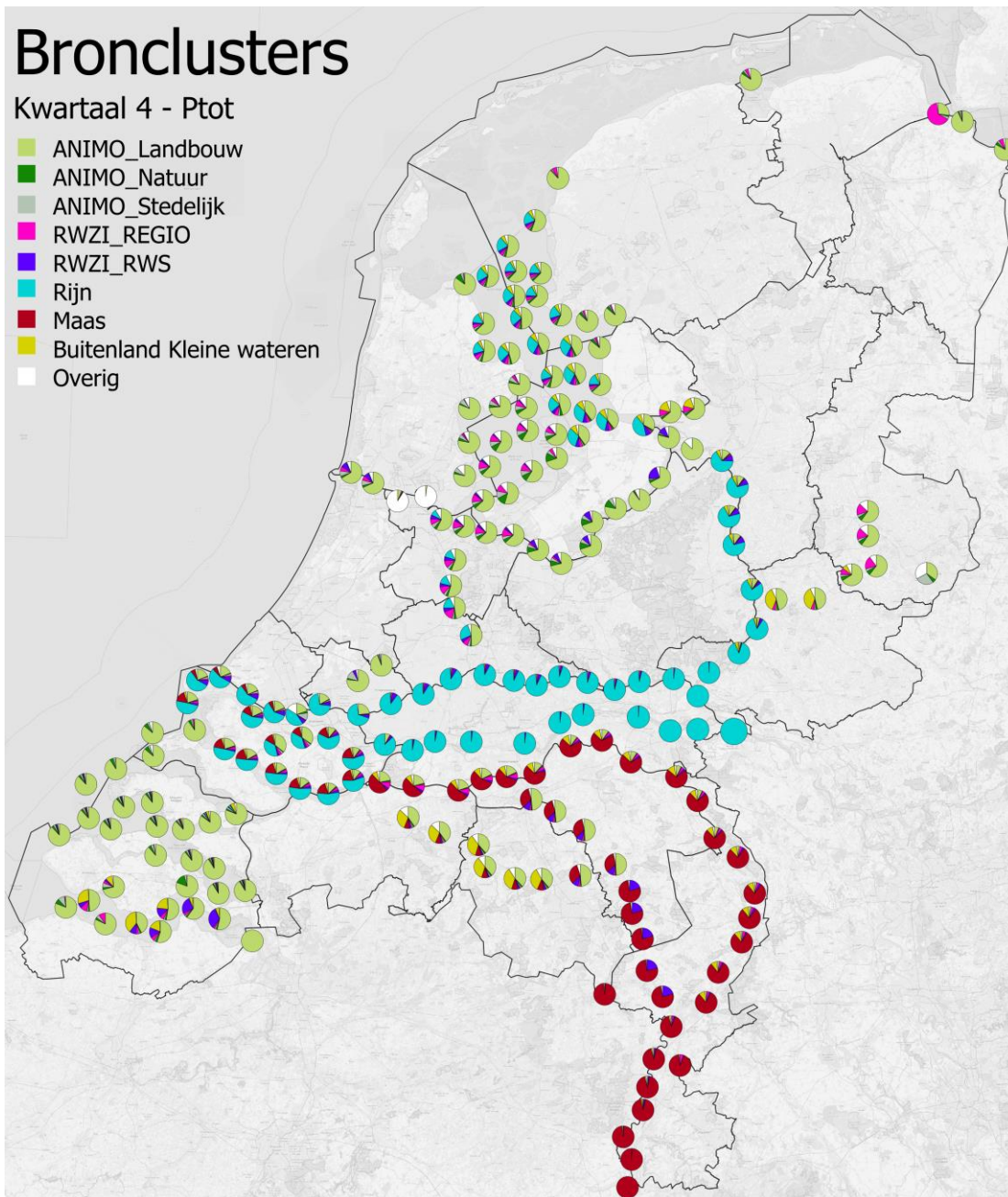


Figuur 2.8 Taartdiagrammen van Rijkswaterstaat-rekennodes die de verdeling van totaal fosfor per broncluster visualiseren in kwartaal 3. De verschillende segmenten vertegenwoordigen bijdragen van meerdere bronclusters, zoals uitspoeling vanuit ANIMO, rivieren en RWZI's.

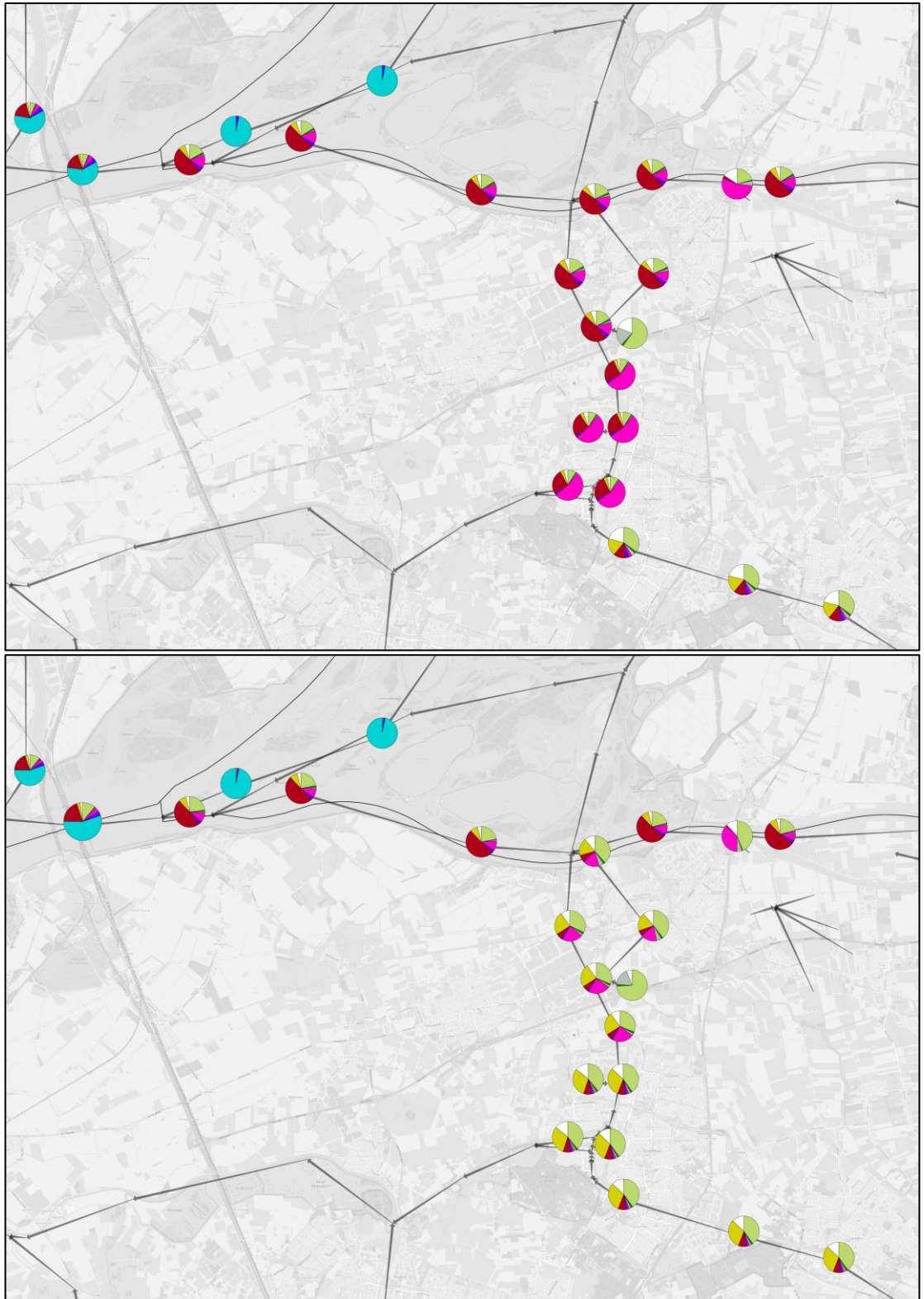
Bronclusters

Kwartaal 4 - Ptot

- ANIMO_Landbouw
- ANIMO_Natuur
- ANIMO_Stedelijk
- RWZI_REGIO
- RWZI_RWS
- Rijn
- Maas
- Buitenland Kleine wateren
- Overig



Figuur 2.9 Taartdiagrammen van Rijkswaterstaat-rekennodes die de verdeling van totaal fosfor per broncluster visualiseren in kwartaal 4.. De verschillende segmenten vertegenwoordigen bijdragen van meerdere bronclusters, zoals uitspoeling vanuit ANIMO, rivieren en RWZI's.



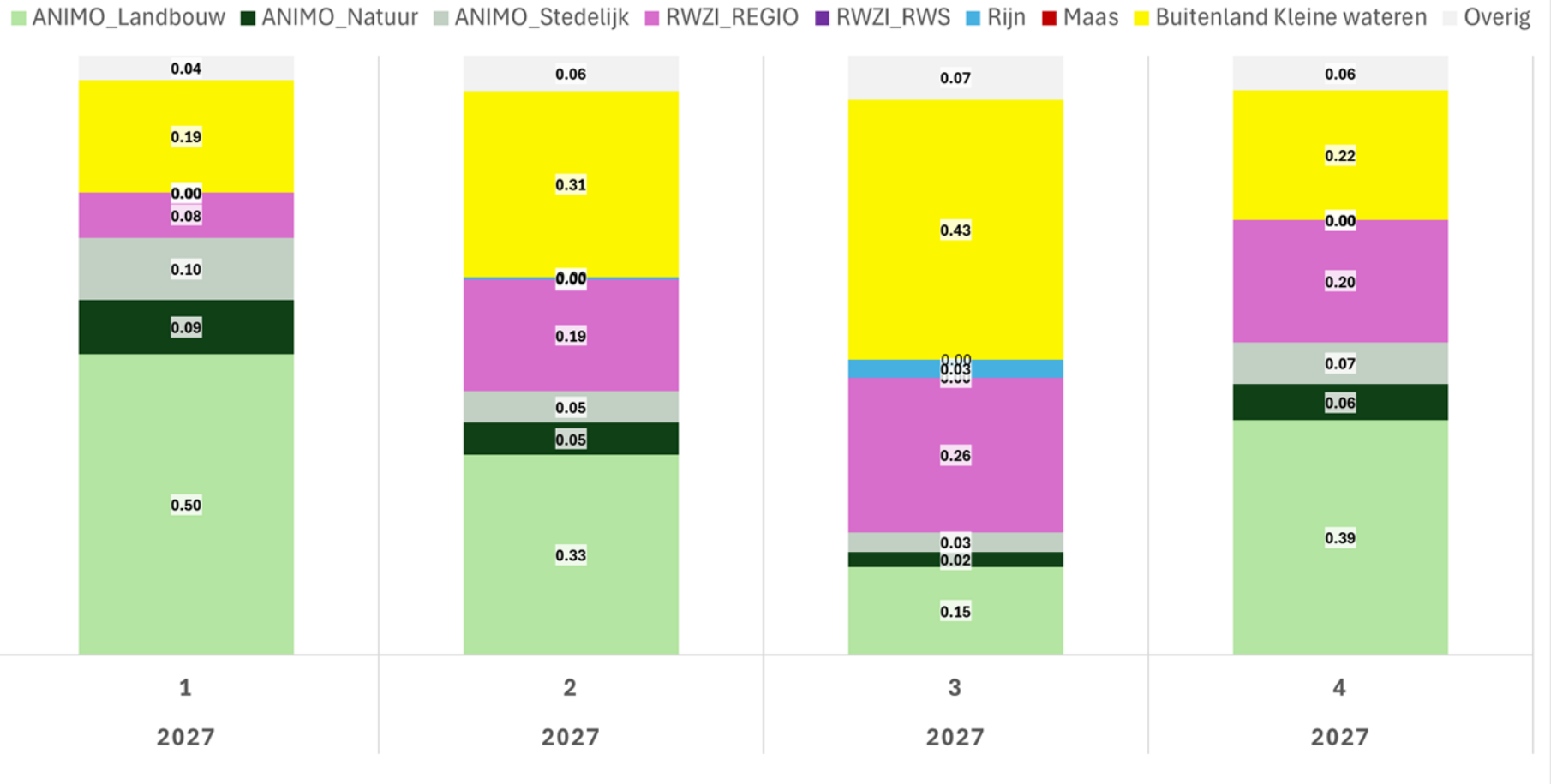
Figuur 2.10 Taartdiagrammen van Rijkswaterstaat-rekennodes die de verdeling van totaal fosfor per broncluster visualiseren in kwartaal 2 (boven) en kwartaal 4 (onder). De verschillende segmenten vertegenwoordigen bijdragen van meerdere bronclusters, zoals uitspoeling vanuit ANIMO, rivieren en RWZI's. Ingezoomd rond het zuiden van de Biesbosch om de lokale verschillen inzichtelijk te maken.

2.2.1 Inzicht per waterlichaam door het opbossen van de rekennodes

De bijdragen per waterlichaam verschillen onderling in zowel de emissiebronsamenstelling als qua samenstelling tussen de kwartalen. Binnen een waterlichaam kan het bovendien zijn dat de emissiebronsamenstelling varieert tussen de rekennodes die worden gebruikt ter aggregatie tot waterlichaamniveau. Deze geaggregeerde gegevens zijn weergegeven in een Excel-bestand waarin actief de verschillende waterlichamen geanalyseerd kunnen worden. In dit bestand zijn drie opties weergegeven die elk een andere doorsnede van de resultaten tonen. Ten eerste, de percentuele bijdrage per bron die niet vracht-gewogen is. Met andere woorden, elke rekennode telt even zwaar mee ongeacht de vracht die hier wordt berekend. Ten tweede, de percentuele bijdrage per bron die wel vracht-gewogen is. Hierbij wordt wel rekening gehouden met het feit dat verschillende rekennodes binnen een waterlichaam een verschillende bijdrage leveren aan de totale vracht. Waardoor rekennodes met grotere bijdragen aan het waterlichaam zwaarder meetellen in de aggregatie. Als laatste, de absolute bijdrage per bron om iets te kunnen zeggen over de absolute vracht die via deze bron het oppervlaktewater instroomt.

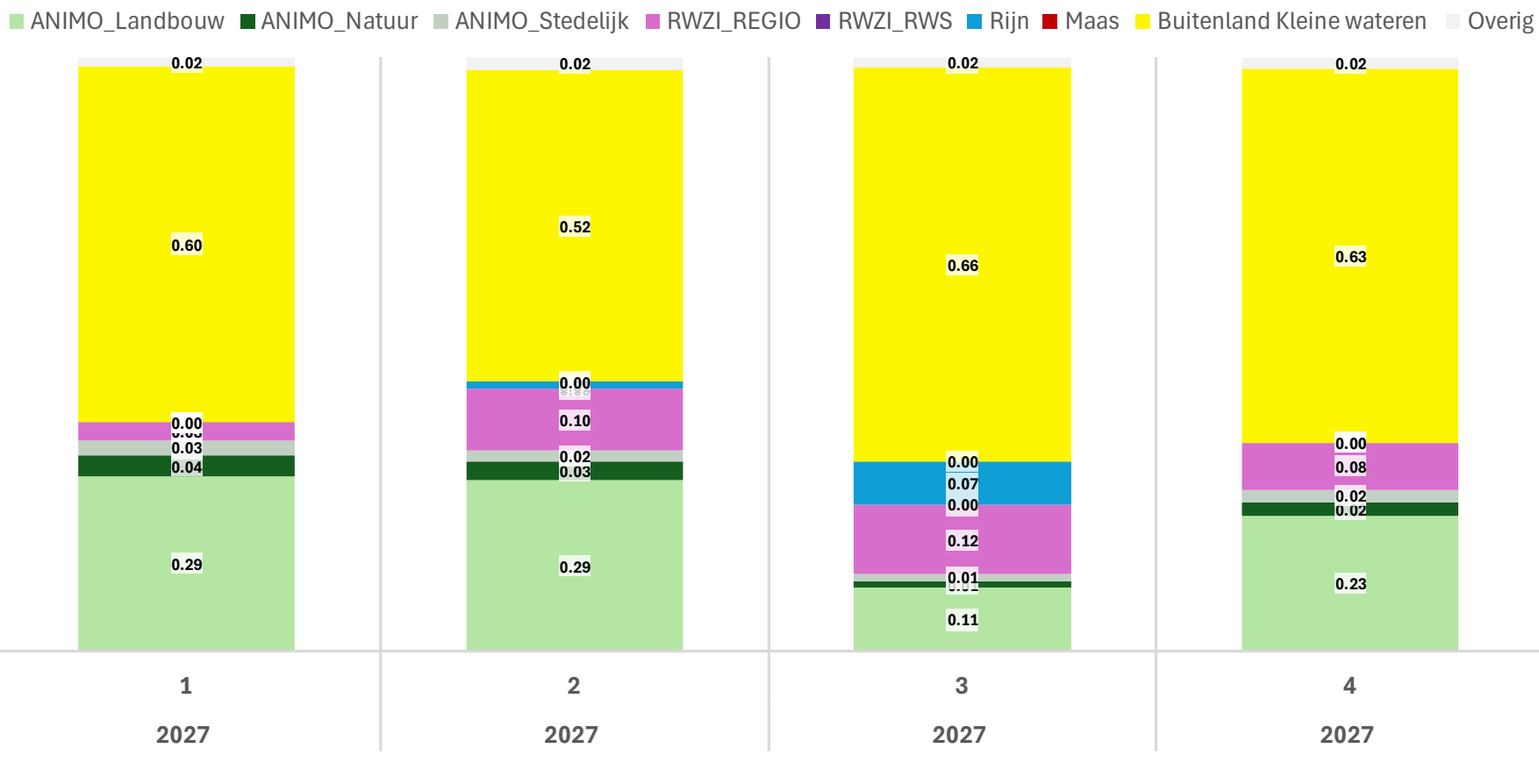
Hieronder worden drie voorbeelden van Rijkswateren gepresenteerd: Twenthekanalen, Markermeer en Hollandsche IJssel. Voor elk van deze waterlichamen zijn drie figuren beschikbaar: de percentuele bijdrage per bron niet vracht-gewogen, percentuele bijdrage per bron vracht-gewogen en de absolute bijdrage per bron (Figuur 2.11 t/m Figuur 2.19). De kleine getallen in de staafdiagrammen zijn soms lastig te lezen, in het Excel-bestand is dit allemaal aan te passen naar wens.

Percentuele bijdrage per bron stikstof niet vracht-gewogen



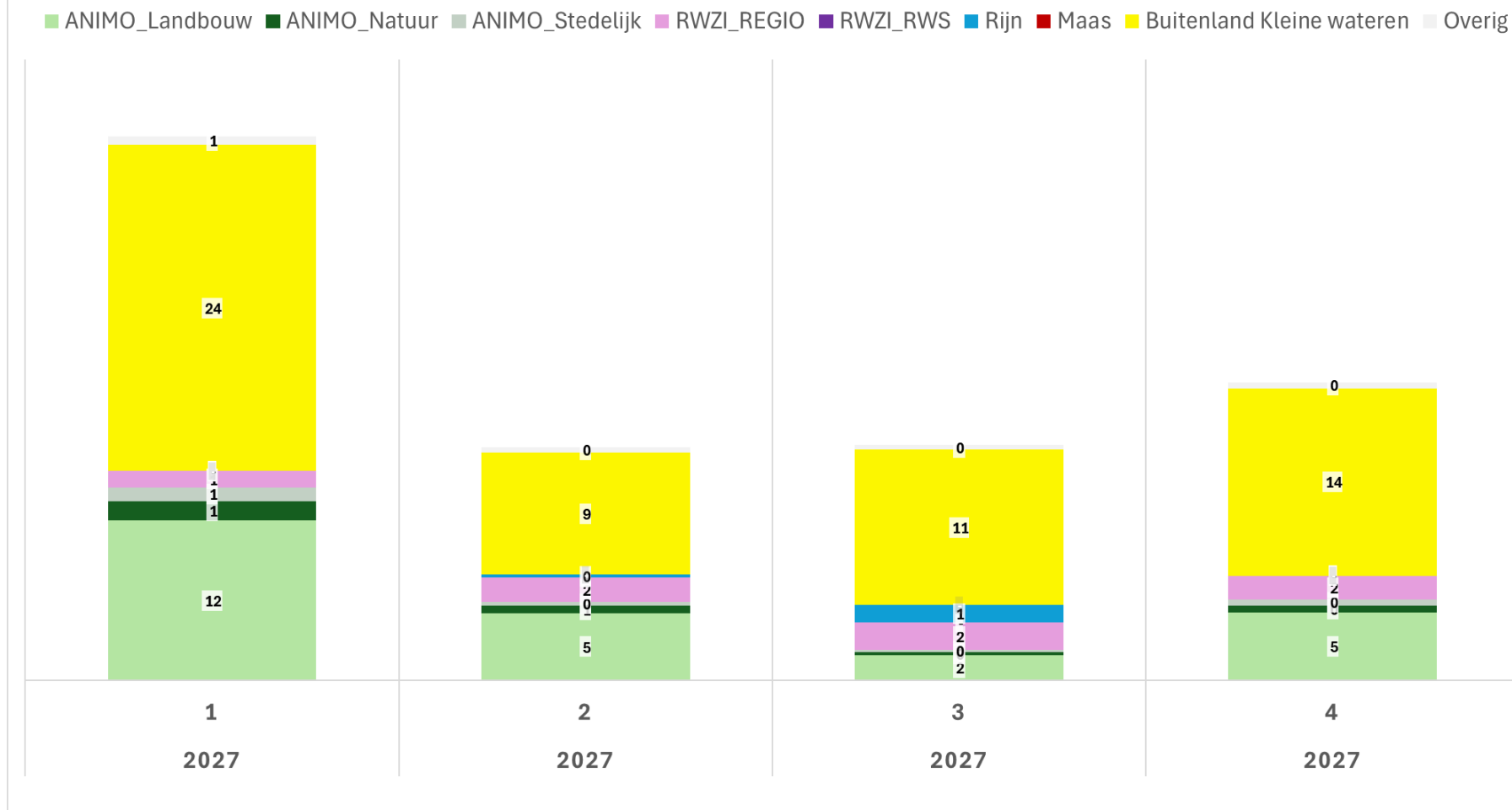
Figuur 2.11 Twenthekanalen niet vracht-gewogen relatieve bijdrage van de emissiebronnen voor stikstof in de vier kwartalen voor "Referentie 2027".

Percentuele bijdrage stikstof per bron vracht-gewogen



Figuur 2.12 Twenthekanalen vracht-gewogen relatieve bijdrage van de emissiebronnen voor stikstof in de vier kwartalen voor "Referentie 2027".

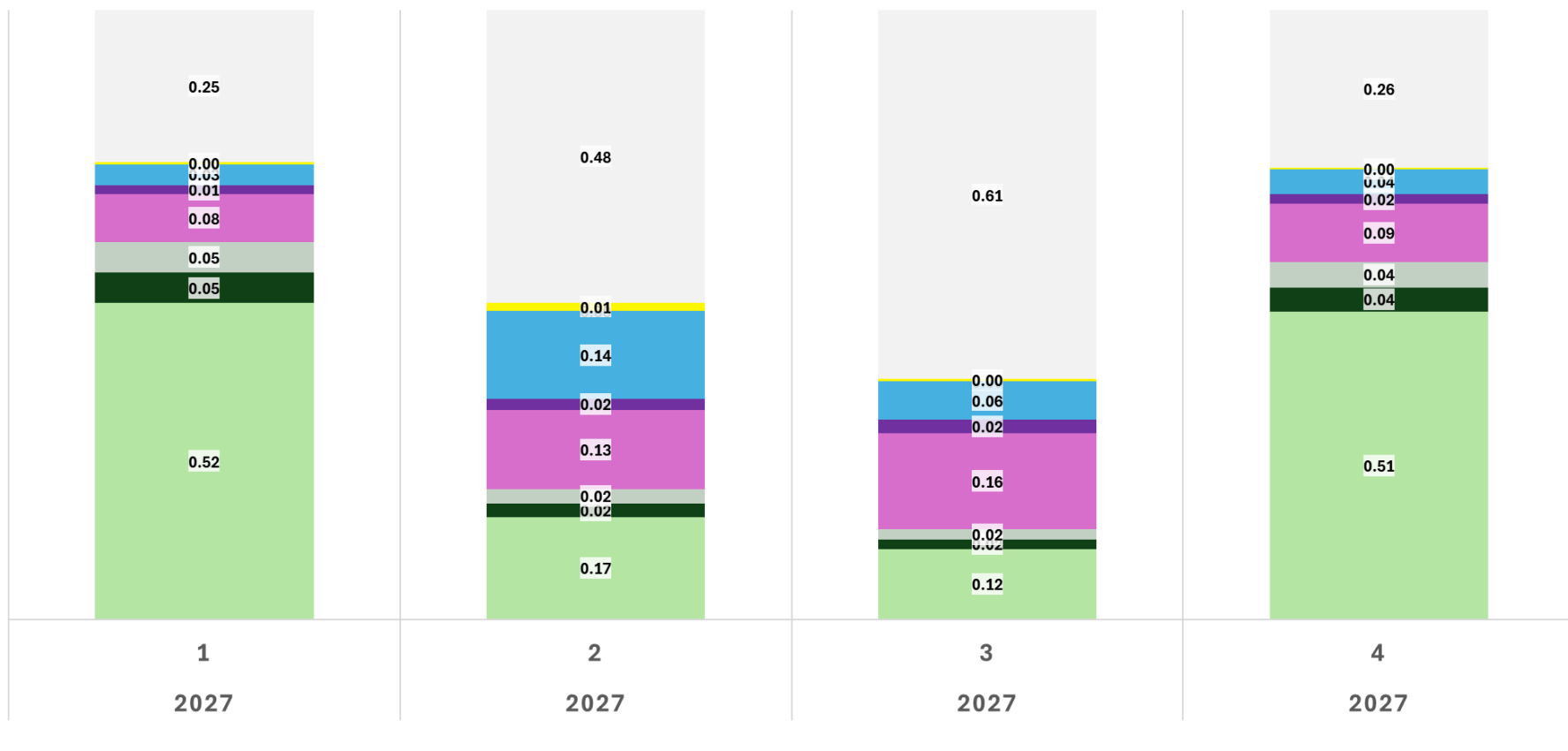
Absolute bijdrage stikstof per bron



Figuur 2.13 Twenthekanalen absolute bijdrage van de emissiebronnen voor stikstof in de vier kwartalen voor "Referentie 2027".

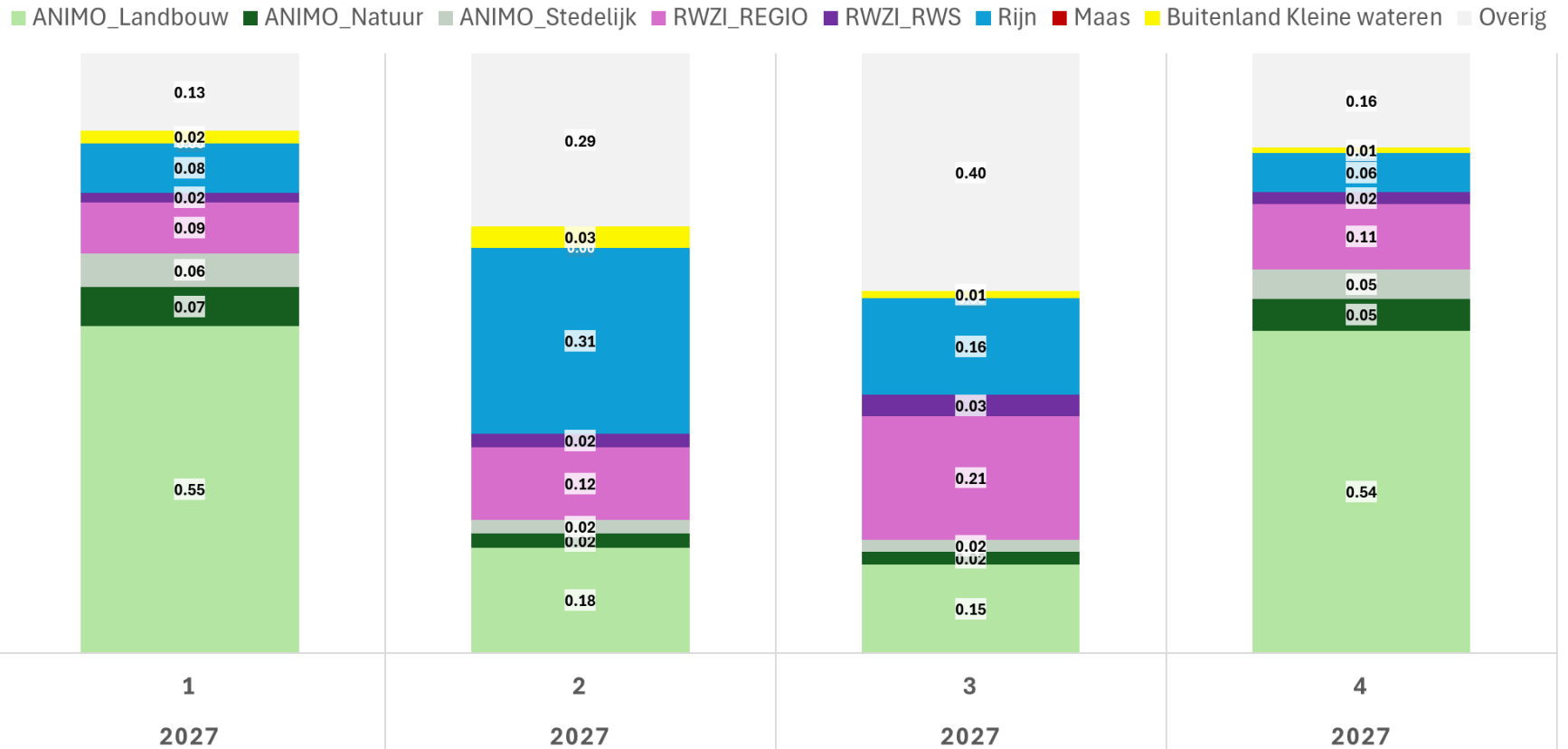
Percentuele bijdrage per bron stikstof niet vracht-gewogen

ANIMO_Landbouw ANIMO_Natuur ANIMO_Stedelijk RWZI_REGIO RWZI_RWS Rijn Maas Buitenland Kleine wateren Overig



Figuur 2.14 Markermeer niet vracht-gewogen relatieve bijdrage van de emissiebronnen voor stikstof in de vier kwartalen voor "Referentie 2027".

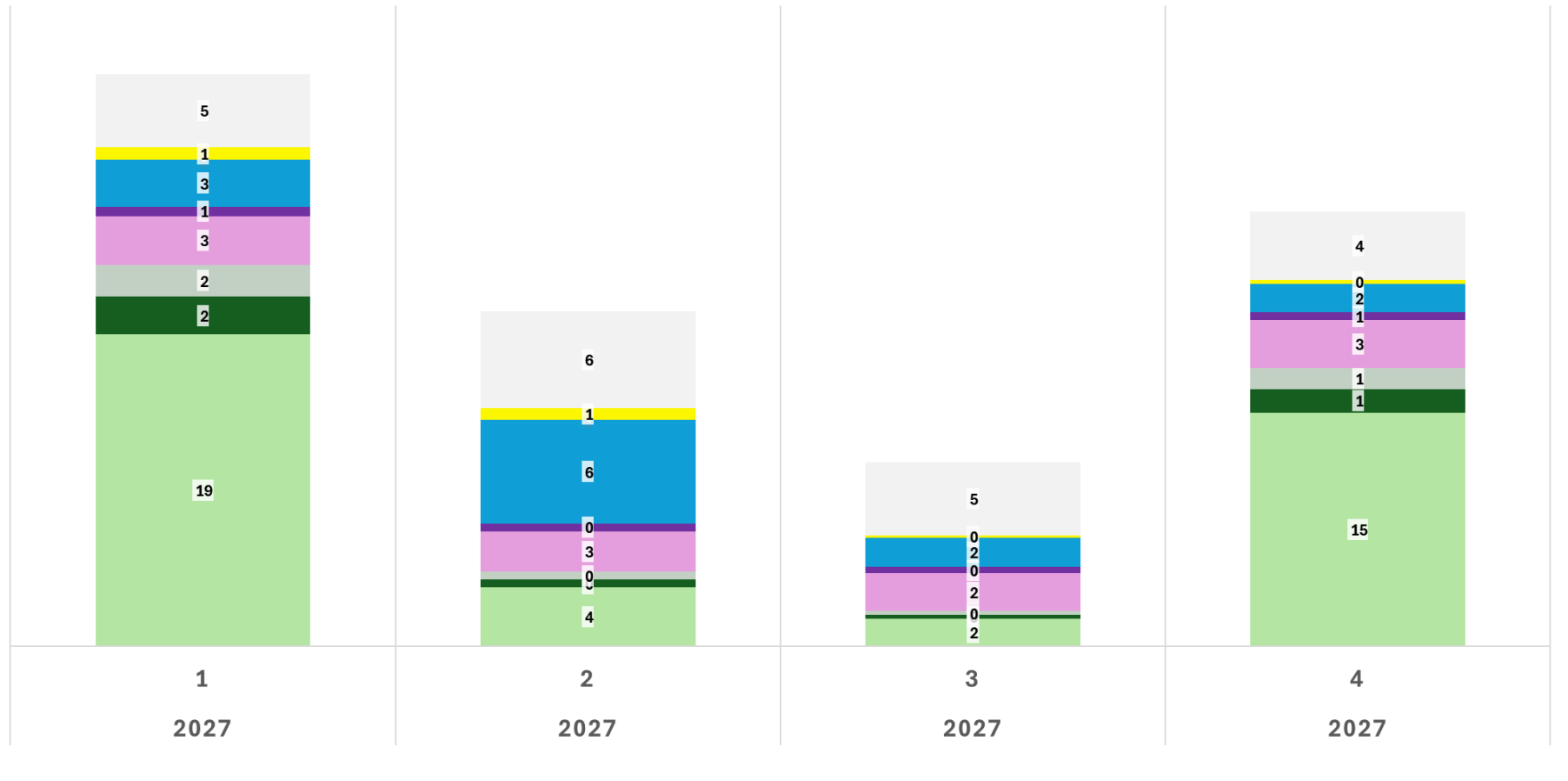
Percentuele bijdrage stikstof per bron vracht-gewogen



Figuur 2.15 Markermeer vracht-gewogen relatieve bijdrage van de emissiebronnen voor stikstof in de vier kwartalen voor "Referentie 2027".

Absolute bijdrage stikstof per bron

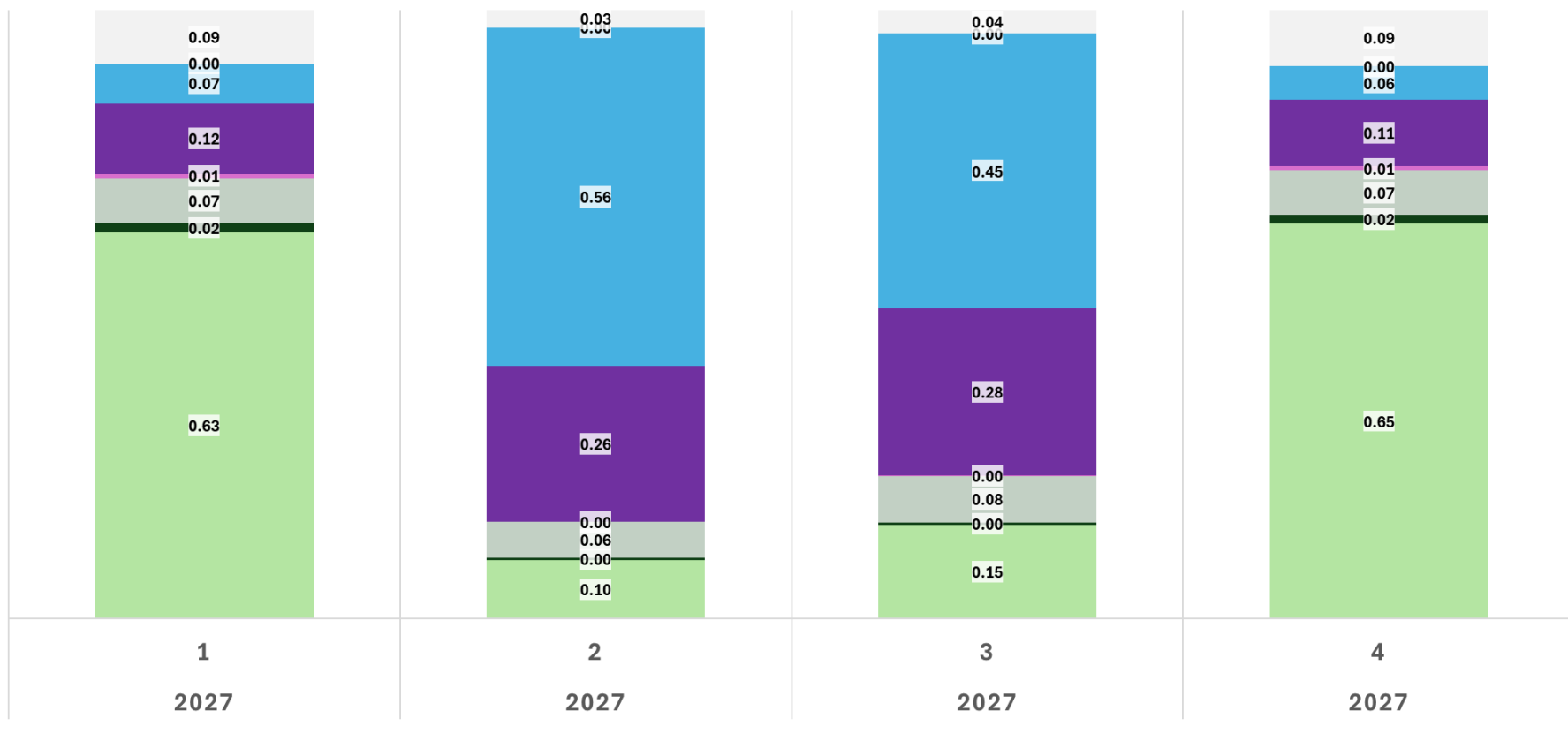
ANIMO_Landbouw ANIMO_Natuur ANIMO_Stedelijk RWZI_REGIO RWZI_RWS Rijn Maas Buitenland Kleine wateren Overig



Figuur 2.16 Markermeer absolute bijdrage van de emissiebronnen voor stikstof in de vier kwartalen voor "Referentie 2027"

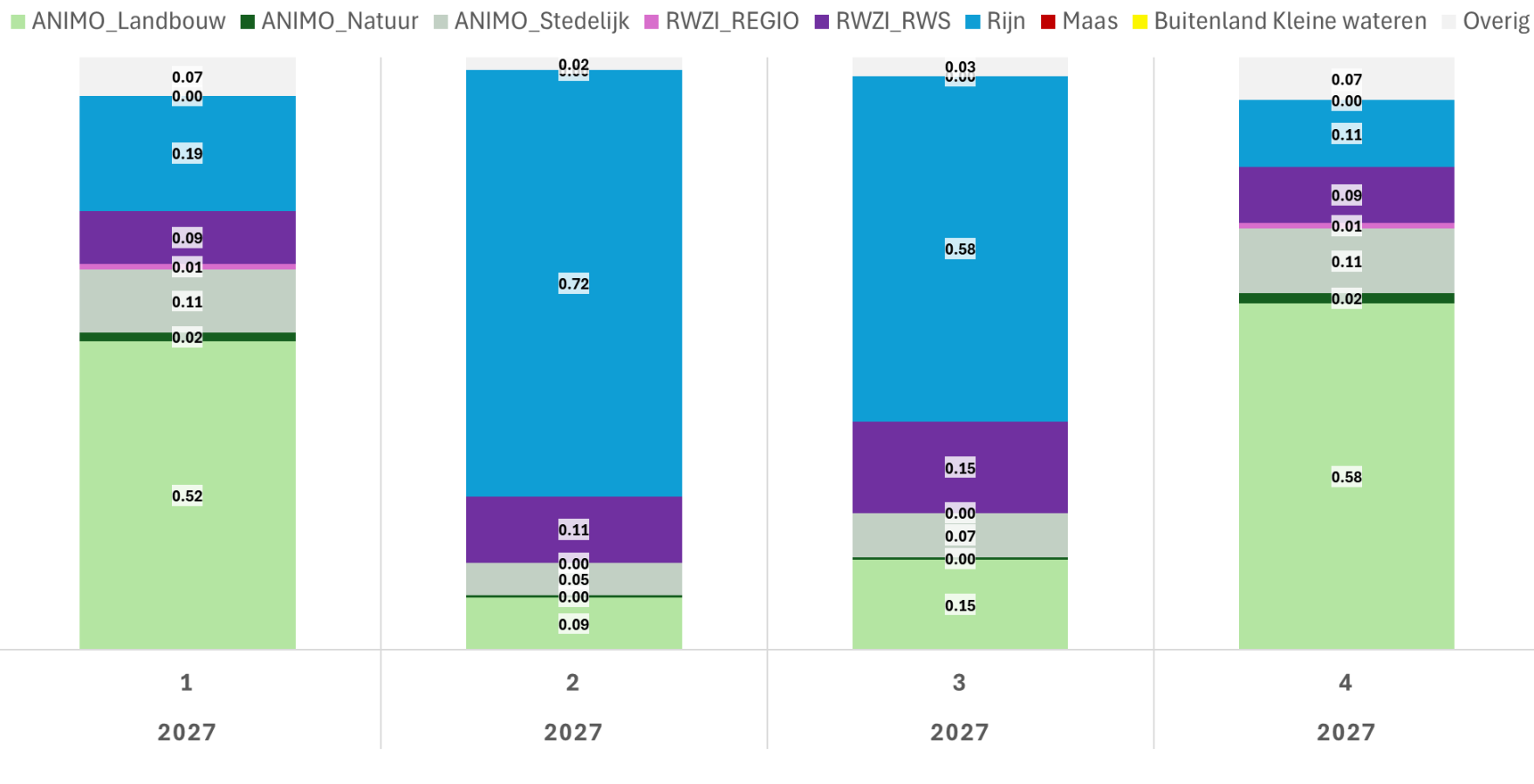
Percentuele bijdrage per bron stikstof niet vracht-gewogen

ANIMO_Landbouw ANIMO_Natuur ANIMO_Stedelijk RWZI_REGIO RWZI_RWS Rijn Maas Buitenland Kleine wateren Overig



Figuur 2.17 Hollandsche IJssel niet vracht-gewogen relatieve bijdrage van de emissiebronnen voor stikstof in de vier kwartalen voor "Referentie 2027".

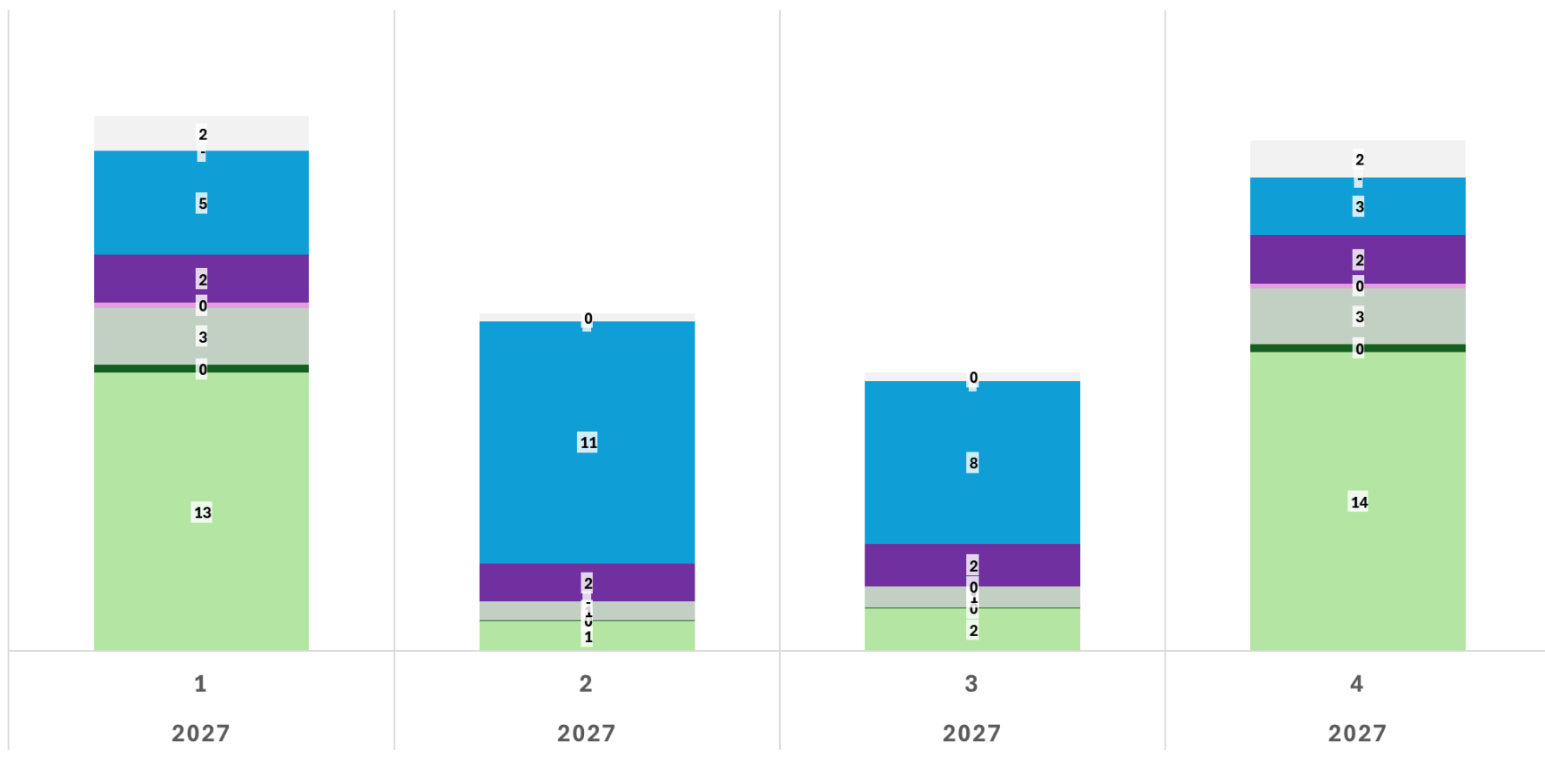
Percentuele bijdrage stikstof per bron vracht-gewogen



Figuur 2.18 Hollandsche IJssel vracht-gewogen relatieve bijdrage van de emissiebronnen voor stikstof in de vier kwartalen voor "Referentie 2027".

Absolute bijdrage stikstof per bron

ANIMO_Landbouw ANIMO_Natuur ANIMO_Stedelijk RWZI_REGIO RWZI_RWS Rijn Maas Buitenland Kleine wateren Overig



Figuur 2.19 Hollandsche IJssel absolute bijdrage van de emissiebronnen voor stikstof in de vier kwartalen voor "Referentie 2027".

Naast de resultaten voor de RWS Rijkswateren zijn de resultaten ook beschikbaar voor de regionale wateren. Deze informatie kan gebruikt worden om op landelijke schaal de bijdrage van bepaalde emissiebronnen inzichtelijk te maken.

2.3 Conclusie

De uitgevoerde bronnenanalyse kan bijdragen aan het inzichtelijk maken van de emissiebronnen die verantwoordelijk kunnen zijn voor het niet halen van de KRW doelen voor nutriënten. De resultaten laten zien dat de bijdrage van meerdere relevante emissiebronnen sterk varieert in tijd en ruimte en biedt tal van aanknopingspunten voor Rijkswaterstaat om zelf gerichte (aanvullende) maatregelen te nemen óf om in overleg te gaan met andere partijen in binnen- of buitenland over de mogelijkheden van het reduceren van de emissies vanuit bepaalde bronnen, emissieroutes of regio's.

2.4 Referenties

Roovaart, J. van den, S. Kelderman, L. van Eck, V. Harezlak, E. Meijers, A. van der Linden, J. Bleser, 2024.
Ex ante evaluatie doelbereik Kaderrichtlijn Water voor de Nederlandse oppervlaktewateren
Achtergrondrapportage bij de Tussenevaluatie KRW 2024. Deltares rapport 11210346-012-ZWS-0001.

Water Framework Directive Explorer: www.krwwerken.nl

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