

**KRW - Toestand- en
trendanalyse voor nutriënten**



KRW - Toestand- en trendanalyse voor nutriënten

Nanette van Duijnhoven
Annelotte van der Linden
Kevin Ouwerkerk

11203728-006

Titel

KRW - Toestand- en trendanalyse voor nutriënten

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving

Project

11203728-006

Kenmerk

11203728-006-BGS-0002

Pagina's

40

Trefwoorden

Waterkwaliteit, KRW-monitoringslocaties, KRW-waterlichamen, nutriënten, toestand, trends

Samenvatting

In dit rapport is met behulp van monitoringsdata uit KRW-NUTrend ([KRW-NUTrend.nl](https://www.krw-nutrend.nl)) de toestand op KRW-Waterlichaam niveau en de trend op KRW-monitoringslocatie niveau bepaald. Deze resultaten zijn opgewerkt naar zowel landelijk als regionaal niveau (stroomgebieden en waterkwaliteitbeheerders). Daarnaast wordt ook het doelgat (afstand tot de norm) landelijk inzichtelijk gemaakt.

Voor de jaren 1990-2014 zijn de meetdata opgewerkt tot N-totaal, P-totaal en DIN vanuit de LEW meetdata van IHW. Vanwege het tijdrovende proces om de meetdata 1990-2014 gereed te zetten is in overleg met het ministerie van IenW en Rijkswaterstaat WVL besloten om gebruik te gaan maken van de toetsdata van de waterbeheerders zelf. In 2019 is overgestapt op het gebruik van de 'snapshotbestanden' van de waterbeheerders, in beheer bij het Informatiehuis Water (IHW). Deze bestanden bevatten de meetdata van de KRW-Monitoringslocaties gebruikt voor toetsing en het toetsoordeel zelf. De toetsing van de waterbeheerders wordt nu 1-op-1 overgenomen voor de jaren 2015 tot en met 2019.

Vanuit de verkregen dataset 1990-2018 is de toestand bepaald door het 3-jarig zomergemiddelde te vergelijken met de huidige norm. Door het gebruik van dezelfde normen voor alle jaren is het mogelijk om de toestand in verschillende perioden met elkaar te vergelijken.

De algemene resultaten van deze update van KRW-NUTrend laten zien dat de toestand voor N- en P-totaal in de Nederlandse KRW-lichamen nog steeds. Tegelijk worden de KRW nutriëntendoelen in ongeveer de helft van de waterlichamen nog niet gehaald.

In de stroomgebieden van Eems, Maas, Rijn en Schelde is vanaf 2009 een stijgende trend te zien in het aantal locaties met een goede toestand. Voor N-totaal is deze in 2019 opgelopen tot respectievelijk 100%, 22%, 59% en 51%. Alleen in de Schelde is een afname te zien tussen 2015 en 2019. Ook bij P-totaal is er een stijgende trend vanaf 2009. De Eems zit op 71% met een goede toestand in 2019, Maas op 41%, Rijn op 48% en Schelde op 85%.

Bij de waterbeheerders is een wisselend beeld zichtbaar in het behalen van de goede toestand. Dat blijkt ook als gekeken wordt naar het doelgat. Bij de resultaten voor de bepaling van het doelgat (de afstand tot de norm) valt de grote spreiding over Nederland op.

Titel

KRW - Toestand- en trendanalyse voor nutriënten

OpdrachtgeverRijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**Project**

11203728-006

Kenmerk

11203728-006-BGS-0002

Pagina's

40

Uit de trendanalyses komt naar voren dat de drie verschillende statistische methodes die gebruikt zijn om de trends te berekenen alle drie hetzelfde landelijke beeld laten zien: de concentraties voor zowel N- als P-totaal zijn aan het dalen. Voor N-totaal laat ruim 80% een significantie neerwaartse trend zien en voor P-totaal ruim 70%. Een significant opwaartse trend voor N- en P-totaal is te zien bij respectievelijk 4 en 6% van de monitoringslocaties.

Voor N-totaal hebben alle waterschappen die genoeg monitoringslocaties hebben om een uitspraak over te doen een significante neerwaartse trend. Ook voor P-totaal is de trend bij de meeste waterbeheerders significant neerwaarts.

Het rapport sluit af met aanbevelingen op het gebied van data en mogelijke ontwikkelingen in KRW-NUTrend.

Dankzij de landelijke KRW-NUTrend applicatie zijn de meetgegevens en de KRW-beoordelingen op landelijk niveau inzichtelijk en goed gedocumenteerd. Dat maakt het relatief makkelijk om de in dit rapport beschreven analyses uit te voeren.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	Dec 2019	Nanette van Duijnhoven		Joachim Rozemeijer		Gerard Blom	
		Annelotte van der Linden					
		Kevin Ouwerkerk					

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Probleemstelling	1
1.3 Doelstelling	1
1.4 Opzet rapportage	1
2 Methode	3
2.1 Opwerken meetdata	3
2.1.1 Dataverzameling	3
2.1.2 Kwaliteitscontrole	3
2.1.3 KRW-Monitoringslocaties	4
2.1.4 KRW-Waterlichamen	5
2.2 Opwerken dataset toestand bepaling	5
2.2.1 Gebruikte dataset	5
2.2.2 Berekening periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden	5
2.2.3 Gehanteerde normen	6
3 Toetsing aan waterkwaliteitsnormen (toestand)	7
3.1 3-jarig zomerhalfjaargemiddelden	7
3.1.1 3-jarig zomerhalfjaargemiddelden	7
3.1.2 Verschilkaarten	7
3.2 Toestand: Nederland	9
3.3 Toestand: Stroomgebieden	11
3.4 Toestand: waterkwaliteitsbeheerders	13
3.4.1 Toetsing 2019	13
3.4.2 Vergelijking over de toetsperioden	17
3.5 Toestand: ruimtelijk beeld Nederland	18
3.6 Toestand: Doelgat	19
4 Bepaling van trends	21
4.1 Methode trendbepaling	21
4.2 Resultaten	22
4.2.1 Landelijke trends	22
4.2.2 Trends per waterkwaliteitsbeheerder	24
4.2.3 Ruimtelijk beeld trends	26
5 Conclusies en aanbevelingen	29
5.1 Conclusies ten aanzien van toestand en trends	29
5.2 Aanbevelingen	29
6 Literatuur	31

Bijlage(n)

A Toetsing aan waterkwaliteitsnormen	A-1
A.1 3-jarig zomerhalfjaargemiddelden	A-1
A.2 Toestand in waterbeheersgebieden	A-1
A.3 Ruimtelijk beeld toestand	A-1
A.3.1 Toetsing verschillende toetsjaren	A-1
A.3.2 Verschilkaarten toestand	A-3
B Methoden trendanalyses	B-1

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Door het Ministerie van IenM is in 2015 aan Deltares gevraagd wat zinvolle, noodzakelijke en prioritaire acties zijn om 'the gap' voor nutriënten in beeld te brengen. 'The gap' is het gat tussen de doelen voor de Kaderrichtlijn water (KRW) en de huidige waterkwaliteit. Naar aanleiding van die vraag is de KRW-NUTrend applicatie gebouwd. In deze applicatie zijn de toestand en trends van nutriënten over de periode 1990-2018 inzichtelijk gemaakt. KRW-NUTrend is te benaderen via url: <http://www.krw-nutrend.nl/>.

1.2 Probleemstelling

Bij het ministerie van Infrastructuur en Milieu bestaat de behoefte om met behulp van monitoringsgegevens een goed en ruimtelijk beeld te krijgen van de toestand en trend van nutriënten (N-totaal en P-totaal) per waterlichaam. Een goed beeld van de locaties waar de waterkwaliteit verbetert en op welke locaties die verbetering achterblijft of zelfs de kwaliteit verslechtert is belangrijke input voor gebiedsgericht beleid ten aanzien van eutrofiëring van Nederlandse wateren.

1.3 Doelstelling

In dit project zijn - met behulp van nutriëntdata uit KRW-NUTrend - analyses gemaakt op zowel KRW-monitoringslocatie- als op KRW-waterlichaam niveau, met als doel de toestand en trend van nutriënten in Nederland in beeld te brengen. Om dit doel te bereiken zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- KRW-monitoringslocatie: voor deze meetpunten is een trendanalyse uitgevoerd om vast te stellen of er neerwaartse of opwaartse trends zijn in nutriëntenconcentraties.
- KRW-waterlichamen: op KRW-waterlichaam niveau zijn de concentraties en toestandsbeoordelingen tussen de 'Toetsjaren' 2009, 2015 en 2019 met elkaar vergeleken. Toetsjaar 2009 betreft de jaren 2006 tot en met 2008, 'Toetsjaar' 2015 de jaren 2012 tot en met 2014 en 'Toetsjaar' 2019 de jaren 2016 tot en met 2018.
- Als input is gebruikt gemaakt van de FEWS applicatie waarop KRW-NUTrend gebaseerd is. Ten tijde van dit rapport werd de laatste hand gelegd aan het verbeteren van de KRW-NUTrend applicatie voorafgaand aan de officiële lancering op internet voor een breder publiek. Nieuwe figuren vanuit deze applicatie waren nog niet beschikbaar.

Met de verkregen informatie worden op vijf verschillende niveaus uitspraken gedaan over toestand en trends: nationaal, per stroomgebied, per waterschap, per KRW-waterlichaam (alleen toestand) en KRW-monitoringslocaties (alleen trend). De resultaten zijn in tabelvorm en in figuren gepresenteerd. In dit rapport wordt allen de toestand van N-totaal en P-totaal beschreven. DIN blijft buiten beschouwing.

1.4 Opzet rapportage

In hoofdstuk 2 wordt de methode beschreven. Hier wordt onder andere ingegaan op de dataverwerking bij zowel het opwerken van de meetdata als de toestand bepaling. Hoofdstuk 3 beschrijft de toetsing van de nutriënten aan de KRW-normen per KRW-waterlichaam op het schaalniveau van heel Nederland, stroomgebieden waterbeheerder en KRW-waterlichamen. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de trendanalyse, waarbij de methode en resultaten worden weergegeven. Hoofdstuk 5 sluit af met de conclusies en aanbevelingen.

2 Methode

In dit hoofdstuk staat beschreven welke stappen zijn genomen bij het tot stand komen van de dataset die is ingezet voor de analyses. Daarnaast wordt de methode van toetsing weergegeven.

2.1 Opwerken meetdata

2.1.1 Dataverzameling

Voor dit project zijn drie databronnen geraadpleegd die verschillende perioden beslaan:

- 1990-2014
 - Data verkregen uit de landelijke enquête waterkwaliteit (LEW), in beheer bij het Informatiehuis water (IHW).
Het IHW heeft voor de jaren 1990 tot en met 2014 via het waterkwaliteitsportaal bestanden beschikbaar gesteld met alle meetgegevens die in de loop der jaren door waterbeheerders zijn aangeleverd. Het gaat om totaal 24 verschillende zip-bestanden. Uit deze bestanden zijn de volgende N- en P-componenten geselecteerd: P, PO₄, N, NO₂, NO₃, N-Kj, NH₄ en de som van NO₃NO₂.
 - RWS meetdata uit DONAR
Nutriëntendata in de Rijkswateren zijn opgevraagd bij de Helpdesk Water. De Helpdesk Water heeft data van de N- en P-componenten geleverd voor de jaren 1990 tot en met 2014.
- 2015-2018
 - Snapshotbestanden waterbeheerders in beheer bij IHW (IHW, 2019)
De snapshotbestanden bevatten per waterbeheerder drie bestanden, 1) de meetdata van de KRW-monitoringslocaties waarmee de beheerders de toetsing hebben uitgevoerd, 2) het door Aquokit berekende zomergemiddelde per jaar en 3) het driejarig-zomergemiddelde met het bijbehorende toetsoordeel uit Aquokit.

2.1.2 Kwaliteitscontrole

Op de dataset 1990-2014 zijn een aantal controles uitgevoerd (van Duijnhoven et al, 2015):

- Checks op het voorkomen van waarden onder de detectielimiet;
- Checks op het voorkomen van extreem lage of hoge waarden;
- Inconsistentiechecks.

Voor de jaren 2015 tot en met 2018 worden de meetdata van de waterbeheerders die gebruikt zijn voor de toetsingen rechtstreeks overgenomen uit de 'snapshotbestanden'. Op deze data zijn geen inhoudelijke controles uitgevoerd.

Voor de jaren 1990-2014 zijn de meetdata opgewerkt tot N-totaal, P-totaal en DIN vanuit de LEW meetdata van IHW. De opwerking staat beschreven in van Duijnhoven et al (2015). Om vanuit deze data de toetsoordelen van de waterbeheerders te reproduceren bleek niet eenvoudig. Eenduidigheid in naamgeving, compleetheid van de LEW data én een juiste koppeling tussen meetlocaties, KRW-monitoringslocaties en KRW-waterlichamen waren de belangrijkste oorzaken. Na een grondige analyse, waarbij de waterbeheerders werden betrokken, kon voor 'Toetsjaar' 2015 96% van de toetsingen worden gereproduceerd. Dit proces is beschreven in Klein et al (2018).

Vanwege het tijdrovende proces om de meetdata 1990-2014 gereed te zetten is in overleg met het ministerie van IenM en Rijkswaterstaat WVL besloten om gebruik te gaan maken van de toetsdata van de waterbeheerders zelf.

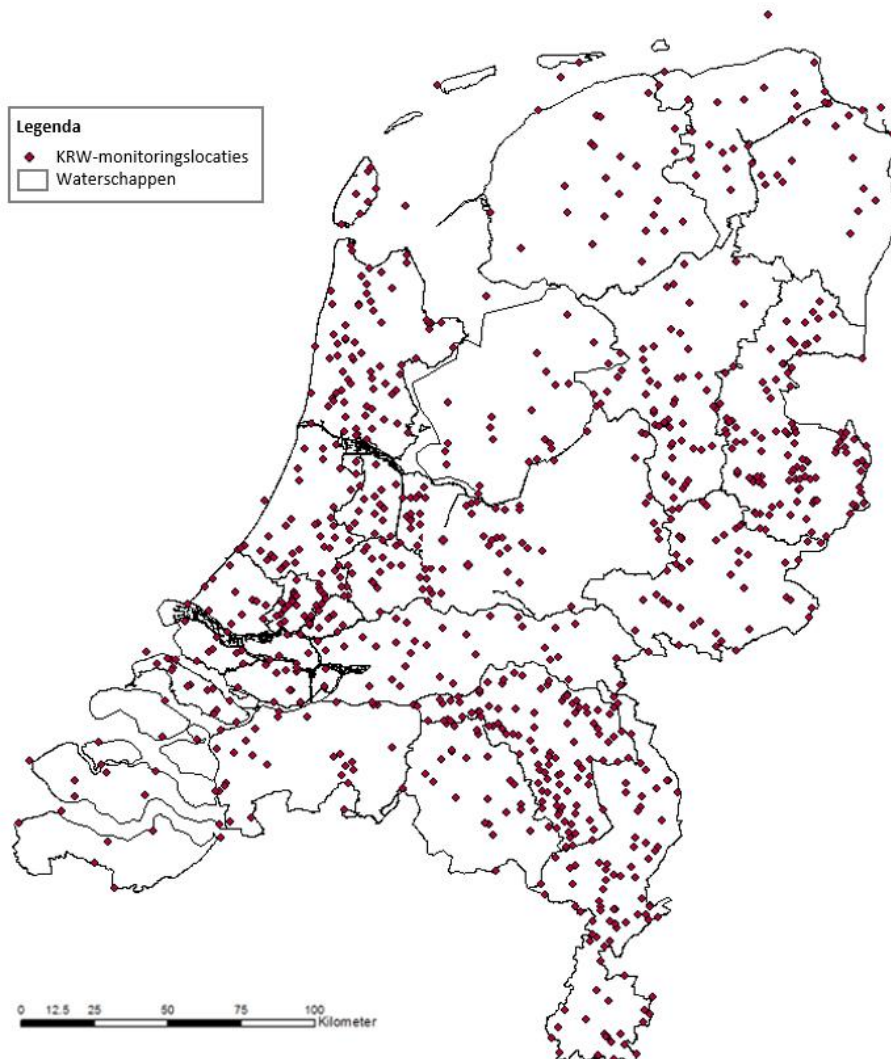
In 2019 is overgestapt op het gebruik van de 'snapshotbestanden' van de waterbeheerders. Deze bestanden bevatten alle benodigde meetdata en locaties om te toetsen. Extreme meetwaarden zijn al verwijderd en expert judgement van de beheerders is doorgevoerd in de uiteindelijke toetswaarden. De toetsing van de waterbeheerders wordt nu 1-op-1 overgenomen; meetwaarden 2015-2018, de berekende 3-jarige zomergemiddelden en het toetsoordeel.

2.1.3 KRW-Monitoringslocaties

Een groot verschil tussen de meetdata 1990-2014 en 2015-2018 is de overstap van KRW-meetlocaties naar KRW-monitoringslocaties. In de 'snapshotbestanden' wordt gebruik gemaakt van KRW-monitoringslocaties. Een monitoringslocatie bestaat uit 1 of meerdere meetlocaties. De KRW-meetlocaties uit de dataset van 1990-2014 zijn omgezet naar KRW-monitoringslocaties.

Bovenstaande databronnen zijn samengevoegd tot één grote dataset, die ruim een half miljoen records bevat voor N-totaal, P-totaal en DIN op de KRW-monitoringslocaties voor de periode 1990 – 2018.

Figuur 2.1 geeft een overzicht van de KRW-monitoringslocaties in 2019, het meest recente jaar in de database. De coördinaten van de KRW-monitoringslocaties zijn overgenomen uit het monitoringprogramma van het waterkwaliteitsportaal.



Figuur 2.1 KRW-monitoringslocaties in 2019.

2.1.4 KRW-Waterlichamen

De lijst met 724 KRW-waterlichamen voor 'Toetsjaar' 2009 (2006 t/m 2008) wijkt af van de 713 KRW-waterlichamen uit 'Toetsjaar' 2015 (2011 t/m 2013) en 'Toetsjaar' 2019 (2016 t/m 2018). Er zijn nieuwe waterlichamen bijgekomen, waterlichamen uit 'Toetsjaar' 2009 zijn samengevoegd en/of juist gesplitst en waterlichamen zijn soms uitgebreid. Een vergelijking tussen waterlichamen uit 2009 versus 2015/2019 is hierdoor niet goed te maken. De waterlichamen uit 'Toetsjaar' 2019 zijn in dit project als uitgangspunt gekozen. Resultaten voor 'Toetsjaar' 2009 zijn gebaseerd op de KRW-waterlichamen uit 2019.

Niet alle waterlichamen zijn meegenomen in de analyse. Voor 'Toetsjaar' 2019 kan een uitspraak worden gedaan voor 705 van de 713 waterlichamen, voor 'Toetsjaar' 2015 geldt dit voor 702 van de 713 waterlichamen en voor 'Toetsjaar' 2009 voor 496 van de 724 waterlichamen, zie ook Tabel 2.1. De belangrijkste redenen voor het ontbreken van dit (forse) aantal waterlichamen zijn:

- Voor sommige waterlichamen ontbreekt een KRW-monitoringslocatie in de monitoringsprogramma's van de beheerders;
- De toetsing komt niet voor in de 'snapshotbestanden' van IHW;
- In de LEW dataset zijn niet voldoende metingen beschikbaar. Vooral voor 'Toetsjaar' 2009 ontbreken veel meetdata. Zonder meetdata kan de toetsing op waterlichaam niveau niet worden uitgevoerd.

De KRW-waterlichamen kunnen bestaan uit 1 of meerdere KRW-monitoringslocaties. Dit is per beheerder wisselend en vastgelegd in het monitoringsprogramma.

2.2 Opwerken dataset toestand bepaling

2.2.1 Gebruikte dataset

In KRW-NUTrend wordt een toetsing uitgevoerd voor 'toetsjaren' 1991 tot en met 2019. In deze rapportage wordt de toestand getoond voor drie periodes:

- 'Toetsjaar' 2009: gebaseerd op metingen in de jaren 2006 t/m 2008
- 'Toetsjaar' 2015: gebaseerd op metingen in de jaren 2011 t/m 2014
- 'Toetsjaar' 2019: gebaseerd op metingen in de jaren 2016 t/m 2018

In onderstaande tabel staat per periode aangegeven hoeveel KRW-waterlichamen aan de normen getoetst konden worden voor N-totaal, P-totaal en DIN. Ook wordt de hoeveelheid KRW-monitoringslocaties genoemd die daarvoor zijn meegenomen.

Tabel 2.1 Aantal KRW-waterlichamen en KRW-monitoringslocaties voor de 'Toetsjaren' 2009, 2015 en 2019.

	'Toetsjaar' 2009	'Toetsjaar' 2015	'Toetsjaar' 2019
Aantal waterlichamen	496	702	705
Aantal KRW-monitoringslocaties	633	817	853

2.2.2 Berekening periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden

Bij de normtoetsing voor nutriënten worden de driejarige zomerhalfjaargemiddelde waarden (april tot en met september) vergeleken met de normen. Om het periodeoordeel zomerhalfjaargemiddelden voor N-totaal en P-totaal per KRW-waterlichaam te verkrijgen is de volgende werkwijze gehanteerd :

1. Berekenen zomergemiddelde per KRW-monitoringslocatie in de zomer, bij meerdere KRW-meetlocaties per KRW-monitoringslocatie zijn alle meetgegevens per jaar bij elkaar gevoegd;

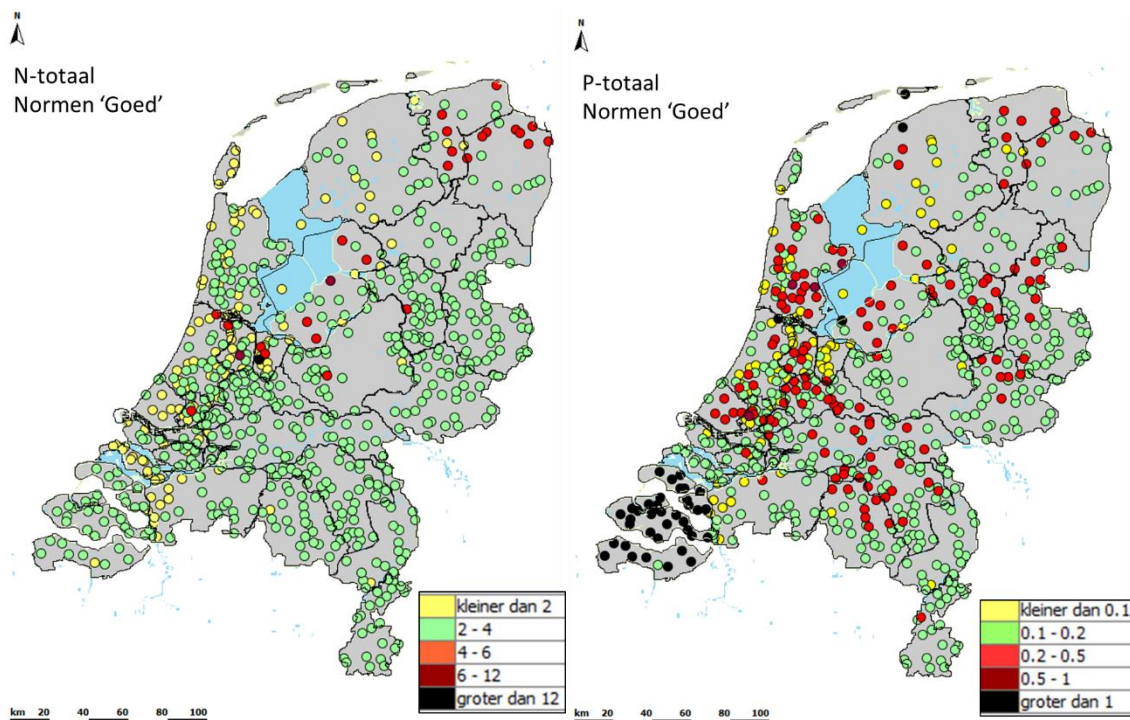
2. Indien er meerdere KRW-monitoringslocaties in één waterlichaam liggen: berekenen van een gemiddelde per waterlichaam per jaar;
3. Berekenen gemiddelde per toetsperiode. Dit is in principe het gemiddelde van de laatste drie jaren. Mocht er niet jaarlijks gemeten worden, dan worden de drie meest recente jaren in de voorafgaande periode van 9 jaar gebruikt.

In KRW-NUTrend worden de 3-jarige zomergemiddelden berekend tot en met 2014. Voor de latere jaren wordt gebruik gemaakt van de 3-jarig zomergemiddelden die door de beheerders gebruikt zijn voor de toetsing uit de 'snapshotbestanden'. De laatste jaren is de toetsing uit KRW-NUTrend daardoor gelijk aan de toetsing van de beheerders. In eerdere jaren kan het zijn dat er meetdata of zelfs meetlocaties missen (Klein, 2018).

2.2.3 Gehanteerde normen

De toetswaarde per KRW-waterlichaam is voor N-totaal en P-totaal vergeleken met de door het waterschap toegekende KRW-normen. Deze normen zijn door het Informatiehuis water beschikbaar gesteld via het waterkwaliteitsportaal. In KRW-NUTrend wordt alleen de meest recente norm gebruikt. Door het gebruik van dezelfde normen voor alle jaren is het mogelijk om de toestand in de verschillende perioden met elkaar te vergelijken. Voor de huidige versie zijn dit de normen die gehanteerd worden in de periode 2016-2021. De normen in de spreadsheets van het IHW kennen vier klassen: Goed / Matig / Ontoereikend / Slecht.

In Figuur 2.2 is de normgrens goed-matig voor respectievelijk N-totaal en P-totaal ruimtelijk weergegeven. Bij N-totaal vallen vooral de relatief hoge normen op bij de waterschappen Noorderzijlvest, Hunze en Aa's, Zuiderzeeland en bij een aantal waterlichamen van Amstel Gooi en Vecht in vergelijking met de rest van Nederland. De norm voor P-totaal, rechterfiguur, is in de waterlichamen bij Scheldestromen veel hoger, meer dan 1 mg/l, dan de norm voor P-totaal in de rest van Nederland. Naast Scheldestromen komt deze hoge norm ook voor bij twee waterlichamen in Fryslân, één in Amstel Gooi en Vecht en één in Zuiderzeeland.



Figuur 2.2 Normgrens goed-matig voor N-totaal links en P-totaal rechts in 2019 in mg/l.

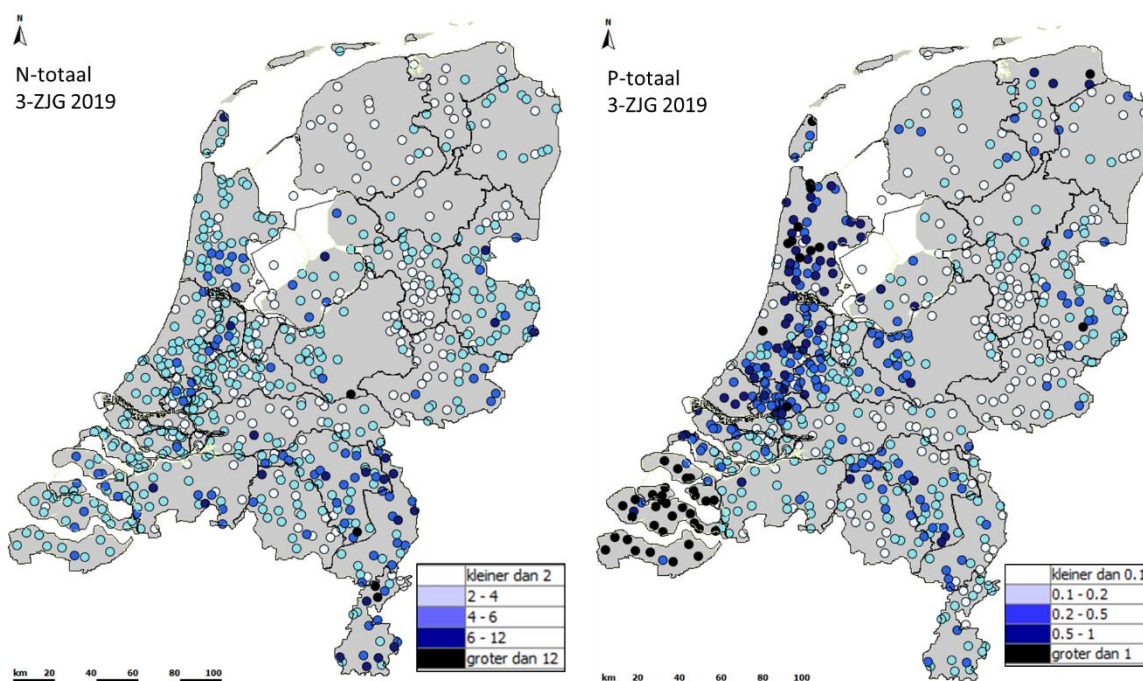
3 Toetsing aan waterkwaliteitsnormen (toestand)

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de toetsing weergegeven. De resultaten worden inzichtelijk gemaakt op zowel nationaal als regionaal niveau.

3.1 3-jarig zomerhalfjaargemiddelden

3.1.1 3-jarig zomerhalfjaargemiddelden

De hoogste 3-jarige N-totaal zomerconcentraties in 'Toetsjaar' 2019 (>6 mg/l), worden voor de waterlichamen gevonden in het zuidoosten en uiterste oosten, zie linker figuur in Figuur 3.1. Daarnaast liggen een aantal andere waterlichamen met deze hoge concentraties verspreid over Nederland. De N-totaal concentraties voor 'Toetsjaren' 2009 en 2015 worden weergegeven in Figuur A.1 in de bijlage. De verschillen komen in paragraaf 3.1.2 aan bod. Voor P-totaal (rechter figuur) is in 'Toetsjaar' 2019 de gemiddelde 3-jarige P-totaal zomerconcentratie langs de gehele west kant van Nederland hoog (>1 mg/l), in vergelijking met de rest van Nederland. De kaarten voor 2009 en 2015 voor P-totaal staan weergegeven in Figuur A.2.

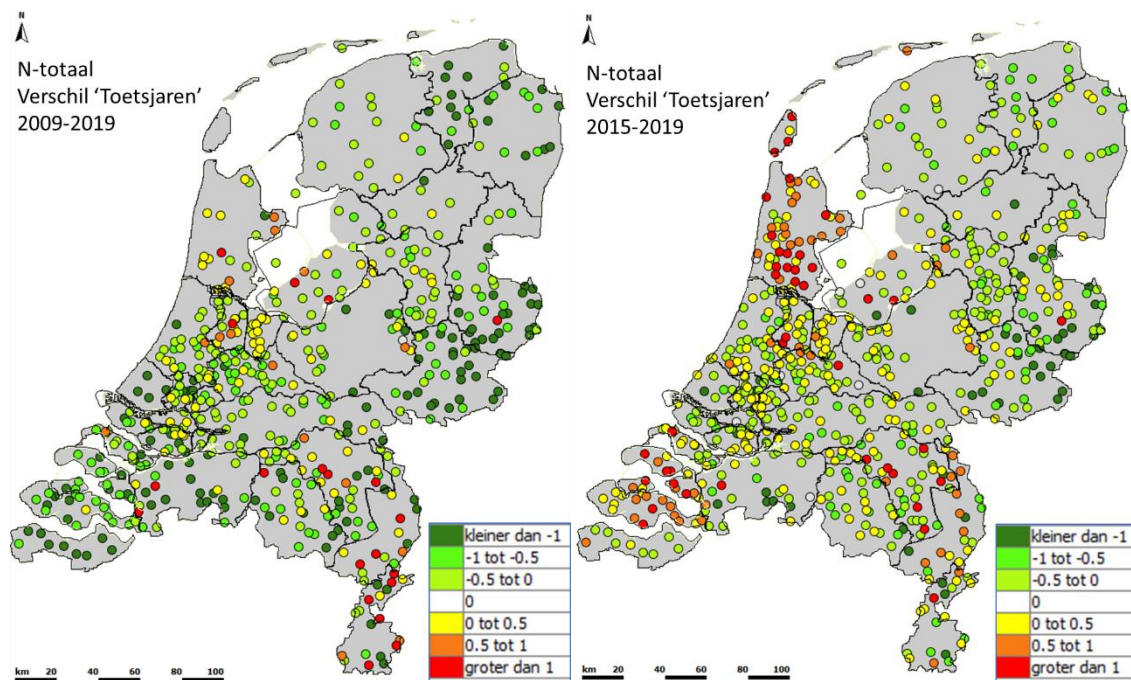


Figuur 3.1 3-jarig zomerhalfjaargemiddelden voor N-totaal rechts en P-totaal links in 'Toetsjaar' 2019 in mg/l.

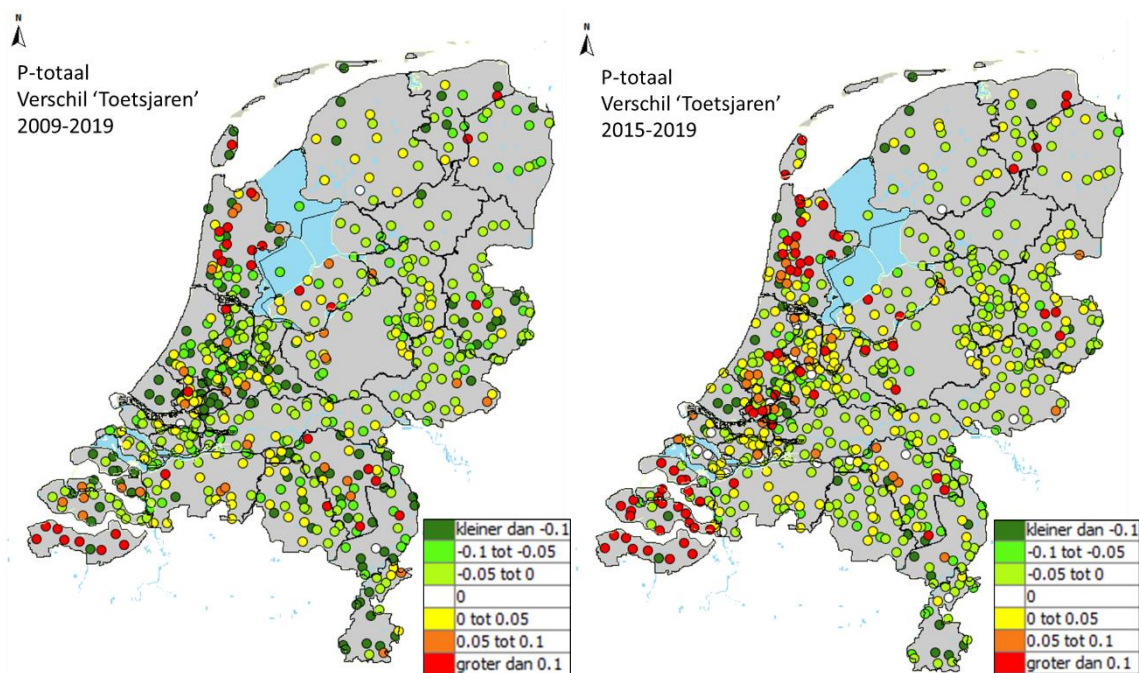
3.1.2 Verschilkaarten

De verschilkaart voor N-totaal tussen 'Toetsjaren' 2009 en 2019, (linker figuur in Figuur 3.2) laat een redelijk positief beeld zien. Het merendeel van de waterlichamen dat met elkaar kon worden vergeleken heeft een groene kleur en geeft verbetering aan. Met name in Zeeland, Oost-Nederland, Noord-Nederland en Brabant is de waterkwaliteit in de meeste waterlichamen verbeterd. In Limburg is juist een achteruitgang zichtbaar in een flink deel van de waterlichamen met meer dan 0.5 mg/l.

Ook in het westen is een achteruitgang zichtbaar, in iets mindere mate. Er zijn in dat gebied veel geel gekleurde waterlichamen die duiden op een verslechtering per waterlichaam van 0.0 tot maximaal 0.5 mg/l.



Figuur 3.2 Verschilkaarten 3-jarig zomergemiddelden voor N-totaal per waterlichaam tussen 'Toetsjaren' 2009 en 2019 links en 'Toetsjaren' 2015 en 2019 rechts in mg/l.



Figuur 3.3 Verschilkaarten zomergemiddelden voor P-totaal per waterlichaam tussen 'Toetsjaren' 2009 en 2019 links en 'Toetsjaren' 2015 en 2019 rechts in mg/l.

De rechter figuur, de verschilkaart tussen 'Toetsjaren' 2015 en 2019, laat in tegenstelling tot de periode 2009-2019 zien dat de waterkwaliteit bij veel waterlichamen verslechtert. Een duidelijk regionaal patroon is waarneembaar. De afgelopen 4 jaar zijn er veel waterlichamen in het beheersgebied van Hollands Noorderkwartier, Scheldestromen, Aa en Maas en Limburg toegenomen met meer dan 0.5 mg N-totaal per liter, de oranje en rode kleuren in de figuur. Een verbetering van de waterkwaliteit wordt zichtbaar gemaakt door de groene kleuren. Bij de waterbeheerders in Noord-, Oost- en midden-Nederland is de waterkwaliteit het meest verbeterd, gezien de overwegend groen gekleurde waterlichamen.

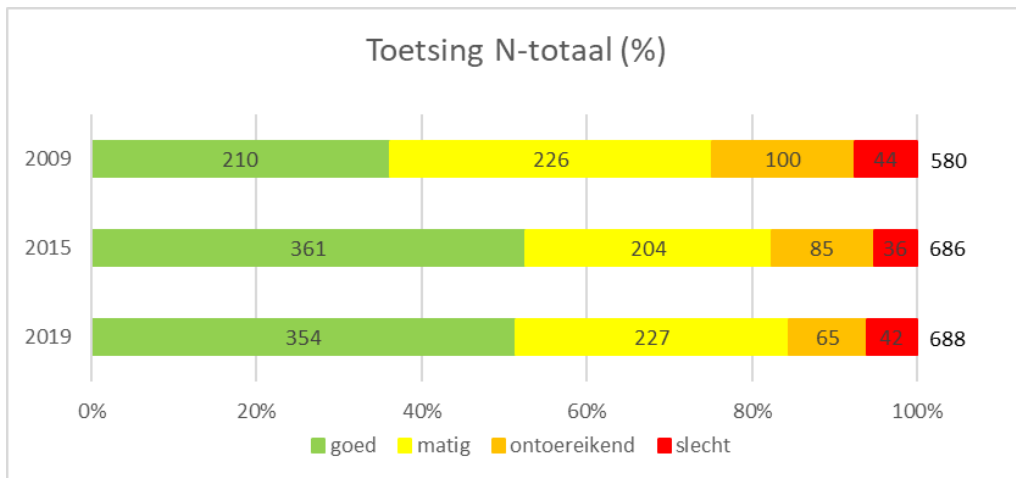
Rechts in de verschilkaart, P-totaal in de periode 2015 en 2019 (Figuur 3.4), is te zien dat de waterkwaliteit bij veel waterlichamen verslechtert. Dit speelt over de gehele west strook van Nederland, gezien de vele rode waterlichamen. In de rest van Nederland blijft de verandering van de waterkwaliteit hoofdzakelijk binnen een marge van 0.05 mg/l (lichtgroen en gele waterlichamen).

Het beeld over een langere periode 2009-2019, links in de figuur laat net als bij N-totaal veel meer waterlichamen zien waar de locatie verbetert. Over de langere periode verbetert de waterkwaliteit in West-, midden en Zuidoost Nederland en in Twente. De verslechtering is net als in periode 2015-2019 ook hier te zien in de waterlichamen van Hollands Noorderkwartier en Scheldestromen.

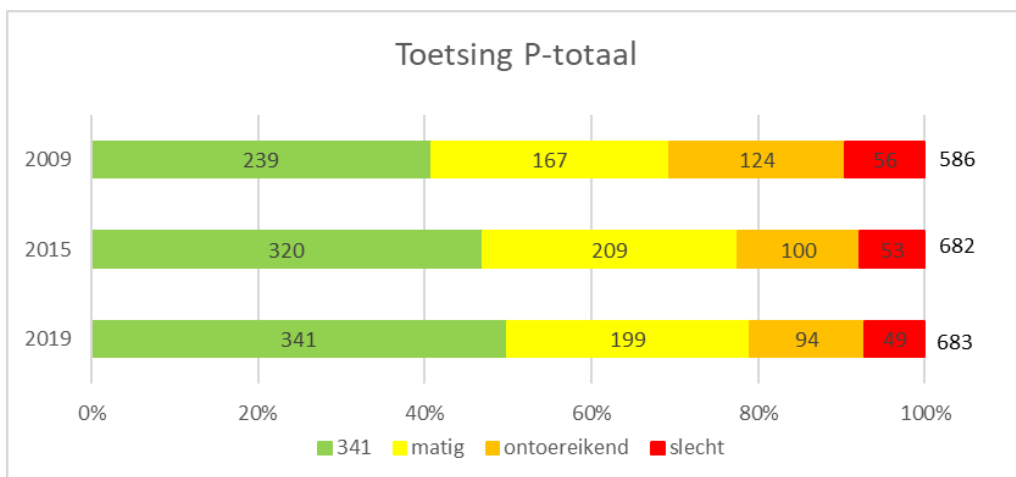
3.2 Toestand: Nederland

Het toets-oordeel voor heel Nederland staat weergegeven in Figuur 3.4 en Figuur 3.5 voor respectievelijk N-totaal en P-totaal. Figuur 3.4 laat zien dat bij de toetsing in 2009 voor N-totaal 36% als goed is beoordeeld, 210 van de 580 waterlichamen. In 2015 en 2019 krijgt meer dan de helft van de waterlichamen 53% (361 van de 686) respectievelijk 51% (354 van de 688) een goede toestand. Er is wel een lichte daling in waterlichamen met een goede toestand tussen de toetsing van 2015 en 2019. Het aantal waterlichamen met een slechte toestand neemt relatief gezien af van 8% naar 6%. Maar wordt gekeken naar de absolute aantallen dan zijn het 44 waterlichamen bij de toetsing in 2009, 36 in 2015 en 42 in 2019 nagenoeg gelijk.

Voor P-totaal is een gelijksoortige verandering te zien: in 'Toetsjaar' 2009 heeft 41% (239 van de 586 waterlichamen) van de waterlichamen een beoordeling goed, in 'Toetsjaar' 2015 47% (320 van de 682 waterlichamen) en in 'Toetsjaar' 2019 is de helft (341 van de 683 waterlichamen) van de waterlichamen als goed beoordeeld. Het percentage waterlichamen dat als slecht is beoordeeld is tussen 2009 en 2019 van 10% naar 7% gedaald, 56 waterlichamen in 2009, 49 in 2019.



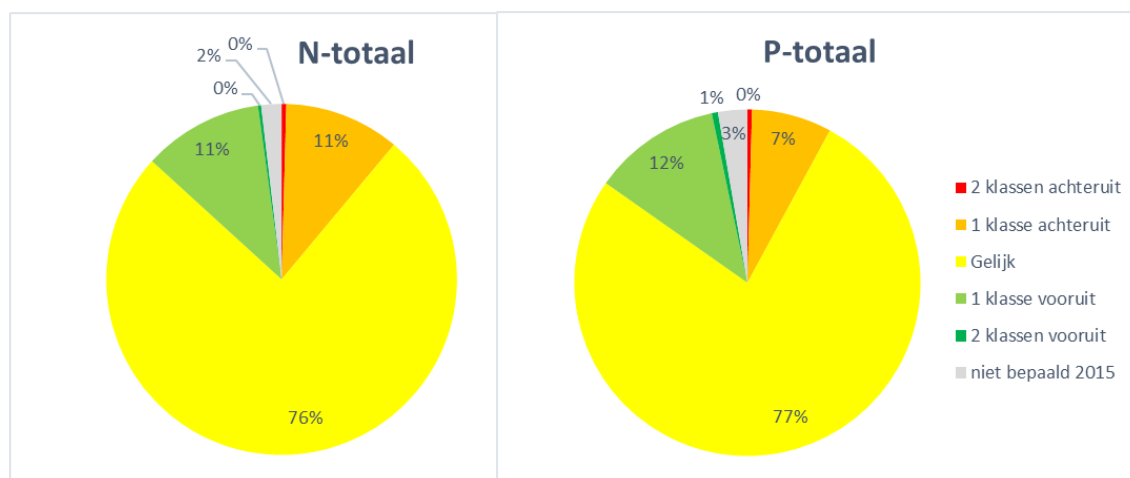
Figuur 3.4 Toetsresultaten N-totaal voor heel Nederland (%) voor 'Toetsjaren' 2009, 2015 en 2019
Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.



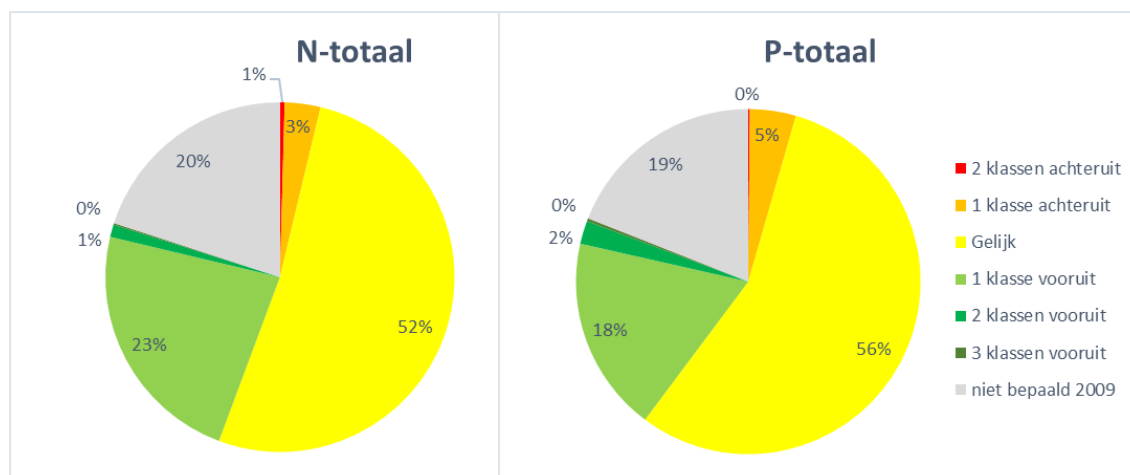
Figuur 3.5 Toetsresultaten P-totaal voor heel Nederland (%) voor 'Toetsjaren' 2009, 2015 en 2019.
Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.

Er is ook gekeken naar de verschuiving in oordeelklassen tussen 'Toetsjaren' 2015 en 2019 en "Toetsjaren' 2009 en 2019 (taartdiagrammen; Figuur 3.6 en Figuur 3.7). De verschuiving in toestand tussen de toetsperioden 2015 en 2019 verschilt maximaal 2 klassen. Uit de figuur blijkt dat het beeld voor N- en P-totaal op elkaar lijkt. Voor beide stoffen heeft ruim 75% van de waterlichamen een gelijkblijvend oordeel. Voor 11% (77 waterlichamen) is er een slechtere beoordeling voor N-totaal en 8% (55 waterlichamen) voor P-totaal. Een verbetering treedt op bij 11% (79) van de waterlichamen voor N-totaal en 13% (87) voor P-totaal.

Tussen 'Toetsjaren' 2009 en 2019 zien de taartdiagrammen er heel anders uit. Ruim 50% van de waterlichamen heeft hetzelfde oordeel behouden en de toestand van ruim 20% van de waterlichamen bij zowel N-totaal en P-totaal is verbeterd. Achteruitgang treedt op bij maximaal 5% van de waterlichamen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat 20% van de waterlichamen niet met elkaar vergeleken kan worden (zie paragraaf 2.3).



Figuur 3.6 Vergelijking tussen "Toetsjaren" 2015 en 2019 weergegeven in verschuiving in klassen

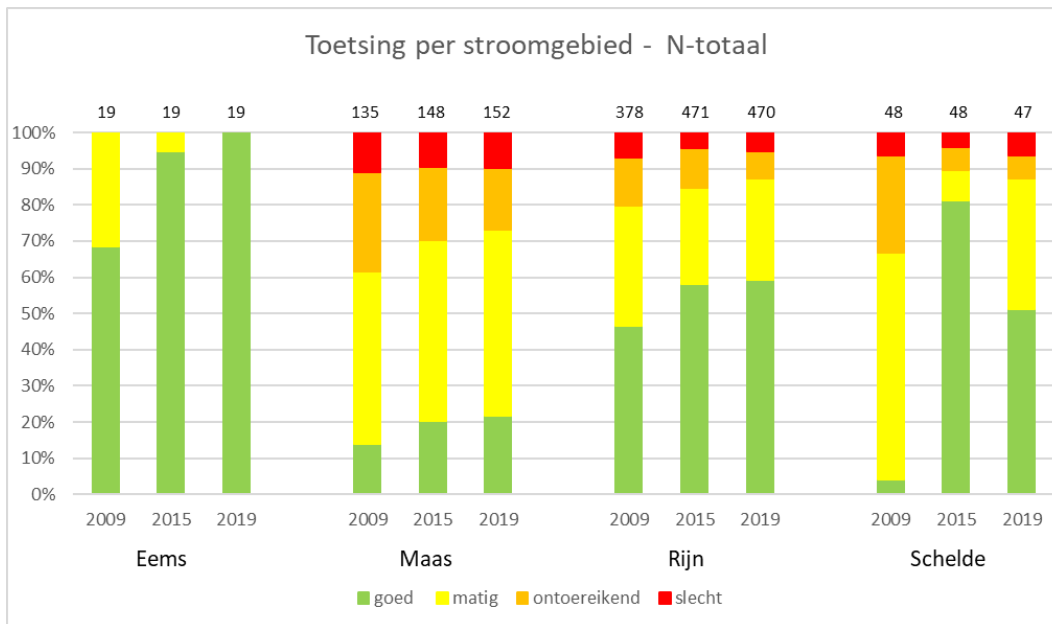


Figuur 3.7 Vergelijking tussen "Toetsjaren" 2009 en 2019 weergegeven in verschuiving in klassen

3.3 Toestand: Stroomgebieden

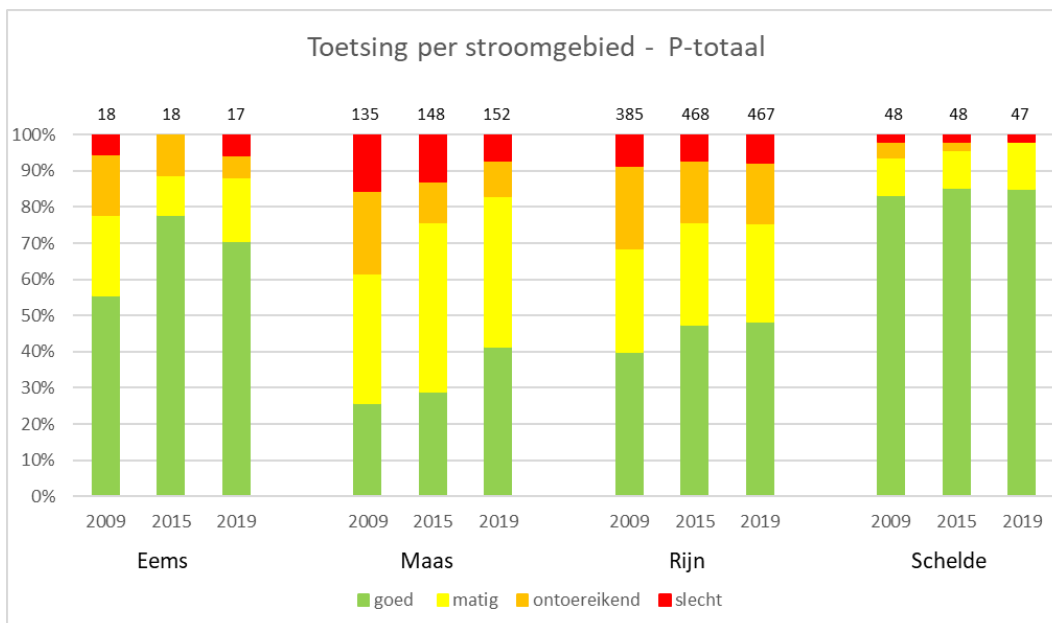
In Figuur 3.8 is de toetsing per stroomgebied weergegeven voor de drie verschillende toets perioden voor N-totaal en P-totaal. Het Eems stroomgebied laat voor N-totaal een gestage stijgende trend zien waarbij 100% van de waterlichamen in 'Toetsjaar' 2019 een goede toestand krijgt toebedeeld. Bij het Maas stroomgebied heeft het merendeel van de waterlichamen een matige toestand. Wel is een opwaartse trend zichtbaar voor het percentage waterlichamen met een goede toestand. Ook binnen het stroomgebied Rijn, waar de laatste twee toets periodes meer dan de helft van de waterlichamen in de categorie "goed" valt, neemt met de jaren het percentage goed toe. Ileen het Schelde stroomgebied laat een ander patroon zien. Tussen 'Toetsjaar' 2015 en 'Toetsjaar' 2009 was een enorme stijging van waterlichamen met een goede toestand. Bij 'Toetsjaar' 2019 is het percentage teruggefallen van 80% naar 50%. Dit is ook terug te zien in Figuur 3.3, vooral in Zeeuws Vlaanderen zijn er hogere concentraties.

Het aantal waterlichamen blijft per stroomgebied nagenoeg gelijk. Alleen in het Rijnstroomgebied neemt het aantal waterlichamen wat met elkaar vergeleken kan worden fors toe tussen 2009 en 2019, van 378 naar 470.



Figuur 3.8 Toetsing in de verschillende stroomgebieden voor N-totaal in 'Toetsjaren' 2009, 2015 en 2019. Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.

De goede toestand bij N-totaal in het Eems stroomgebied geldt in mindere mate voor P-totaal, maar nog steeds scoort 70% goed in 'Toetsjaar' 2019. Maas en Rijn laten voor P een vergelijkbaar beeld zien. Het percentage waterlichamen met een goede toestand neemt voor beide stroomgebieden toe. Bij de Maas heeft 40% een goede toestand in 2019, bij de Rijn 48%. In het stroomgebied van de Schelde is voor P-totaal, in tegenstelling tot N-totaal, een vrij stabiel patroon te zien, waarbij zo'n 85% van de waterlichamen goed scoort. Dit heeft wel grotendeels te maken met de extreem hoge normen voor P-totaal bij WS Scheldestromen, zie Figuur 2.2.



Figuur 3.9 Toetsing in de verschillende stroomgebieden voor P-totaal in 'Toetsjaren' 2009, 2015 en 2019. Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.

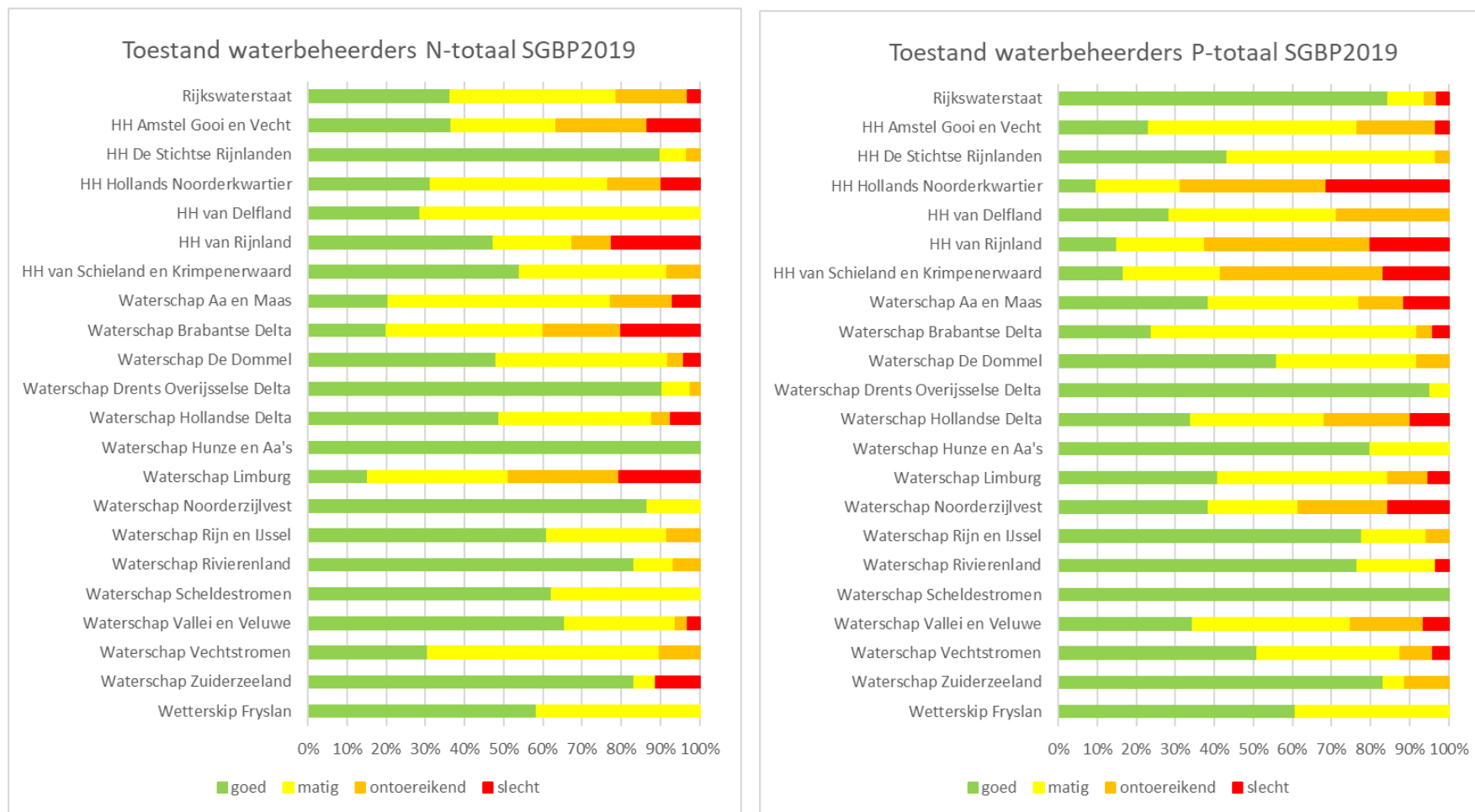
3.4 Toestand: waterkwaliteitsbeheerders

3.4.1 Toetsing 2019

In Figuur 3.10 zijn de toetsresultaten van N-totaal en P-totaal uitgesplitst per waterkwaliteitsbeheerder voor 'Toetsjaar' 2019. De toetsresultaten voor 'Toetsjaar' 2009 en 'Toetsjaar' 2015 staan vermeld in Bijlage A.2. Voor zowel N- als P-totaal zijn er grote verschillen tussen waterschappen in het aantal waterlichamen dat als goed wordt beoordeeld (tussen 10 en 100%).

Voor N-totaal zijn er in 2019 drie waterschappen waarbij (bijna) alle waterlichamen (>90%) als goed worden beoordeeld. Het betreft de waterschappen Stichtse Rijnlanden, Drents Overijsselse Delta en Hunze en Aa's. Deze laatste scoort zelfs 100% goed. Zuiderzeeland (83%) Rivierenland (83%) en Noorderzijlvest (87%) scoren ook boven de 75% goed. Waterschappen waarbij de waterlichamen minder goed scoren liggen voornamelijk in Delfland (29%) en in zuid Nederland (Brabantse Delta (20%), Aa en Maas (21%) en Limburg (15%)).

Voor P-totaal zijn er in 2019 zeven waterbeheerders waarbij meer dan 75% van de waterlichamen als goed wordt beoordeeld: Rijkswaterstaat, Drents Overijsselse Delta, Hunze en Aa's, Rijn en IJssel, Rivierenland, Scheldestromen en Zuiderzeeland. Bij zes waterbeheerders, waarvan Brabantse Delta en 5 beheerders gelegen in het westen van Nederland (Hollands Noorderkwartier, Schieland en Krimpenerwaard, Rijnland, Amstel Gooi en Vecht en Delfland) bereikt minder dan 1 op de 3 waterlichamen een goede toestand. Zoals al eerder vermeld scoort Scheldestromen zeer goed voor P-totaal, wat vooral te maken lijkt te hebben met de erg hoog gestelde normen. De waterkwaliteit voor P-totaal verslechterd juist in de loop der jaren (Figuur 3.3).

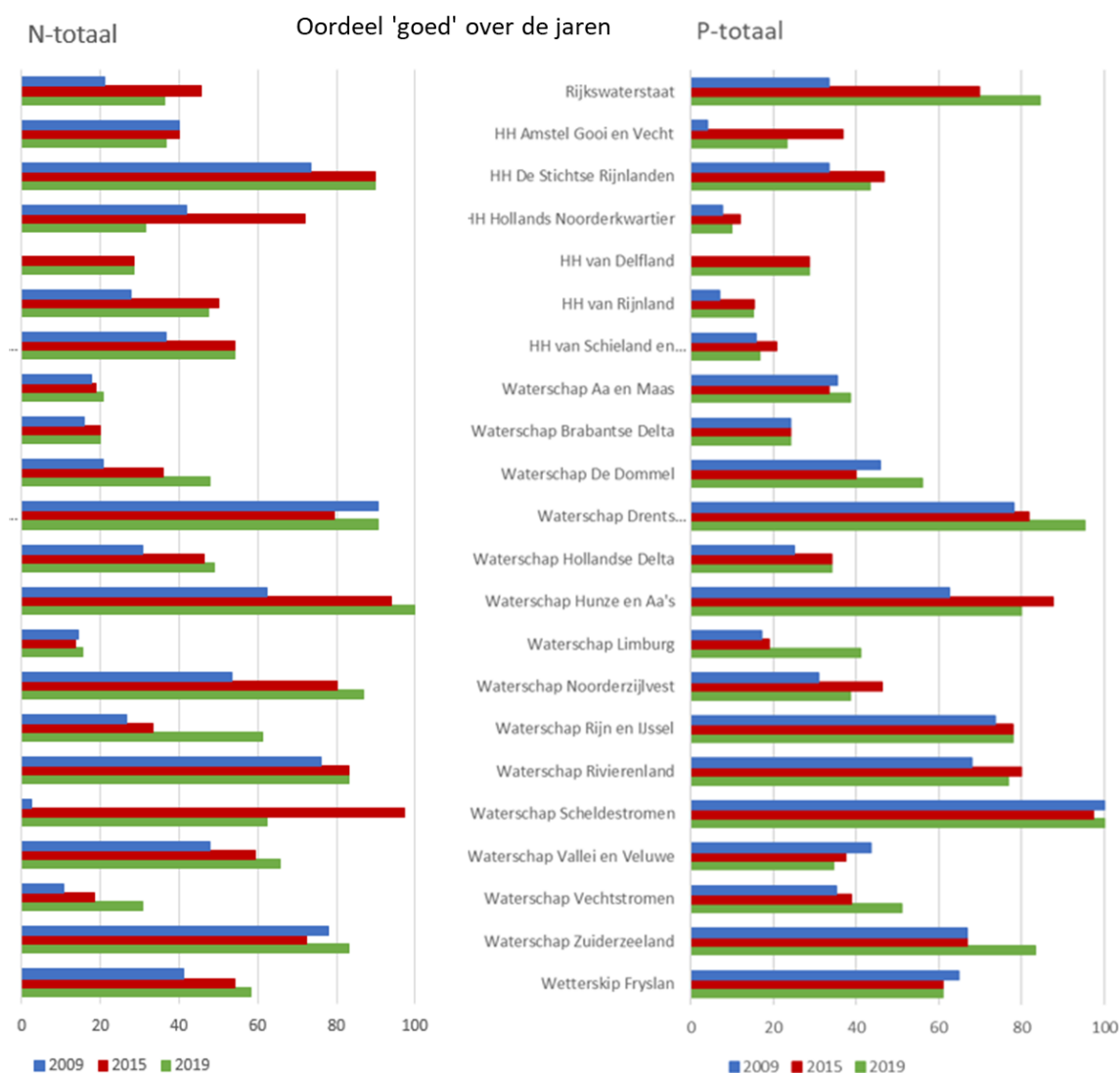


Figuur 3.10 Toetsresultaten N-totaal links en P-totaal rechts per waterbeheerder (%) voor 'Toetsjaar' 2019, Groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht.

3.4.2 Vergelijking over de toetsperioden

In Figuur 3.11 is per waterbeheerder het percentage waterlichamen met een goede toestand weergegeven voor de drie verschillende toetsperioden voor N-totaal links en P-totaal rechts; Het 'toetsjaar' 2009 is in blauw weergegeven, 'toetsjaar' 2015 in rood en 'toetsjaar' 2019 in groen. Voor de meeste waterbeheerders geldt dat het percentage waterlichamen met een goede toestand in 2019 hoger is dan in 2009 en 2015. In 2009 werd in Delfland geen enkel waterlichaam als goed beoordeeld in 2019 is dat inmiddels 29%. Ten opzichte van 2009 zijn alleen de waterbeheerders Amstel Gooi en Vecht en Hollands Noorderkwartier er procentueel op achteruit gegaan in 2019. Ten opzichte van 2015 is er in 2019 een behoorlijke achteruitgang zichtbaar voor Scheldestromen en Hollands Noorderkwartier. Rijkswaterstaat, Amstel Gooi en Vecht en Rijnland volgen in mindere mate.

Voor 8 waterschappen is vanaf 2009 een stijgende percentage zichtbaar voor waterlichamen die aan de goede toestand voldoen. Deze waterschappen zijn verspreid over Nederland. Het gaat om Fryslân, Noorderzijlvest, Hunze en Aa's, Vechtstromen, Vallei en Veluwe, Hollandse Delta, De Dommel en Aa en Maas.



Figuur 3.11 Verschil in toetsing goede toestand tussen de verschillende 'Toetsjaren' per waterbeheerder.

Blauw: 2019; rood: 2015, groen: 2009.

Voor P-totaal gaan slechts 2 waterbeheerders (Fryslân en Vallei en Veluwe) er procentueel op achteruit in 2019 t.o.v. 2009. Tussen 2015 en 2019 gaat het om 6 beheerders; Vallei en Veluwe, Rivierenland, Noorderzijlvest, Hunze en Aa's, Schieland en Krimpenerwaard, Hollands Noorderkwartier, Stichtse Rijnlanden en Amstel Gooi en Vecht.

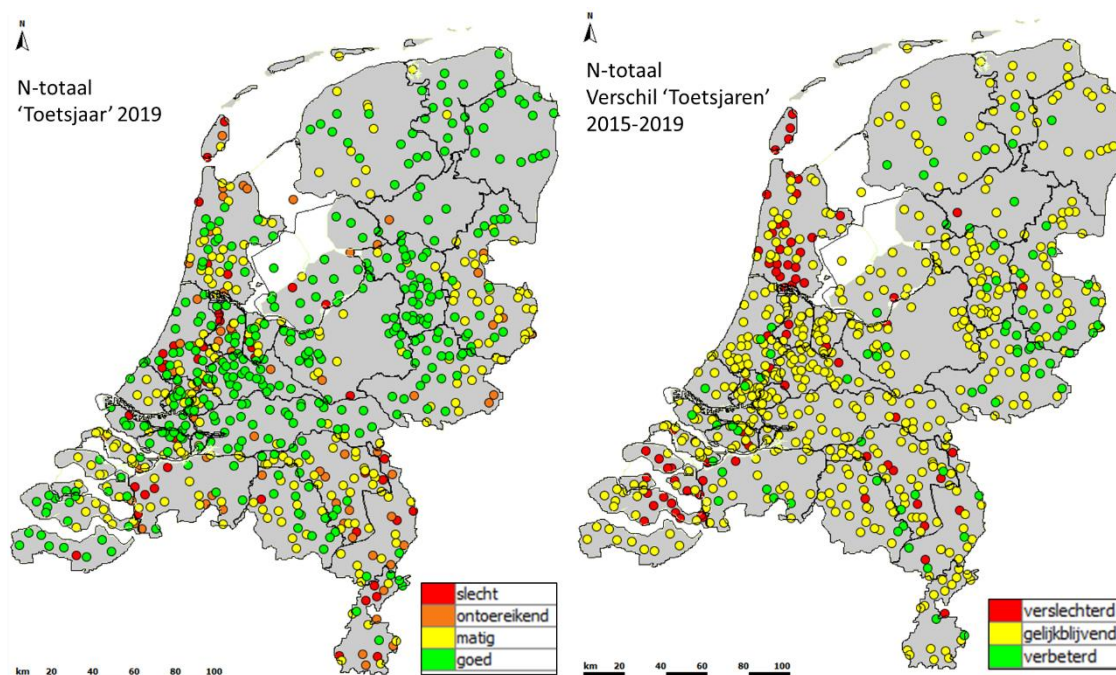
Alleen Rijkswaterstaat, Limburg, Drents Overijsselse Delta en Vechtstromen laten in de drie toetsperioden een toenemend percentage goede toestand zien. Vallei en Veluwe heeft juist een omgekeerde trend, het percentage goed wordt lager.

3.5 Toestand: ruimtelijk beeld Nederland

In Figuur 3.12 wordt links de toestand van 2019 getoond en het verschil in toestand tussen 2015 en 2019 aan de rechterkant van de figuur. De groene waterlichamen in de linker figuur voldoen aan de goede toestand, overschrijding worden aangegeven in geel voor een matige toestand, oranje voor ontoereikend en rood voor slecht. In 2019 komen normoverschrijdingen voor N-totaal door heel Nederland voor. Relatief veel overschrijdingen met oordeel ontoereikend of slecht komen voor in Limburg, Noord-Brabant en het westen van Nederland in vergelijking met andere gebieden.

Ten opzichte van 2015 heeft 76% van de waterlichamen dezelfde beoordeling als in 2019. Dit zijn de gele waterlichamen in de rechter figuur. 11% van de waterlichamen heeft een betere beoordeling gekregen (groen) en 11% van de waterlichamen heeft een slechtere beoordeling (zie ook paragraaf 3.2). Waterlichamen waarbij de waterkwaliteit verslechterd is liggen voornamelijk in het beheersgebied van Hollands Noorderkwartier, Scheldestromen en Aa en Maas. Tussen 2015 en 2019 is de verbetering vooral zichtbaar in het Noorden en Oosten van Nederland.

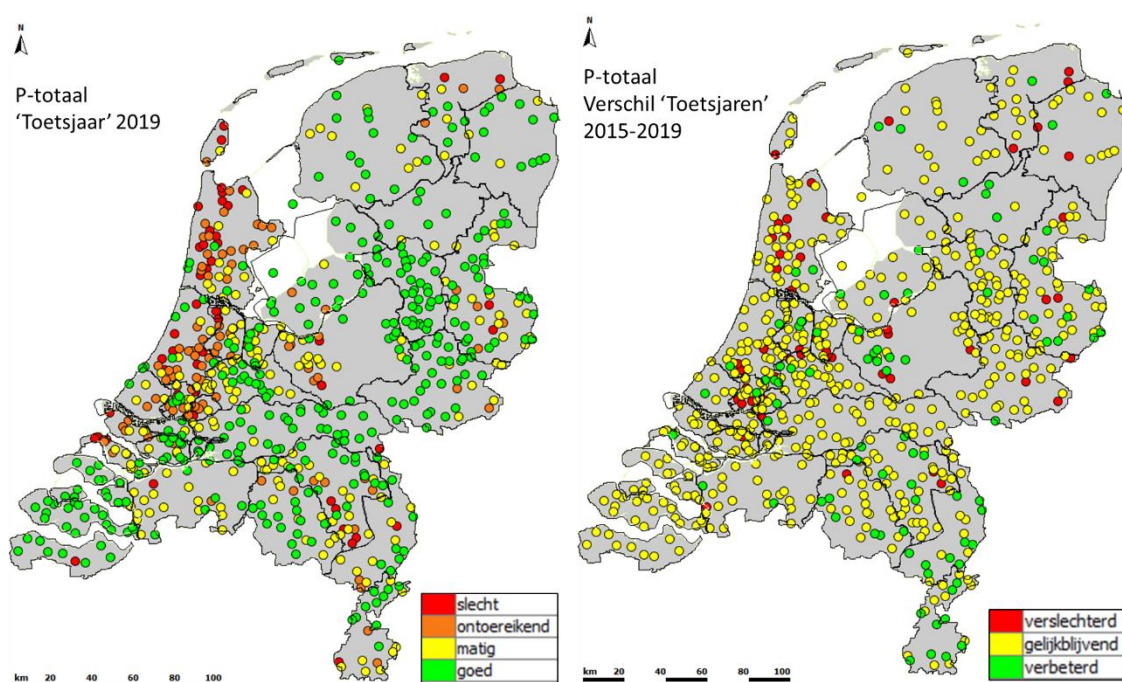
De 'Toetsjaren' 2009 en 2015 en de verschilkaart 2009-2019 zijn terug te vinden in bijlage A.3.



Figuur 3.12 Resultaten toetsing N-totaal 'Toetsjaar' 2019 links, waarbij groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht. Rechts het verschil in toestand tussen 'Toetsjaren' 2015-2019. Rood: verslechterd, geel: gelijk en groen: verbeterd

Voor P-totaal is er net als bij N-totaal ook een ruimtelijke spreiding in normoverschrijdingen in vergelijking met N-totaal, zie Figuur 3.13. Wat opvalt zijn de vele overschrijdingen ontoereikend of slecht in het westen (Hollands Noorderkwartier, Rijnland, Delfland, Schieland en de Krimpenerwaard en het westen van Amstel, Gooi en Vecht), maar ook bij Aa en Maas en de zuidwesthoek van Vallei en Veluwe.

Op de verschilkaart tussen de toetsing van 2015 en 2019 is te zien dat een meerderheid van de waterlichamen (77%) hetzelfde oordeel heeft in 2015 en 2019, maar dat 12% een betere beoordeling en 8% een slechtere beoordeling heeft (zie ook paragraaf 3.2). Deze locaties liggen verspreid over Nederland. Ook voor P-totaal staan de afbeelding van de 'Toetsjaren' 2009 en 2015 en de verschilkaart 2009-2015 in bijlage A.3.

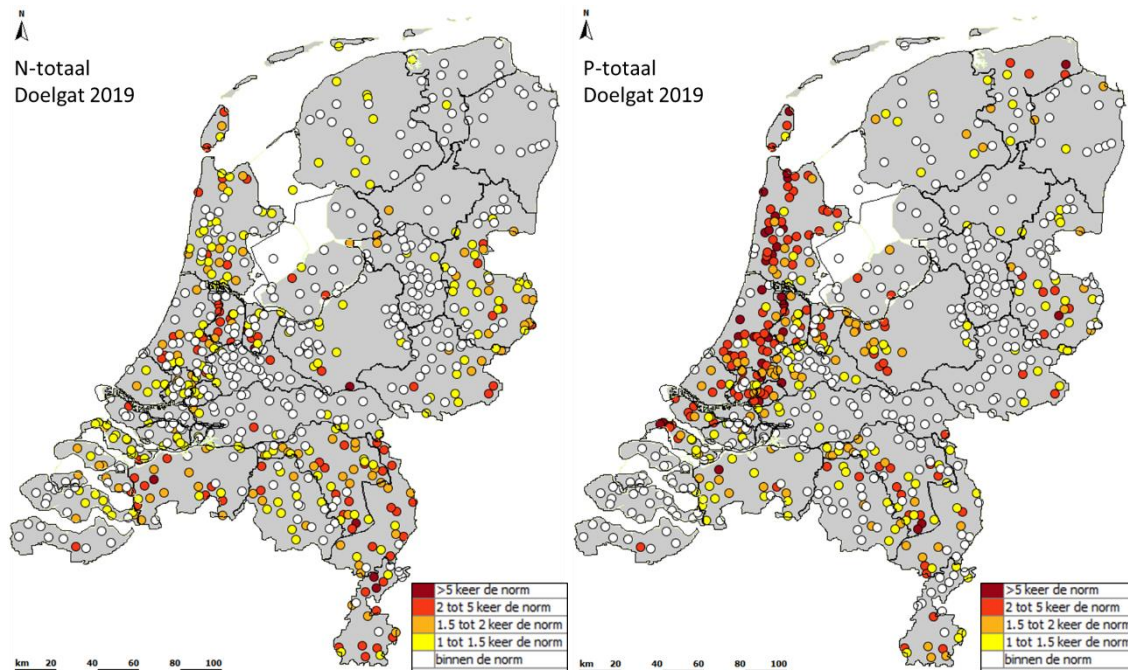


Figuur 3.13 Resultaten toetsing P-totaal 'Toetsjaar' 2019 links, waarbij groen: goed; geel: matig; oranje: ontoereikend; rood: slecht. Rechts het verschil in toestand tussen 'Toetsjaren' 2015-2019. Rood: verslechterd, geel: gelijk en groen: verbetering.

3.6 Toestand: Doelgat

In Figuur 3.14 wordt het doelgat getoond voor 'Toetsjaar' 2019, waarbij het doelgat voor N-totaal aan de linkerkant en P-totaal aan de rechterkant staat weergegeven. Het doelgat is de afstand tot de norm. Hoe roder de kleur hoe verder de waterkwaliteit van het waterlichaam verwijderd is van de norm.

Wat meteen opvalt in de figuur is de spreiding over Nederland. Voor N-totaal zijn de waterlichamen die een grotere afstand tot de norm hebben vooral gelegen in het beheersgebied van de Brabantse waterschappen, waterschap Limburg, Vechtstromen en Amstel Gooi en Vecht. Voor P-totaal zijn het met name de waterbeheerders in Noord- en Zuid-Holland en Aa en Maas.



Figuur 3.14 Doelgat, overschrijding van de norm, voor N-totaal links en P-totaal rechts. Donkerrood: >5 keer hoger dan de norm, rood: 2-5 hoger dan de norm, oranje: 1.5-2 hoger dan de norm, geel: 1-1.5 hoger dan de norm en wit: binnen de norm.

4 Bepaling van trends

Dit hoofdstuk beschrijft de methode waarmee trends bepaald zijn en laat vervolgens de resultaten zien op nationaal en regionaal niveau.

4.1 Methode trendbepaling

De trends zijn alleen berekend voor KRW-monitoringslocaties die in een KRW-waterlichaam liggen met een voldoende lange meetreeks. Ook de KRW-meetlocaties uit de periode 1990-2014 worden bij de trendanalyse betrokken, zie paragraaf 2.1.3. Voor de trendanalyse is gebruik gemaakt van het berekende maandgemiddelde voor de KRW-meetlocaties behorende bij één KRW-monitoringslocatie.

Als criterium is gehanteerd dat de meetreeks minimaal 10 jaar lang moet zijn (waarvan minimaal 5 recente jaren in de periode vanaf 2010) en minimaal 10 metingen per jaar moet bevatten. De trends zijn per meetlocatie berekend over de gehele meetperiode waarbij zowel de zomer- als de wintermeetwaarden zijn meegenomen. Aangezien de metingen niet bij elke monitoringslocatie in hetzelfde jaar gestart zijn, is de tijdsperiode waarover de trend is berekend verschillend voor de verschillende locaties. Voor de trendanalyse heeft ruim de helft van de KRW-locaties een voldoende lange meetreeks: 523 KRW-monitoringslocaties voor N-totaal en 526 voor P-totaal.

Bij het aggregeren van monitoringslocaties tot een oordeel voor een bepaald gebied (bijvoorbeeld per waterbeheerder) is een minimum van tien monitoringslocaties gehanteerd om een betrouwbare uitspraak te doen over trends in de waterkwaliteit.

Een belangrijk uitgangspunt bij de trendanalyses is dat er eerst per monitoringslocatie trends worden bepaald, die vervolgens worden geaggregeerd naar een uitspraak op landelijk niveau of per waterschap. Het alternatief is eerst gemiddelden of medianen berekenen en daar trends doorheen berekenen. Deze methode geeft echter grotere onzekerheden door de grote ruimtelijke variatie in concentraties. Dit levert een relatief grote onzekerheid in de berekende gemiddelden of medianen op en dus ook een grote onzekerheid in de trendbepaling. Ondanks de grote ruimtelijke variatie in de concentraties is het goed mogelijk dat de trends in deze concentraties minder variabel zijn. Door eerst trends per monitoringslocatie te bepalen en vervolgens te aggregeren heeft de variatie in de absolute concentratieniveaus geen invloed op de (onzekerheid in) de resultaten van de trendanalyse. Een belangrijk voordeel is ook dat deze methode veel minder gevoelig is voor gaten in de tijdreeksen (Broers & Van de Grift, 2004; Visser, 2009).

Een tweede uitgangspunt bij de trendanalyse is dat er robuuste statistische methodes zijn gebruikt, die niet of nauwelijks gevoelig zijn voor uitschieters in de datasets. De gebruikte methodes zijn beschreven in de internationale wetenschappelijke literatuur en worden veelvuldig gehanteerd zowel in de hydrologie als in andere disciplines. Er zijn voor de trendanalyse drie methodes gehanteerd, die alle drie verschillende informatie opleveren en elkaar kunnen versterken:

- 1 De Seasonal Mann Kendall trendtest (Hirsch and Slack, 1984) is een statistische test die aangeeft of er een significante opwaartse of neerwaartse trend in de gegevens aanwezig is. Deze Seasonal Mann Kendall test geeft nog geen informatie over de grootte (helling/steilheid) van de trend.

- 2 De Theil-Sen hellingschatter (Hirsch et al., 1982) geeft die informatie wel. Met deze methode is de mediane trendhelling met het 95% betrouwbaarheidsinterval bepaald. Een minpunt van deze analyse is dat er slechts één (mediane) helling voor de hele meetperiode berekend wordt, terwijl een trend ook tijdens de meetperiode steiler kan worden of kan afvlakken.
- 3 De LOWESS-trendlijn (Cleveland, 1979) trekt een globale kromme, een soort lokale mediaan, door de meetgegevens, waardoor een trendlijn ontstaat die bijvoorbeeld kan afvlakken als een trend niet doorzet.

De methodes zijn ontleend aan eerder onderzoek naar trends in oppervlaktewater (o.a. Kronvang et al., 2008) en grondwater (o.a. Visser, 2009). De analyses zijn uitgevoerd in het statistische programma R (R Development Core Team, 2009). In Bijlage B worden de drie methodes nader beschreven en wordt uitgelegd op welke manier ze toegepast zijn op de trendmeetpunten van deze studie.

4.2 Resultaten

4.2.1 Landelijke trends

Er zijn drie verschillende statistische methodes gebruikt om de trends voor het jaargemiddelde te berekenen. Alle drie de methodes geven hetzelfde landelijke beeld: de concentraties zijn voor zowel N- als P-totaal aan het dalen. Hieronder worden achtereenvolgens de resultaten van de drie statistische analyses besproken.

Seasonal Mann Kendall

De Seasonal Mann Kendall trendtest geeft per meetreeks aan of er een significante trend in de meetreeks zit. De voor heel Nederland geaggregeerde resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.1, met het aantal trendmeetpunten met opwaartse en neerwaartse trends en het aantal meetpunten zonder significante trend.

Van de KRW-monitoringslocaties waarbij een trend bepaald kon worden, laat voor N-totaal ruim 80% een significantie neerwaartse trend zien. Voor P-totaal is de trend voor ruim 70% van de monitoringslocaties significant neerwaarts. Voor zowel N- als P-totaal laat minder dan 10% (respectievelijk 4 en 6%) van de monitoringslocaties een significant opwaartse trend zien.

Tabel 4.1 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trend test voor de hele tijdreeks: het aantal monitoringslocaties met een opwaartse, neerwaartse en zonder significante trend.

	N-totaal	P-totaal
Neerwaarts	426	370
Opwaarts	19	33
Geen significante trend	78	123
Totaal	523	526

Theil-Sen hellingschatter

Met de Theil-Sen hellingschatter is per trendlocatie een trendhelling berekend. Deze trends zijn geaggregeerd door de mediane trendhelling en het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond deze mediane trendhelling te bepalen. De resultaten voor de hele tijdreeks zijn opgenomen in Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Mediane trendhelling en 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor N-totaal en P-totaal voor de hele tijdreeks, berekend met de Theil-Sen hellingschatter.

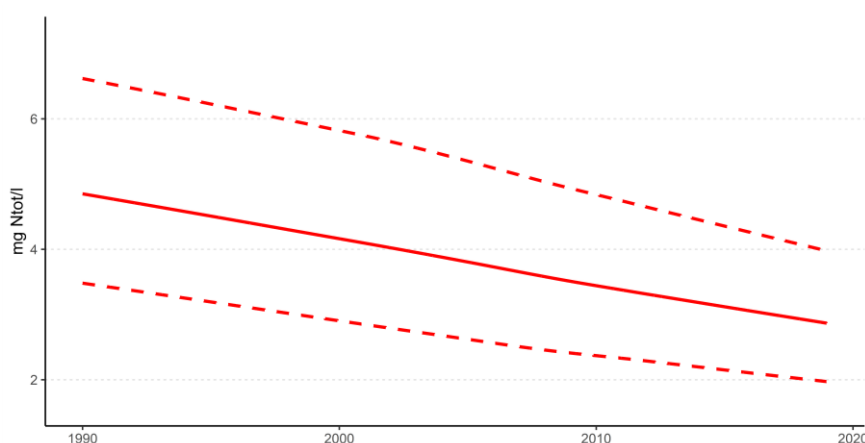
	Mediane trend (mg/l per decennium)	Lower / upper 95% betrouwbaarheid (mg/l per decennium)	Relatieve trend	Conclusie
N-totaal	-0,64	-0,69 / -0,58	-19%	Neerwaarts significant
P-totaal	-0,025	-0,030 / -0,021	-15%	Neerwaarts significant

Voor N- en P-totaal zijn zowel de mediane trendhelling als de beide hellingen van het 95%-betrouwbaarheidsinterval neerwaarts, oftewel negatief. Dit betekent dat er met 95% zekerheid een neerwaartse trend in de concentraties van N-totaal en P-totaal is. Voor N-totaal bedraagt de mediane decennium-afname in de concentratie 0,64 mgN/l en voor P-totaal 0,025 mgP/l. Relatief gezien een afnemende trend van 19% voor N-totaal en 16% voor P-totaal.

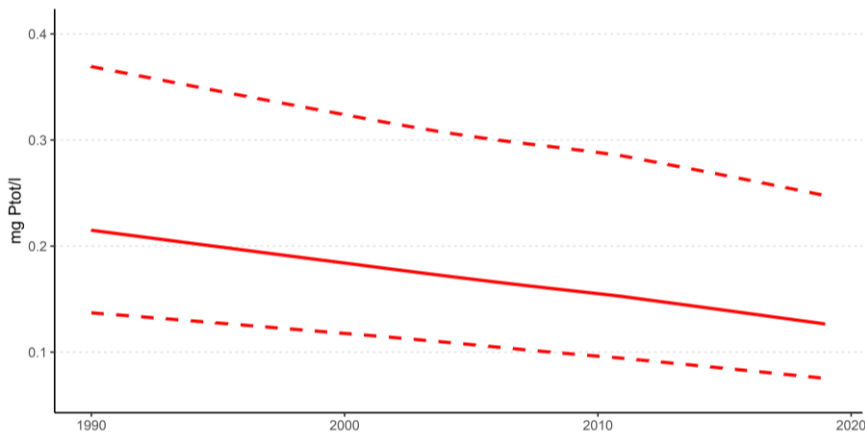
Lowess

Door de gegevens van alle trendmeetpunten zijn kromme LOWESS-trendlijnen berekend. Met deze techniek is te signaleren of een trend steiler wordt of juist afvlakt in de loop van de tijd. De trendlijnen zijn geaggregeerd door een nieuwe LOWESS-trendlijn en een 25- en 75-percentiel LOWESS-trendlijn te berekenen door de LOWESS-trendlijnen per locatie. De 25-percentiel LOWESS geeft de trends voor het lagere concentratiebereik weer en de 75-percentiel LOWESS voor het hogere concentratiebereik. Gezamenlijk geven de 25- en 75-percentiel LOWESS de bandbreedte weer waarbinnen 50% van de waterlichamen zich qua concentratieniveau bevindt. De geaggregeerde LOWESS-trendlijnen voor N-totaal en P-totaal zijn weergegeven in Figuur 4.1 en Figuur 4.2.

Voor zowel N-totaal als P-totaal dalen de LOWESS-trendlijn en de 25- en 75-percentiel trendlijnen over de gehele periode



Figuur 4.1 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25 en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor N-totaal.



Figuur 4.2 Geaggregeerde LOWESS-trendlijn en de 25 - en 75-percentiel LOWESS-trendlijnen (gestippeld) voor P-totaal.

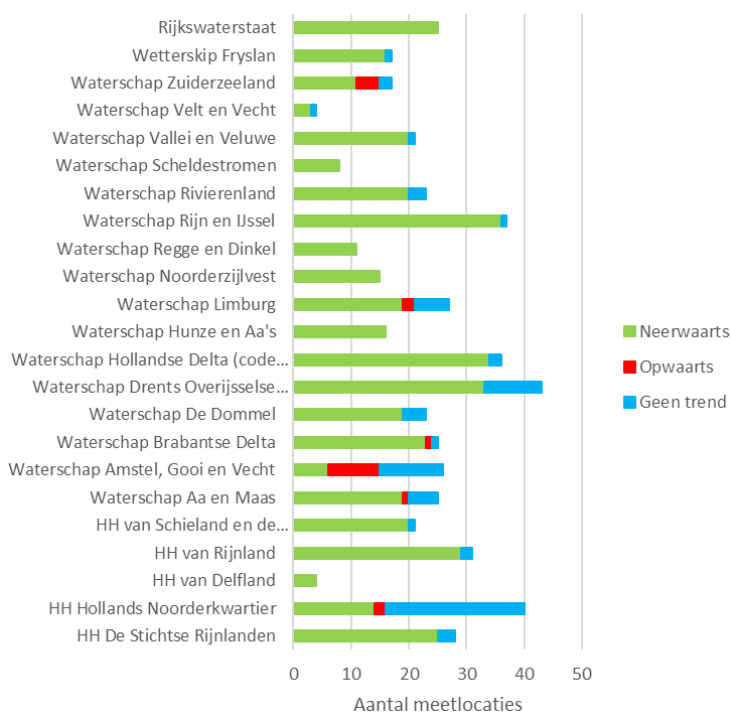
4.2.2 Trends per waterkwaliteitsbeheerder

Seasonal Mann Kendall

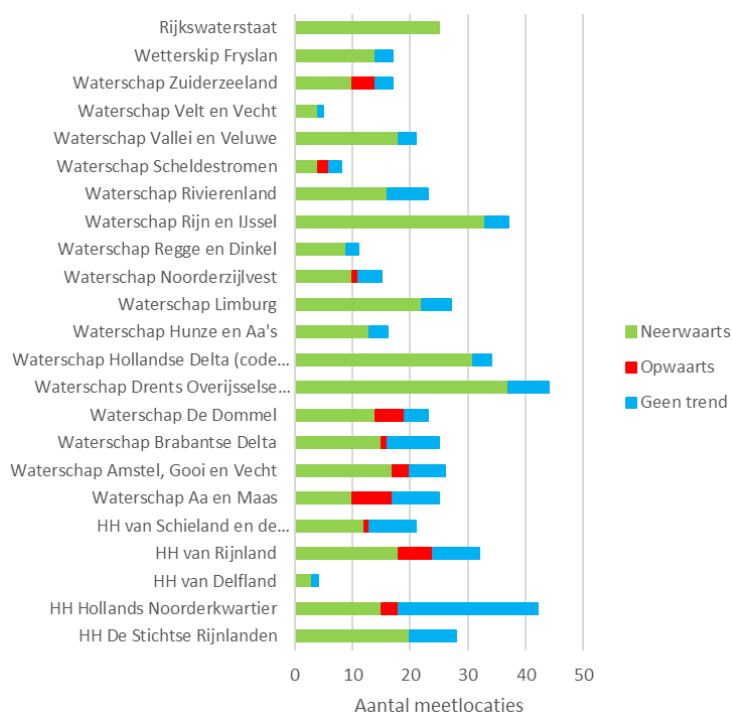
Figuur 4.3 en Figuur 4.4 laten voor respectievelijk N-totaal en P-totaal per waterbeheerder zien hoeveel monitoringslocaties er zijn met een opwaartse, neerwaartse en zonder significante trend (resultaat Seasonal Mann Kendall trend test).

Indien gekeken wordt naar de trendresultaten voor N-totaal voor de verschillende KRW-monitoringslocaties binnen de verschillende waterschappen, verkregen met de Seasonal Mann Kendall trendtest, is het beeld vrij eenduidig: het grootste deel van de KRW-monitoringslocaties, 81% heeft een significant neerwaartse trend voor N-totaal (zie Figuur 4.3). De meeste KRW-monitoringslocaties met een opwaartse trend liggen in Waterschap Amstel, Gooi en Vecht; 35% van de monitoringslocaties in dit beheersgebied heeft een opwaartse trend. Daarnaast is er in dit waterschap een groot percentage (42%) zonder significante trend. Bij waterschap Zuiderzeeland heeft 24% van de KRW-monitoringslocaties een opwaartse trend. Van de overige waterschappen hebben Hollands Noorderkwartier, Drents Overijsselse Delta en Limburg een relatief groot aantal monitoringslocaties (>20%) met een trend die niet significant is.

In Figuur 4.4 is voor P-totaal het resultaat te zien van de Seasonal Mann Kendall trendtest. Op één waterschap na, laten alle waterschappen bij meer dan de helft van de monitoringslocaties een significant neerwaartse trend zien. Bij Hollands Noorderkwartier ligt dit percentage lager (36%) en het aantal locaties zonder trend is 57%. Bij Aa en Maas, Scheldestromen en Zuiderzeeland laat 1 op de 4 locaties een significante stijgende trend zien.



Figuur 4.3 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trend test voor N-totaal voor de verschillende waterschappen: het aantal monitoringslocaties met een opwaartse, neerwaartse en zonder significante trend.

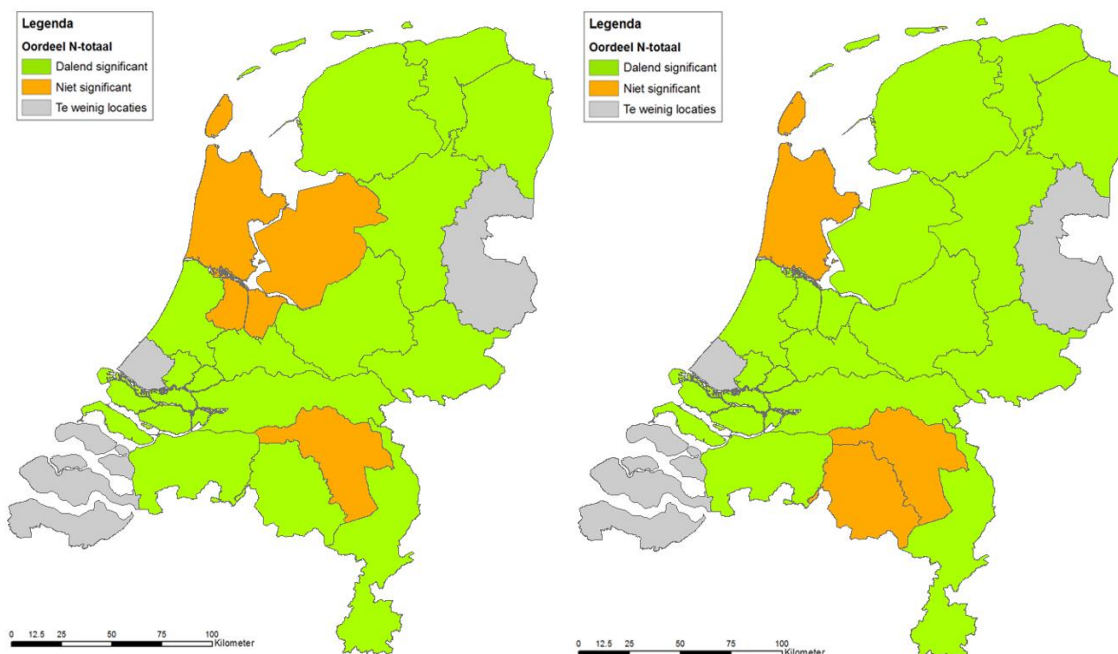


Figuur 4.4 Resultaten van de Seasonal Mann Kendall trend test voor P-totaal voor de verschillende waterschappen: het aantal monitoringslocaties met een opwaartse, neerwaartse en zonder significante trend.

Theil-Sen

In Figuur 4.5 is op een kaart per waterbeheerder weergegeven of de trend significant opwaarts, neerwaarts of niet significant is, of dat er te weinig monitoringslocaties (< 10) zijn om een betrouwbare uitspraak te doen (resultaten Theil-Sen hellingschatter). In deze kaarten zijn de rijkswateren niet apart weergegeven, deze kleuren groen op de kaart.

De waterschappen Delfland, Vechtstromen en Scheldestromen hebben voor N-totaal minder dan tien monitoringslocaties, waardoor geen betrouwbare uitspraak gedaan kan worden over een gebiedstrend (zie paragraaf 4.1). Van de overige 19 waterbeheerders hebben 15 waterbeheerders voor N-totaal een significant neerwaartse trend (Theil-Sen hellingschatter; zie Figuur 4.5 links). Voor P-totaal in de rechterfiguur is er een overall neerwaartse trend waarneembaar bij 16 waterbeheerders.



Figuur 4.5 Oordeel per waterschap over de significantie van de trend voor N-totaal (links) en P-totaal (rechts) (resultaat van de Theil-Sen hellingschatter).

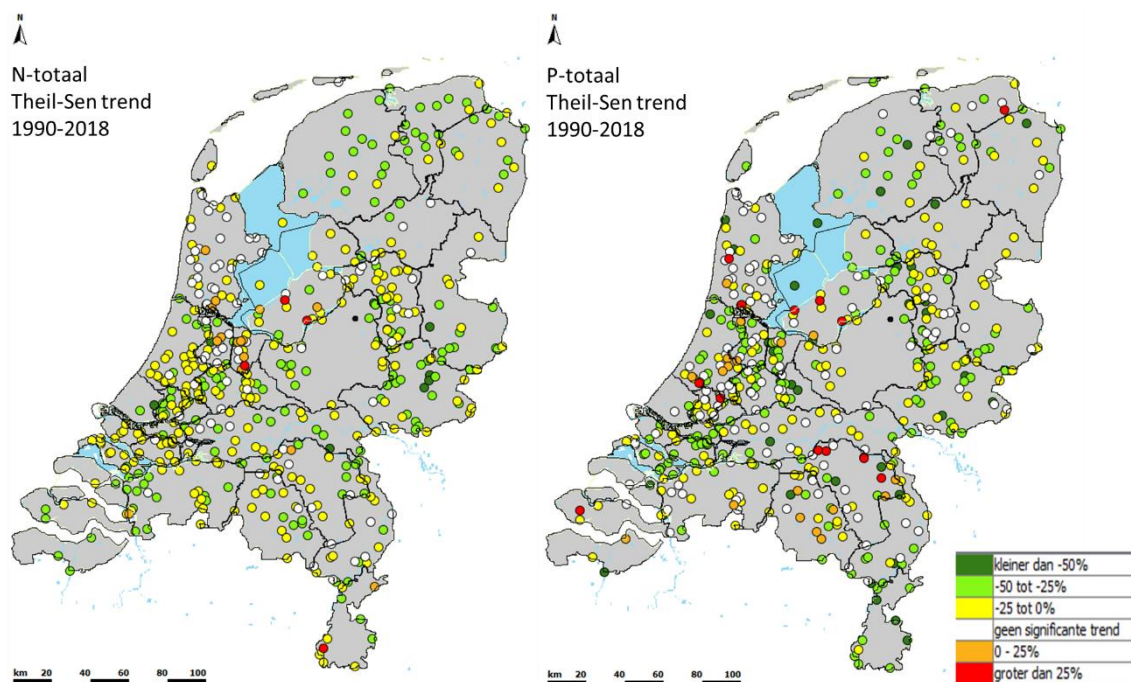
4.2.3 Ruimtelijk beeld trends

Om een ruimtelijk beeld te krijgen van de voorkomende trends zijn in Figuur 4.6 de procentuele Theil-Sen trendhellingen ten opzichte van de mediaan voor N- en P-totaal weergegeven. Er is gekozen om de procentuele hellingen weer te geven in plaats van de absolute hellingen omdat het effect van de daling of stijging sterk afhankelijk is van de concentratie (bij een hoge concentratie heeft een zekere daling minder effect dan bij een lagere concentratie).

In overeenstemming met de resultaten die in de voorgaande paragrafen zijn gepresenteerd, zijn voor N-totaal, links in figuur, in grote delen van Nederland vooral locaties aanwezig met een neerwaartse trend. De locaties met een opwaartse trend (oranje en rood) zijn met name in het gebied van Amstel, Gooi en Vecht en Zuiderzeeland te vinden (Figuur 4.6). Verspreid over Nederland liggen nog enkele monitoringslocaties met een opwaartse trend. In het beheersgebied van Rijn en IJssel zijn de meeste locaties te vinden met een grote procentuele daling (>50%).

Voor P-totaal (rechter figuur) kan geconcludeerd worden dat er een regionaal patroon te zien is in de procentuele trends. De meeste opwaartse trends zijn geclusterd in het zuidoosten van Nederland (de Dommel en Aa en Maas). Daarnaast liggen er in het westen van Nederland en Zuiderzeeland een aantal monitoringslocaties met een relatief grote opwaartse trend. De locaties in Amstel, Gooi en Vecht liggen redelijk geclusterd. Verder ligt er verspreid over Nederland nog een enkele locatie met een opwaartse trend.

Monitoringslocaties met een neerwaartse trends liggen verspreid over heel Nederland. Vooral in het Noordoostelijke deel van Nederland zijn relatief veel monitoringslocaties met een grote (>50%) procentuele daling.



Figuur 4.6 Relatieve Theil-Sen trendhelling (percentage t.o.v. mediaan) over de over de gehele meetreeks voor de trendmonitoringslocaties met N-totaal links en P-totaal rechts. Geel en groen zijn locaties met dalende concentraties, oranje en rood met stijgende concentraties.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies ten aanzien van toestand en trends

De algemene resultaten van deze update van KRW-NUTrend laten zien dat de toestand voor N- en P-totaal in de Nederlandse KRW-lichamen nog steeds verbetert. Tegelijk worden de KRW nutriëntendoelen in ongeveer de helft van de waterlichamen nog niet gehaald.

De helft van de Nederlandse KRW-Waterlichamen hebben voor zowel N-totaal als P-totaal een goede toestand. De grootste toename in waterlichamen met de goede toestand is te zien tussen 2009 en 2019. Tussen 2015 en 2019 neemt het aantal waterlichamen met een goede toestand voor N-totaal iets af en bij P-totaal iets toe.

In de stroomgebieden van Eems, Maas, Rijn en Schelde is vanaf 2009 een stijgende trend te zien in het aantal waterlichamen met een goede toestand. Voor N-totaal is het percentage waterlichamen met een goede toestand in 2019 opgelopen tot respectievelijk 100%, 22%, 59% en 51%. Alleen in de Schelde is een afname te zien tussen 2015 en 2019. Ook bij P-totaal is er een stijgende trend vanaf 2009. De Eems zit op 71% met een goede toestand in 2019, Maas op 41%, Rijn op 48% en Schelde op 85%.

Bij de waterbeheerders is een wisselend beeld zichtbaar. Dat blijkt ook als gekeken wordt naar het doelgat. Bij de resultaten voor de bepaling van het doelgat (de afstand tot de norm) valt de grote spreiding over Nederland op. Voor N-totaal zijn de waterlichamen die meer dan 2x de norm overschrijden vooral gelegen in het beheersgebied van de Brabantse waterschappen, waterschap Limburg, Vechtstromen en Amstel Gooi en Vecht. Voor P-totaal zijn het met name de waterbeheerders in Noord- en Zuid-Holland en Aa en Maas.

De drie verschillende statistische methodes die gebruikt zijn om de trends te berekenen geven alle drie hetzelfde landelijke beeld: de concentraties voor zowel N- als P-totaal zijn aan het dalen. Voor N-totaal laat ruim 80% een significantie neerwaartse trend zien en voor P-totaal ruim 70%. Een significant opwaartse trend voor N- en P-totaal is te zien bij respectievelijk 4 en 6% van de monitoringslocaties.

Voor N-totaal hebben alle waterschappen, die genoeg monitoringslocaties hebben om een uitspraak over te doen, een significante neerwaartse trend. Ook voor P-totaal is de trend bij de meeste waterbeheerders significant neerwaarts.

Dankzij de landelijke KRW-NUTrend tool zijn de meetgegevens en de KRW-beoordelingen op landelijk niveau inzichtelijk en goed gedocumenteerd. Dat maakt het relatief makkelijk om de in de rapport beschreven analyses uit te voeren.

5.2 Aanbevelingen

Voor de meetjaren 1990-2014 is veel werk verricht om de toetsing transparant te maken. Het gaat dan vooral om het gehele proces van individuele metingen tot het toetsresultaat per waterlichaam duidelijk te krijgen, wat één van de krachten van de KRW NUTrend is. Dit bleek een moeizaam proces en daarom wordt er vanaf 2015 gebruik gemaakt van de IHW 'snapshotbestanden'. Daardoor wordt er minder gelet op reproduceerbaarheid en transparantie. Tijdens de opwerking van de 'snapshotbestanden' waren er wel een aantal opvallende zaken.

Wellicht is het verstandig om een (extra) check in te voeren op de toetsingen van de waterbeheerders, die de transparantie ten goede komt. De volgende zaken vielen op in de 'snapshotbestanden':

- Niet alle KRW-monitoringslocaties uit de 'snapshotbestanden' komen voor in de monitoringprogramma's van de beheerders. Maar ook andersom. Niet alle KRW-waterlichamen hebben KRW-monitoringslocaties toegewezen gekregen.
- Meetdata van KRW-monitoringlocaties komen bij een aantal waterbeheerders dubbel voor in de bestanden met zowel de oude- als de nieuwe beheerderscode (Limburg en Vallei en Veluwe).
- Meetwaarden uit dezelfde jaren in verschillende 'snapshotbestanden' komen niet 100% overeen. Ook de tijdstippen behorende bij één datum kunnen verschillen.
- Bij Hollands Noorderkwartier is bij 'toetsjaar' 2015 gewerkt met rapportagegrenzen voor N-totaal, die niet in LEW voorkwamen. De toetsing pakt daardoor positiever uit.

Uit de IHW 'snapshotbestanden' wordt nu niet duidelijk welke KRW-meetlocaties gebruikt worden voor de KRW-toetsing. Voor de toetsing kunnen meerdere KRW-meetlocaties behoren bij één KRW-monitoringslocatie. Dit speelt vooral bij Waterschap Zuiderzeeland. Er komen tot 27 KRW-meetlocaties voor per KRW-monitoringslocatie. Om welke meetlocaties het gaat is niet zichtbaar in de 'snapshotbestanden', omdat alleen de KRW-monitoringslocatie door beheerders ingevuld kan worden. Voor een transparante toetsing zou IHW wellicht een extra kolom aan de tabel voor de toetsmeetdata kunnen toevoegen. Die kolom zou dan kunnen worden gebruikt om de KRW-meetlocaties aan te geven, die horen bij de KRW-monitoringslocaties.

Wellicht kan de invloed van toeval op de KRW-toetsing inzichtelijk worden gemaakt. Extreme waarden hebben veel invloed op de zomergemiddelde concentraties, vooral bij P-totaal. Wat zou bijvoorbeeld het effect zijn als de hoogste 5% van de metingen wordt weggelaten?

Binnen de werkgroep statistiek (CBS, RIVM, WUR en Deltares) is onderzoek gedaan naar de verschillende trendanalysemethoden die gebruikt worden voor de Evaluatie van de Meststoffenwet. Uit deze studie is naar voren gekomen dat het voor overkoepelende rapporten voor een groot publiek goed zou zijn om trendresultaten op een uniforme manier te presenteren. Mogelijk leidt dit in de toekomst ook tot een andere visualisatie van trends binnen KRW-NUTrend.

Voor deze pilot is alleen gekeken naar nutriënten. KRW-NUTrend zou ook ingezet kunnen worden voor analyses op andere stoffen zoals prioritare (gevaarlijke) stoffen of nationale probleemstoffen. Op landelijk niveau kunnen ook gegevens van meetnetten als MNLSO of MWTL in KRW-NUTrend geautomatiseerd worden gevisualiseerd. Het grote voordeel van KRW-NUTrend is dat jaarlijkse nieuwe data op eenvoudige wijze kunnen worden toegevoegd en dat de analyses repeteerbaar zijn.

Mogelijk zouden ook extra analyses kunnen worden ingebouwd. Door integratie van meerdere kaarten zou bijvoorbeeld een risicokaart voor nutriëntenuitspoeling kunnen worden gemaakt. Met behulp van deze kaart kunnen gevoelige gebieden worden weergegeven. Zo is een snelle analyse mogelijk van de gebieden waar maatregelen getroffen moeten worden. Ook zou de 'eutrofiëringsskarakteristiek' uit de Nitraatrichtlijn kunnen worden ingebouwd.

In dit rapport is gebruik gemaakt van de FEWS-applicatie waarop KRW-NUTrend gebaseerd is. In 2019 wordt de KRW-NUTrend applicatie gelanceerd. Voor een gedetailleerder beeld kan de applicatie geraadpleegd worden via www.KRW-NUTrend.nl.

6 Literatuur

Broers, H.P. & Van der Grift, B., 2004. Regional monitoring of temporal changes in groundwater quality. J. Hydrol. 296, 192-220.

Cleveland, W.S., 1979. Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. J. Am. Stat. Ass. 74, 829-836.

Duijnhoven, van, N., J. Klein, J. Rozemeijer en S. Loos, 2015. Toestand- en trendanalyse voor nutriënten op KRW-meetlocaties, Deltares rapport 1220098-015

Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. Water Resour. Res. 18 (1), 107-121.

Hirsch, R.M. & Slack, J.R., 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Water Resour. Res. 20 (6), 727-732.

IHW, informatiehuis water, 2019, Levering 'snapshotbestanden' toets jaren 2015, 2016, 2017 en 2018.

Klein, J., Duijnhoven, van N., 2018, KRW-NUTrend – Bevindingen reproduceerbaarheid toetsoordelen voor nutriënten, Deltares rapport 11202236-005-BGS-0001, Utrecht.

Kronvang, B., Andersen, H.E., Børgesen, C., Dalgaard, T., Larsen S.E., Bøgestrand, J., Blicher-Mathiasen, G., 2008. Effects of policy measures implemented in Denmark on nitrogen pollution of the aquatic environment. Environmental Science & Policy 11, 144 – 152.

R Development Core Team, 2009. R: A language and environment for statistical computing, Wenen, Oostenrijk, URL <http://www.R-project.org>, ISBN 3-900051-07-0.

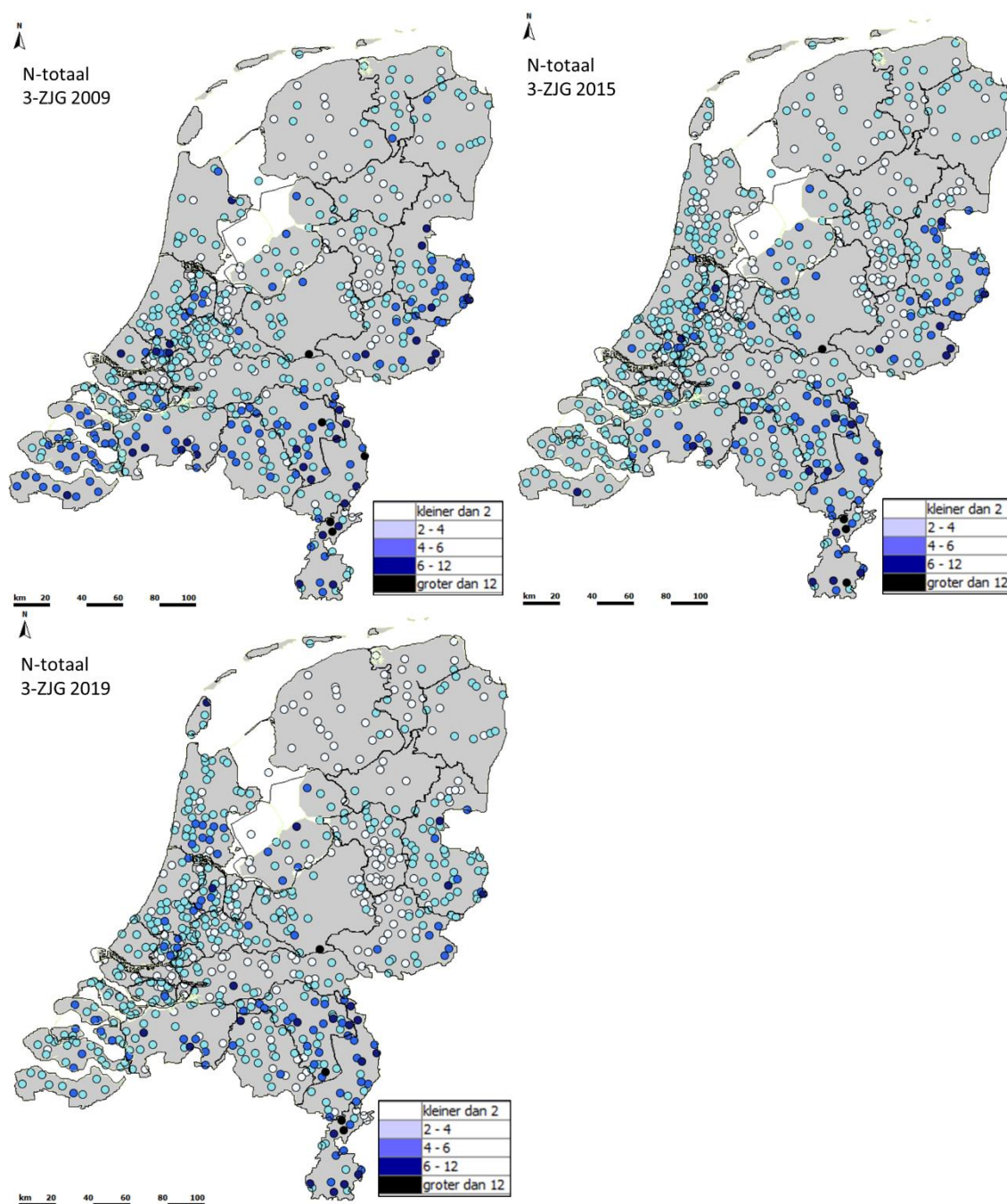
Rozemeijer, J.C., Klein, J., Broers, H.P., Van Tol Leenders, T.P., Van der Grift, B., 2014. Water quality status and trends in agriculture-dominated headwaters; a national monitoring network for assessing the effectiveness of national and European manure legislation in The Netherlands. Environ Monit. Assess. 186, 8981-8995.

Visser, A., 2009. Trends in groundwater quality in relation to groundwater age. Proefschrift Universiteit Utrecht, Nederlandse Geografische Studies 384, Utrecht.

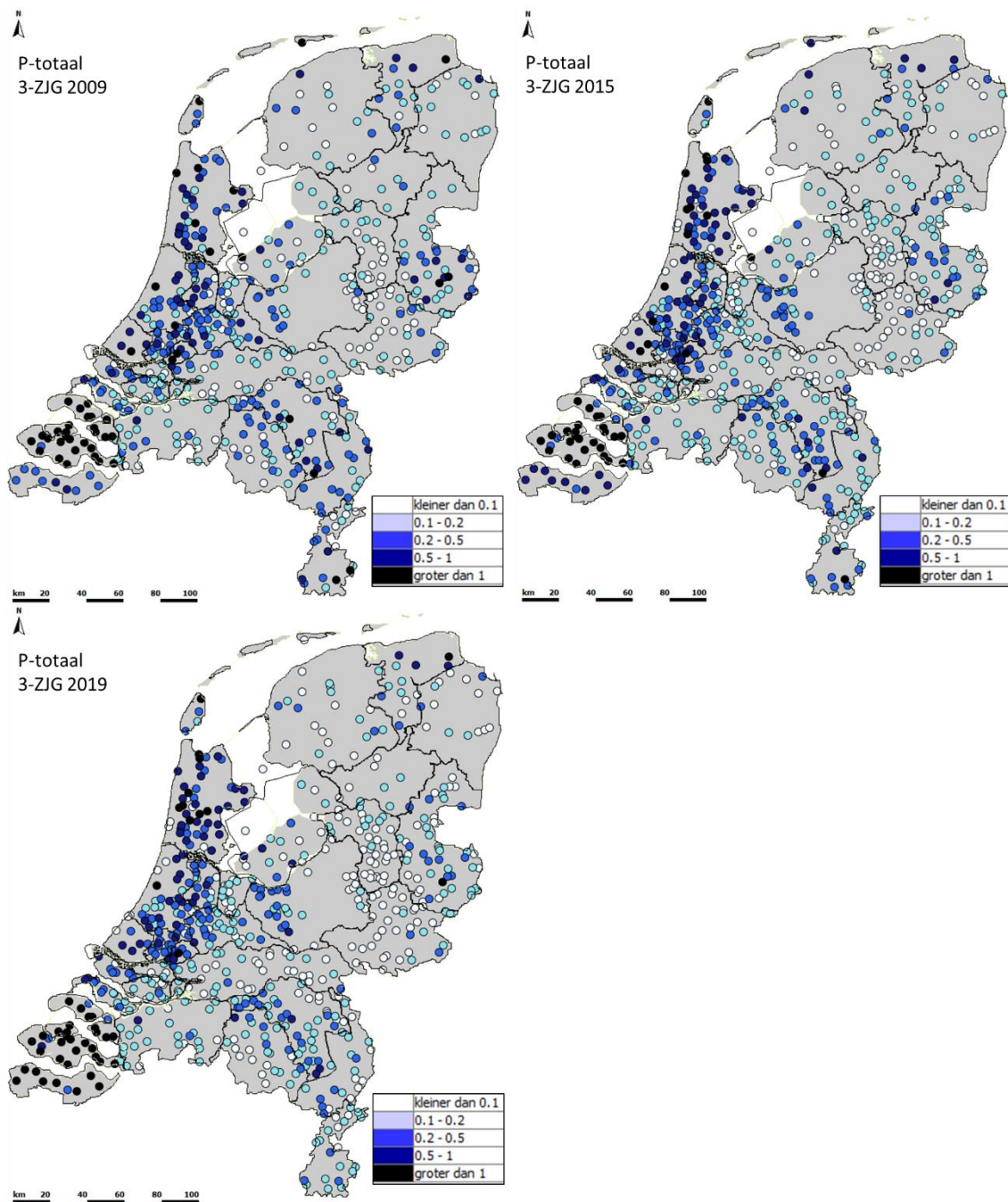
A Toetsing aan waterkwaliteitsnormen

A.1 3-jarig zomerhalfjaargemiddelden

Het 3-jarig zomergemiddelde wordt beschreven in paragraaf 3.1.1. Onderstaande tonen het et 3-jarig zomergemiddelde voor N-totaal in Figuur A.1 en voor P-totaal in Figuur A.2.



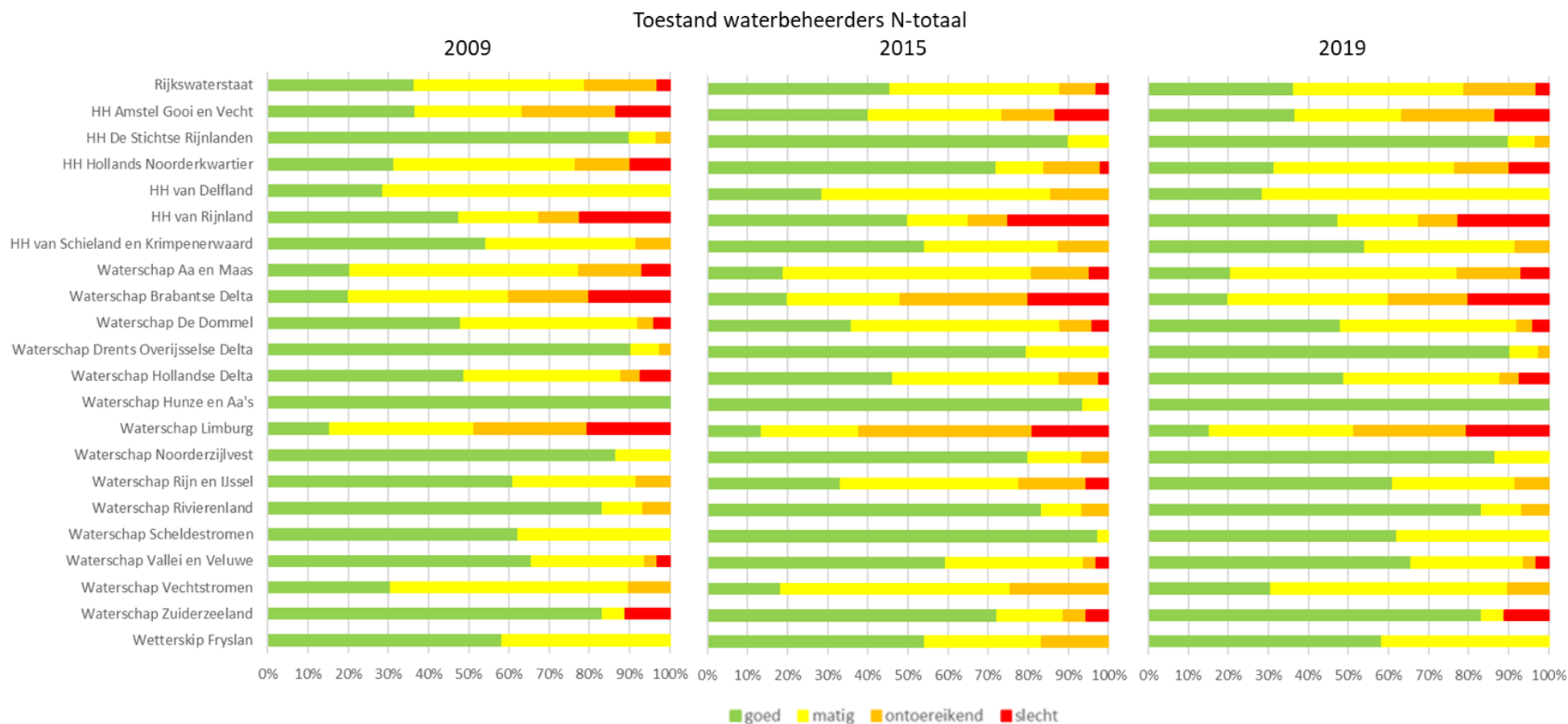
Figuur A.1 3-jarige zomerhalfjaargemiddelden N-totaal 'Toetsjaar' 2009 linksboven, 2015 rechtsboven en 2019 linksonder.



Figuur A.2 3-jarige zomerhalfjaargemiddelden P-totaal 'Toetsjaar' 2009 linksboven, 2015 rechtsboven en 2019 linksonder.

A.2 Toestand in waterbeheersgebieden

De toestand van de waterkwaliteit in de beheersgebieden van de waterbeheerders wordt beschreven in paragraaf 3.4.1. Een overzicht voor alle toetsjaren per waterbeheerder is terug te vinden voor N-totaal in Figuur A.3 en P-totaal in Figuur A.4.



Figuur A.3 Toetsresultaten N-totaal per waterbeheerder (% van de waterlichamen binnen een klasse) voor 'Toetsjaren' 2009, 2015 en 2019, waarbij groen is goed, geel is matig, oranje is ontoereikend en rood is slecht.

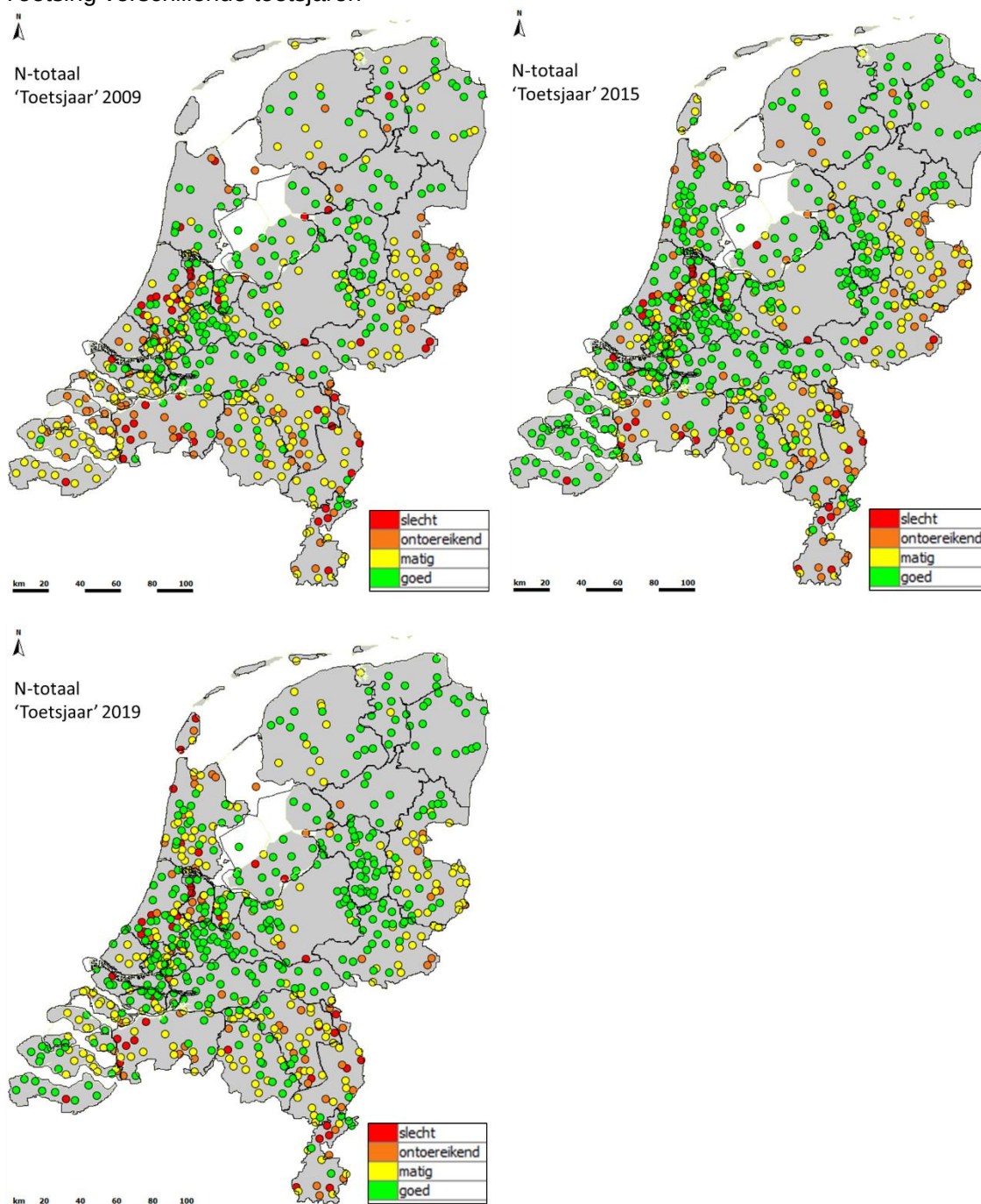


Figuur A.4 Toetsresultaten P-totaal per waterbeheerder (% van de waterlichamen binnen een klasse) voor 'Toetsjaren' 2009, 2015 en 2019, waarbij groen is goed, geel is matig, oranje is ontoereikend en rood is slecht

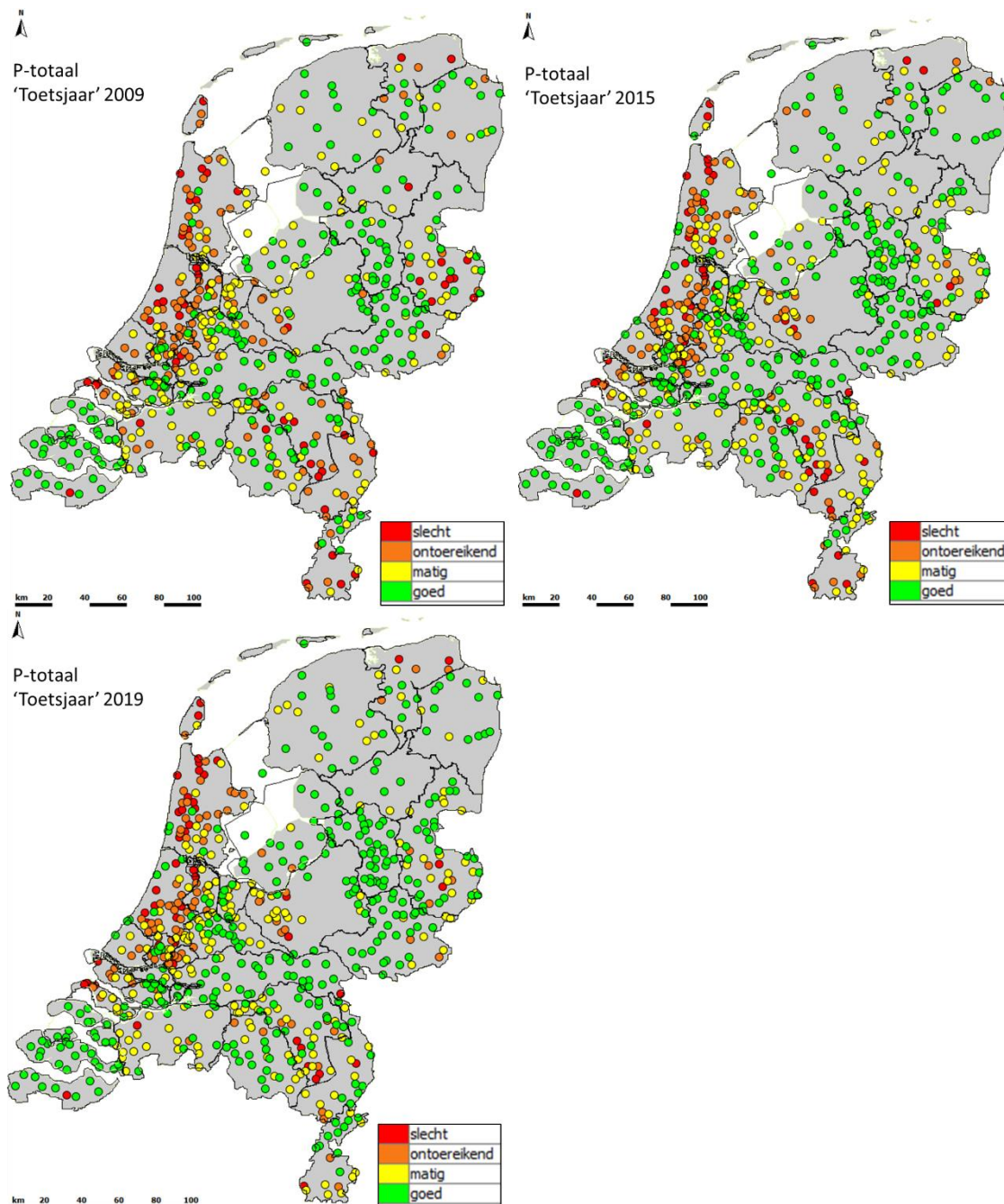
A.3 Ruimtelijk beeld toestand

In paragraaf 3.5 wordt een beeld van de ruimtelijke toestand geschetst. In Figuur A.5 en Figuur A.6 wordt de toestand getoond voor de KRW-waterlichamen in de 'Toetsjaren' 2009, 2015 en 2019. Het verschil tussen de verschillende jaren staat voor N-totaal in Figuur A.7 en voor P-totaal in Figuur A.8.

A.3.1 Toetsing verschillende toetsjaren

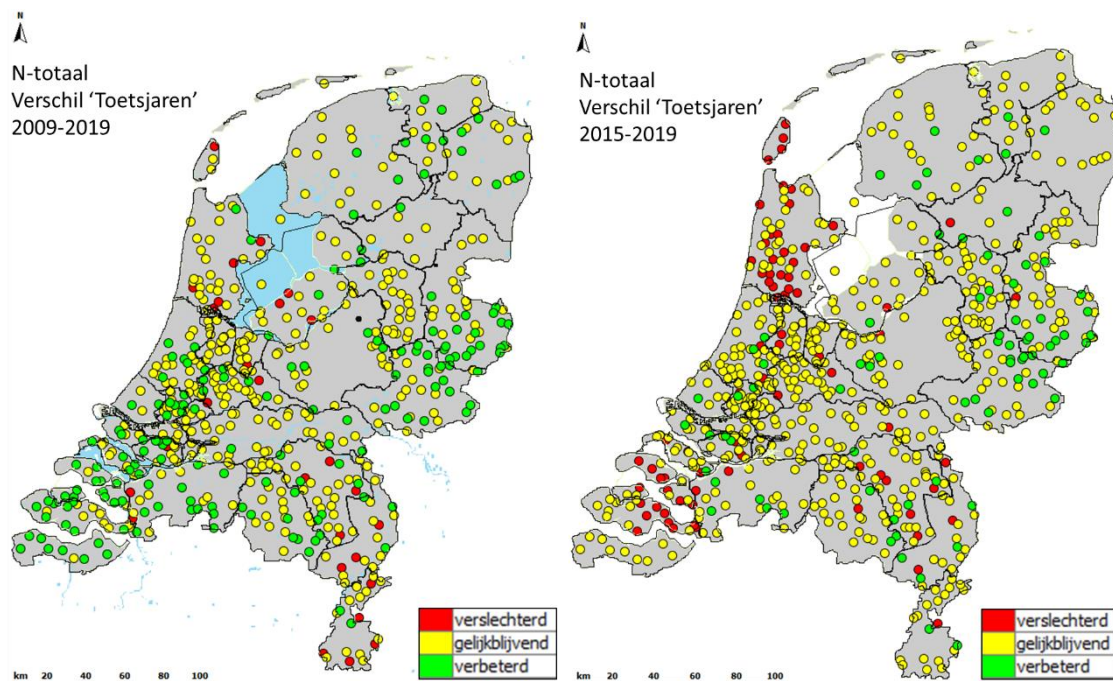


Figuur A.5 Toestand N-totaal voor de waterlichamen in 'Toetsjaren' 2009(linksboven), 2015 (rechtsboven) en 2019 (linksonder).

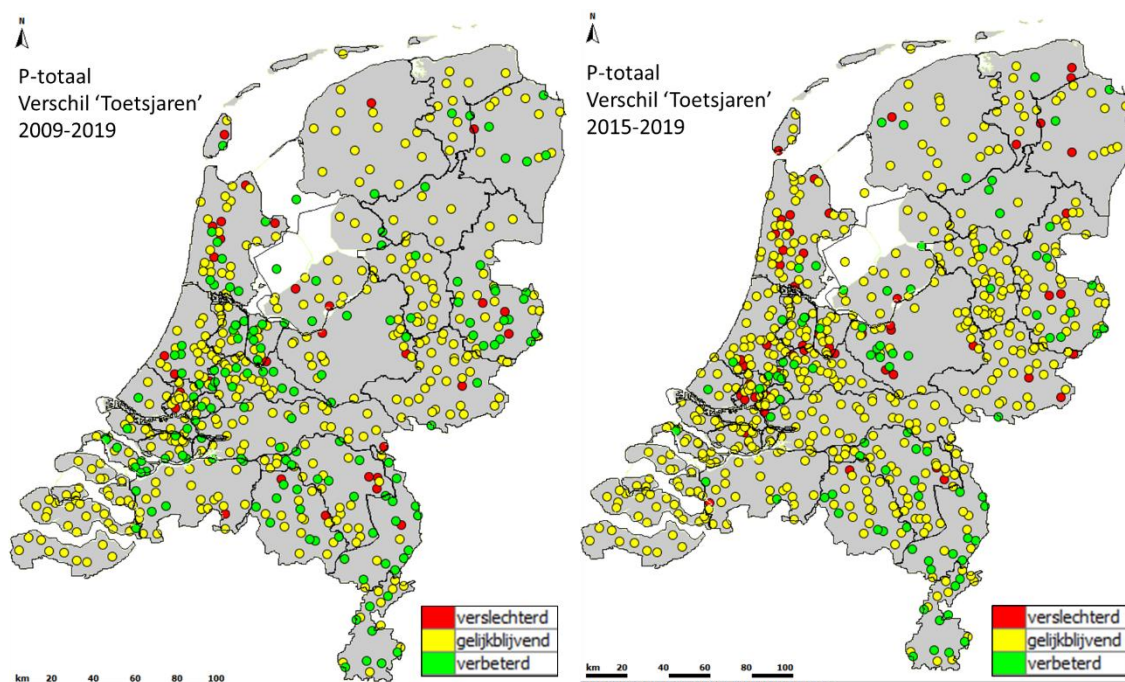


Figuur A.6 Toestand P-totaal voor de waterlichamen in 'Toetsjaren' 2009(linksboven), 2015 (rechtsboven) en 2019 (linksonder).

A.3.2 Verschilkaarten toestand



Figuur A.7 Verschilkaart toestand per waterlichaam voor N-totaal voor de 'Toetsjaren' 2009-2019 (links) en 2015-2019 (rechts) getoetst aan de normen van 2019. Rood: Toestand in klasse verslechtert, geel: gelijkblijvende klasse en groen: toestand in klasse verbeterd.



Figuur A.8 Verschilkaart toestand per waterlichaam voor P-totaal voor de 'Toetsjaren' 2009-2019 (links) en 2015-2019 (rechts) getoetst aan de normen van 2019. Rood: Toestand in klasse verslechtert, geel: gelijkblijvende klasse en groen: toestand in klasse verbeterd

B Methoden trendanalyses

Seasonal Mann Kendall trendtest

De Seasonal Mann Kendall trendtest is een robuuste, non-parametrische trendtest die speciaal bedoeld is voor meetgegevens met een seizoenaal patroon (Hirsch and Slack, 1984). Robuust wil zeggen dat de test ongevoelig is voor extreme waarden in de meetreeks en goed kan omgaan met periodes zonder metingen. Non-parametrisch betekent dat het voor deze test niet nodig is dat de metingen normaal verdeeld zijn, wat bij waterkwaliteitsgegevens ook vaak niet het geval is. De test is afgeleid van de gewone Mann Kendall trendtest die de significantie en de richting van een trend aangeeft. De Seasonal Mann Kendall trendtest berekent de statistieken echter eerst per maand over de hele periode (bijvoorbeeld alle metingen in januari) en aggregaat ze vervolgens. Of een trend significant is hangt af van de grootte (steilheid) van de trend, maar ook van de lengte en het aantal metingen daarin van de meetreeks. Het is mogelijk dat een op het oog duidelijke trend toch niet als significant uit de test komt doordat de meetreeks te kort is of doordat er te veel gaten in de meetreeks zitten.

Met de Seasonal Mann Kendall trendtest is voor alle trendmeetpunten bepaald of er een significante trend aanwezig is en of deze trend opwaarts of neerwaarts is. Om de test voor alle locaties op eenduidige wijze uit te voeren moeten alle ingevoerde reeksen maandelijkse meetwaarden hebben, zij het niet perse voor alle jaren in de meetreeks. Voor enkele locaties met een hogere meetfrequentie is daarom eerst de gemiddelde concentratie per maand berekend. De resultaten van de Seasonal Mann Kendall trendtest zijn geaggregeerd tot tabellen met de aantallen opwaartse en neerwaartse trends voor het gehele MNLSO en voor de deelgebieden klei, veen en zand.

Theil-Sen hellingschatter

De Theil-Sen hellingschatter (Hirsch et al., 1982) is een robuuste non-parametrische trendschatter. Robuust betekent dat de methode weinig gevoelig is voor extreme waarden en periodes zonder metingen in de meetreeks, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld lineaire regressie. Non-parametrisch wil zeggen dat de dataset niet normaal verdeeld hoeft te zijn, wat bij waterkwaliteitsgegevens ook vaak niet het geval is. De Theil-Sen hellingschatter bepaalt de mediane trend uit alle mogelijke trends tussen onderlinge datapunten. Dit levert de helling en het intercept van de mediane trendlijn door de meetreeks op.

De Theil-Sen hellingschatter is toegepast op alle trendmeetpunten van het MNLSO. Uit deze analyse komt voor elke locatie een rechte trendlijn met een helling en een intercept. Deze trendlijnen zijn geaggregeerd door de mediane trendhelling en het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond deze mediane trendhelling te berekenen. De mediane trend en het 95%-betrouwbaarheidsinterval zijn geplotted met de mediane meetdatum van alle reeksen als middelpunt. De trendlijnen beginnen bij de mediane startdatum en eindigen bij de mediane einddatum van de meetreeksen. Als de mediane helling en beide betrouwbaarheidsintervallen allemaal positief ofwel allemaal negatief zijn, dan is de trend significant.

De Theil-Sen trendschatter is tevens voor alle trendmeetpunten toegepast op de zomer- en winterconcentraties afzonderlijk. De zomerconcentraties zijn hierbij (conform de KRW-normtoetsing voor nutriënten) de metingen vanaf april tot en met september. De winterconcentraties zijn de metingen vanaf oktober tot en met maart. De trends door de zomer- en winterconcentraties zijn op dezelfde wijze geaggregeerd als de trends over de hele meetreeks.

Tenslotte is de Theil-Sen trendschatting toegepast voor het bepalen van de mediane trendhelling en het betrouwbaarheidsinterval voor de deelgebieden klei en zand. Voor het deelgebied veen was het aantal van acht trendmeetpunten te klein voor een betrouwbare schatting van de mediane trend.

LOWESS-trendlijn

De LOWESS (LOcally WEighted Scatterplot Smoothing) is een kromme trendlijn gebaseerd op 'lopend' fitten van polynomen (krommen) op een steeds opschuivend gedeelte van de meetreeks (Cleveland, 1979). Het principe lijkt op een lopend gemiddelde of een lopende mediaan, waarbij voor een steeds één tijdstap opschuivend deel van de meetreeks het gemiddelde of de mediaan wordt berekend. De LOWESS is wel rekenintensiever, aangezien voor elk deel van de meetreeks een lokale polynoom wordt gefit met de kleinste kwadraten methode. Bij het fitten tellen de datapunten dicht bij het centrale datapunt zwaarder mee dan de meetpunten verder weg. De zogenaamde 'smoothing span' parameter bepaalt de grootte van de subdataset rond het centrale datapunt dat meedoet met het fitten van de polynoom. Bij een grote spanwijdte wordt de lijn vlakker en minder gevoelig voor uitschieters in de dataset. Bij kleine spanwijdtes volgt de LOWESS-trendlijn meer de kleinere variaties in de dataset.

Voor het MNLSO is voor elk trendmeetpunt een LOWESS-trendlijn bepaald. Hierbij is een voor de 'smoothing span' parameter gebruikelijke waarde van $2/3$ gebruikt ($f=2/3$). Dit betekent dat steeds $2/3$ van het totale aantal datapunten meedoet aan het fitten van de lokale polynoom. De LOWESS-trendlijnen zijn geaggregeerd door een nieuwe LOWESS-trendlijn te berekenen door de LOWESS-trendlijnen van alle meetlocaties. Ook voor deze geaggregeerde LOWESS is een 'smoothing span' parameter van $2/3$ gehanteerd. Vervolgens zijn er ook LOWESS-trendlijnen berekend door de residuen boven en onder de geaggregeerde LOWESS-trendlijn. Deze LOWESS-trendlijnen geven de 25- en 75-percentiele trendlijn en geven een indicatie van de spreiding rond de geaggregeerde LOWESS-trendlijn.

Er zijn tevens afzonderlijke LOWESS-trendlijnen geschat voor de zomer- en winterconcentraties. De zomerconcentraties zijn hierbij (conform de KRW-normtoetsing voor nutriënten) de metingen vanaf april tot en met september. De winterconcentraties zijn de metingen vanaf oktober tot en met maart. Ook de afzonderlijke LOWESS-trendlijnen voor de zomer- en winterconcentraties zijn geaggregeerd door een nieuwe LOWESS-trendlijn door de LOWESS-trendlijnen per trendmeetpunt te berekenen.