

Rapportage Basisprognoses Waterkwaliteit 2019

Toepassing van het Landelijk WaterKwaliteitsModel: status tussenrapportage



Rapportage Basisprognoses Waterkwaliteit 2019

Toepassing van het Landelijk WaterKwaliteitsModel: status tussenrapportage

Auteur(s)

Sibren Loos

Leo Renaud

Piet Groenendijk

Peter Cleij

Annelotte van der Linden

Frank van der Bolt

Timo Kroon

Rapportage Basisprognoses Waterkwaliteit 2019

Toepassing van het Landelijk WaterKwaliteitsModel: status tussenrapportage

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	
Referenties	
Trefwoorden	Nationaal Water Model (NWM), Landelijk Water Kwaliteits Model (LWKM), modelleren waterkwaliteit

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	08-05-2020
Projectnummer	11203700-000
Document ID	11203700-000-BGS-0003
Pagina's	39
Status	definitief

Auteur(s)

	Sibren Loos Leo Renaud Piet Groenendijk Peter Cleij Annelotte van der Linden Frank van der Bolt Timo Kroon Annemieke Marsman	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	Sibren Loos 	Joost van den Roovaart b/a 	Hanneke van der Klis 	

Samenvatting

Het recent ontwikkelde Landelijk Waterkwaliteitsmodel (Bolt et al., 2020) is toegepast in het kader van het Nationaal Water Model om de basisprognoses door te rekenen voor Nitraat, fosfaat en ecologie. In de basisprognose zijn naast het vastgesteld beleid ook landbouwkundige ontwikkelingen verdisconteerd. Het in de basisprognose verwerkt beleid bestaat uit de maatregelen van het 6^e Nitraat Actie Programma 2018-2021 en de maatregelen van de Deelstroomgebiedsbeheerplannen 2016-2021. Voor de landbouwkundige ontwikkeling is gebruik gemaakt van inzichten uit andere beleidsverkenningen.

Voor N-totaal en P-totaal wordt voor de basisprognose een verbetering ten opzichte van de referentie (2015) berekend ten gevolge van de maatregelen uit het vastgestelde beleid. Voor N-totaal zien we in 2021 een kleine verbetering in het aantal waterlichamen in de klasse 'goed' t.o.v. 2015 (van 44% naar 53%) ten koste van de klassen, 'matig', 'ontoereikend' en 'slecht'. Als we kijken naar de onderverdeling in Rijkswateren en regionale wateren zien we dat deze toename in klasse 'goed' zowel plaats vindt in de regionale wateren (van 45% naar 53%) als de Rijkswateren (van 33% naar 44%). Voor N-totaal in 2027 zijn alleen kleine verschillen zichtbaar t.o.v. 2021 (minder dan 1%). Voor P-totaal zien we voor beide zichtjaren een minder grote verbetering in KRW-klasse t.o.v. de referentiesituatie dan voor stikstof (% klasse 'goed' van 49% naar 55%). De Rijkswateren tonen een iets grotere verbetering voor zichtjaar 2021 (van 59% naar 71%) dan de regionale wateren (van 48% naar 54%). Het verschil tussen de zichtjaren 2021 en 2027 is zeer gering of vertoont (onverwachts) zelfs een kleine verslechtering voor de Rijkswateren voor 2027 t.o.v. 2021.

Voor de biologische toestand van de waterlichamen laten de berekende EKR's een verbetering zien ten opzichte van de referentie. Deze verbetering is voor fytoplankton het grootst met een significante verbetering in de KRW klasse 'goed' naar bijna 60% (toename van ruim 15%), gevolgd door vissen en macrofauna. Ook voor waterflora is een kleine verbetering zichtbaar. Tussen de prognoses voor 2021 en 2027 is de verandering in EKR's vrijwel verwaarloosbaar, ondanks dat de trend in N en P concentraties wel degelijk een (geringe) afname laten zien als gevolg van de extra maatregelen.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
2	Beschrijving van het instrumentarium	8
3	Uitgangspunten in de berekeningen van de basisprognoses	10
3.1	Definitie basisprognoses	10
3.2	Zichtjaren	10
3.3	Vastgesteld en voorgenomen beleid	11
3.4	Maatregelen 6 ^e Nitraat Actie Programma	11
3.5	Relevante ontwikkelingen in de landbouw	13
3.6	KRW-maatregelen buitenland	14
4	Implementatie topsysteem	15
4.1	Werkwijze	15
4.2	Implementatie mestmaatregelen met INITIATOR	15
4.3	Implementatie vanggewas met MetaSWAP	16
4.4	Implementatie maatregelen 6 ^e NAP met ANIMO	17
5	Implementatie oppervlaktewater	18
5.1	Inleiding	18
5.2	Emissies referentie 2015	18
5.3	Emissies prognose 2021 en 2027	20
5.3.1	Uit- en afspoeling bodem	21
5.3.2	RWZI's	21
5.3.3	Buitenlandse aanvoer	21
5.3.4	Andere emissies	21
5.3.5	Inrichtingsmaatregelen	21
5.4	Ecologie	22
5.4.1	Inleiding	22
5.4.2	Ecologie module KRW-Verkenner	22
5.4.3	Relatief rekenen	22
5.4.4	Ecologische stuurvariabelen	23
6	Resultaten topsysteem	24
6.1	Verandering in de tijd	24
6.2	Ruimtelijke verschillen	26
6.3	Landelijk overzicht	27
7	Resultaten oppervlaktewater	28
7.1	N-totaal en P-totaal	28
7.1.1	Referentiesituatie	28
7.1.2	Prognose 2021 en 2027	28
7.2	Ecologische Kwaliteitsratio's	31
8	Discussie en conclusies	33
9	Aanbevelingen	34

10	Literatuur	36
A	Reductie percentages buitenlandse aanvoer	37

1 Inleiding

Met het Nationaal Water Model (NWM) worden regelmatig zogeheten basisprognoses gesimuleerd om de te verwachten veranderingen in het watersysteem te analyseren. Dit gebeurt in principe om de twee jaar, maar aansluitend op de behoefte in het beleid. Bij de basisprognoses ging het tot nu toe om de zoetwatervoorziening en de waterveiligheid. De basisprognoses NWM bevatten daartoe de nieuwste, voor de zoetwatervoorziening en de waterveiligheid relevante, inzichten en actuele uitgangspunten ten aanzien van klimaatverandering, sociaaleconomische ontwikkeling, aanpassingen in de waterhuishouding en nieuw vastgesteld beleid. Deze basisprognoses vormen het vertrekpunt voor het definiëren en vergelijken van beleidsvarianten.

Als onderdeel van het NWM is in 2019 is het Landelijk Water Kwaliteitsmodel (LWKM) opgeleverd voor het berekenen van de nutriëntenhuishouding in Nederland (Renaud et al., 2019), zodat ook de waterkwaliteit in de basisprognoses kan worden meegenomen. Voor zoetwatervoorziening en waterveiligheid bestaat de basisprognose uit de berekeningen voor de referentiesituatie 2015 (het vigerend beleid) plus de doorkijk naar de zichtjaren 2050 en 2100, inclusief nog te effectueren recent vastgesteld beleid. Voor de waterkwaliteit (Kaderrichtlijn Water, KRW) worden zichtjaren op kortere termijn gehanteerd: 2021 en 2027. De verschillen tussen 2021 en 2017 zitten in 1. Andere ANIMO uit- en afspoelingsconcentraties, 2. Andere reductiepercentages (zie ook Tabel 2). De stuurgroep NWM heeft besloten om voor de basisprognoses waterkwaliteit de effecten van klimaatverandering en maatregelen in de waterhuishouding (nog) niet te verkennen.

Het LWKM is opgebouwd uit de deelmodellen ANIMO, MT3DMS en KRW-Verkenner. Een nadere beschrijving hiervan wordt gegeven in de volgende paragraaf, dit is de samenvatting van de uitgebreide rapportage (Renaud et al., 2019).

De onderdelen ANIMO en KRW-Verkenner zijn ingezet om de basisprognoses waterkwaliteit door te kunnen rekenen. Deze basisprognoses kunnen in diverse toepassingen worden gebruikt, zoals de Nationale Analyse (van Gaalen et al., 2020). Met ANIMO zijn de uit- en afspoelingsvrachten berekend, met daarnaast de concentraties stikstof en fosfor in bodem, ondergrond, en de drainagefluxen. De rekenresultaten van ANIMO zijn vervolgens gebruikt in KRW-Verkenner om zomergemiddelde totaal stikstof en totaal fosfor concentraties door te rekenen voor de KRW-waterlichamen. Op basis daarvan zijn met behulp van de ecologische module in de KRW-verkenner de Ecologische Kwaliteitsratio's (EKR's) bepaald: vissen, waterflora, macrofauna en fytoplankton.

Dit rapport beschrijft de opzet van de basisprognoseberekeningen en de resultaten daarvan met KRW-Verkenner in de vorm van het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM), versie 2.4.

2 Beschrijving van het instrumentarium

Hieronder volgt de samenvatting van de beschrijving van het LWKM. Voor een uitgebreide beschrijving van het instrumentarium wordt verwezen naar Renaud et al. (2019, in prep.).

Het Nationaal Water Model (NWM) is uitgebreid met waterkwaliteit. Met de modelcodes ANIMO, MT3DMS en KRW-verkenner is een nieuw waterkwaliteitsinstrumentarium samengesteld; het Landelijk Waterkwaliteits Model (LWKM). Voor het bovenste deel van het hydrologisch systeem (het topsysteem) is zowel een landsdekkende als een vereenvoudigde schematisering beschikbaar. De landsdekkende schematisering bestaat uit rekeneenheden van 250x250 meter (totaal 400.498 eenheden) die direct aansluit op de hydrologische schematisering van het Landelijk Hydrologisch Model (LHM). In de vereenvoudigde schematisering zijn representatieve eenheden gebruikt, gebaseerd op de landsdekkende schematisering (totaal 28.533 eenheden). Dit zijn HRU's (homogeneous respons units), eenheden met vergelijkbare eigenschappen binnen landbouwdeelgebieden. Deze benadering is vergelijkbaar met de voorloper van het LWKM, STONE, dat een nog eenvoudiger schematisering gebruikte (6405 eenheden).

Het ANIMO-model berekent de uitspoeling van nitraat naar grondwater en de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar oppervlaktewater. Naast de hydrologie uit het LHM maakt ANIMO gebruik van recente gegevens uit onder meer het bodemkundig informatiesysteem (BIS) en de met INITIATOR berekende bemesting (Kros, 2019). De uit STONE overgenomen parameters zijn deels opnieuw gekalibreerd.

Het MT3DMS-model voor grondwaterkwaliteit (nitraat) gebruikt de invoer- en rekenresultaten van MODFLOW als hydrologische invoer (resultaten uit het LHM). Recente geochemische informatie over de ondergrond is afkomstig uit onder meer DINO en GeoTOP. De rekenresultaten van ANIMO worden gebruikt voor de stofbelasting.

Voor het oppervlaktewater is gebruik gemaakt van de hydrologie van het LKM. De oorspronkelijke ambitie om de oppervlaktewatermodules in het LHM te vervangen door RTC-tools en deze module te gebruiken voor de doorrekening van de hydrologie, is verlaten omdat de berekeningsresultaten niet plausibel waren. De KRW-Verkenner is daarom alsnog gebruikt voor het doorrekenen van de hydrologie van het oppervlaktewater, gebruikmakend van o.a. de randvoorwaarden en berekeningsresultaten van de deelmodellen DM en MOZART van LHM 3.5.1 en het Landelijk SOBEK Model (LSM 1.2).

De stoffen module van het LKM berekent de concentraties van N-totaal en P-totaal in het oppervlaktewater. Deze worden omgezet in zomergemiddelde concentraties voor regionale KRW-waterlichamen, en samen met een aantal andere stuurvariabelen voor de ecologie gebruikt als invoer voor de ecologische module van de KRW-Verkenner (feitelijk geen onderdeel van het LWKM). Het resultaat wordt gevormd door de EKR-scores voor de vier kwaliteitselementen van de KRW: fytoplankton, waterflora, macrofauna en vissen.

Het nieuwe waterkwaliteitsinstrumentarium beoogt een meerwaarde te bieden door:

- consistentie van het gebruik van de hydrologische informatie berekend door het LHM;
- de koppeling met het grondwaterkwaliteitsmodel MT3DMS;
- de mogelijkheid om effecten van hydrologische veranderingen en ingrepen op de nutriëntenuitspoeling en daaraan gelieerde waterkwaliteitsaspecten door te rekenen;
- rekenresultaten met een verfijnder ruimtelijk detail te gebruiken wat mogelijkheden biedt tot het regionaal verder detailleren van het model.

De nieuwe landelijke basis voor waterkwaliteitsmodellering biedt verschillende perspectieven voor regionale waterbeheerders. Ten eerste kunnen na voltooiing van het instrumentarium de berekende af- en uitspoeling van nutriënten worden gebruikt als invoer voor oppervlaktewatermodellen van de waterschappen. Ten tweede is het mogelijk dat uitsneden van het landelijke instrumentarium worden ingezet voor regionale modellering. Dit kunnen zowel uitsneden zijn van de gekoppelde landelijke modeltoepassing, als van de deelsystemen met randvoorwaarden uit het landelijke model. Regionale pilots, die in 2018 in opdracht van STOWA zijn opgestart, zullen de meerwaarde van het nieuwe instrumentarium verder moeten aantonen.

Bij het uitvoeren van de werkzaamheden zijn technische aanbevelingen voor de langere termijn geïdentificeerd:

- 1 In de toekomst dient bij het opzetten van de hydrologische schematisering de waterkwaliteit sterker sturend te zijn. In de huidige situatie worden resultaten van modellen opgelegd, die oorspronkelijk voor een ander doel zijn ontwikkeld.
- 2 Doorvoeren van een meer modulaire opzet, waarin afhankelijkheden in werkprocessen niet belemmerend zijn voor de voortgang van toepassingsprojecten.
- 3 Toevoegen van een grondgebruiksmodule aan het instrumentarium, zodat de dynamiek van het landgebruik beter kan worden meegenomen. Daarin zouden de verschillende grondgebruiks-informatiebronnen (AAN, BPR, BBG, LGN) moeten worden verwerkt tot modelinvoer die recht doet aan alle activiteiten die invloed uitoefenen op waterkwaliteit.
- 4 Vernieuwen van de topsysteemparameters in het LHM.
- 5 Meenemen van dichtheidsstroming door integreren van MT3DS en SEAWAT.
- 6 Flexibel aanpassen van de ruimtelijke schematisering door over te stappen op de nieuwe MODFLOW-versie.
- 7 De gewasproductie en nutriëntenbenutting meenemen als sturende variabele op de verdamping.
- 8 Gebruik een flexibele ruimtelijke indeling van rekeneenheden die rekening houdt met zowel de ruimtelijke schaal van het handelingsniveau als de intrinsieke schaal in het uitspoelmodel.
- 9 Voeg het stedelijk gebied en de gesloten teelten (kassen) toe om de berekeningen landsdekkend te maken.
- 10 Beschouw de formulering van fosfaatprocessen in het oppervlaktewater en waterbodems in verband met recente inzichten in de aanwezigheid van ijzer toegestroomd vanuit het grondwater. (zie Bolt et al., 2020, voor retentie berekeningen KRW-Verkenner)
- 11 Verdere toetsing aan metingen samen met regionale waterbeheerders. Bijvoorbeeld regionale toetsing van de stikstof en fosfor concentraties in samenhang met de gehanteerde emissies en afbraakconstanten.
- 12 In plaats van de huidige steady state berekeningen per kwartaal met de KRW-Verkenner is er een wens om dynamisch te rekenen (bijv. op dagbasis) zodat processen beter kunnen worden meegenomen (gebruikmakend van de uitgebreide D-WAQ processenbibliotheek) en vooral ook de retentie beter kan worden ingeschat.

3 Uitgangspunten in de berekeningen van de basisprognoses

3.1 Definitie basisprognoses

Om spraakverwarring te voorkomen is het belangrijk vooraf de begrippen referentie, basisprognose en beleidsvariant éénduidig te definiëren (in lijn met het NWM):

- **Referentie** legt de (meest recente) huidige situatie vast, inclusief het vigerend beleid, en vormt het startpunt voor het vooruitkijken via de basisprognoses.
- De **basisprognose** vormt een doorkijk vanuit de referentie naar de zichtjaren met meenemen van nog te effectueren, recent vastgesteld beleid waarvan de uitvoering concreet is gedefinieerd.
- **(Beleids)Varianten** zijn verkenningen van beleidsopties (maatregelen) om nog te concretiseren beleid, mogelijk aan te passen en/of nieuw beleid te helpen onderbouwen. De basisprognose vormt het vertrekpunt voor beleidsvarianten.

Voor het LWKM als onderdeel van het NWM is de basisprognose waterkwaliteit gedefinieerd als:

- 2015 als referentie (vertrekpunt voor de berekeningen).
- Vastgesteld geïnstrumenteerd beleid.
- De meest waarschijnlijke landbouwkundige ontwikkelingen (aansluitend bij andere beleidsstudies).
- Voor de reeks 2016-2030 met zichtjaren 2021 en 2027.
- de basisprognose betreft “Huidige beleid” zonder overbenutting; de “Huidig beleid”-variant, zoals vermeld in de Nationale analyse waterkwaliteit (van Gaalen et al., 2020), betreft “Huidig beleid” met overbenutting.

Bij de berekeningen voor het topsysteem ligt de focus op mestgiften en de resulterende stofstromen in bodem-, grond- en oppervlaktewater. De basisprognose 2019 bestaat uit de maatregelen binnen het 6e Nitraat Actie Programma (NAP6) en de maatregelen uit de Stroomgebiedsbeheerplannen 2016-2021 (SGBP), gecombineerd met één vooraf vastgelegde schatting van de meest waarschijnlijke relevante ontwikkelingen in de landbouw (zie paragraaf 3.4) en in het buitenland voor wat betreft de aanvoer van stikstof en fosfor via grensoverschrijdende waterlopen. Er wordt nadrukkelijk géén verkenning uitgevoerd naar een bandbreedte van mogelijke landbouwkundige ontwikkelingen.

3.2 Zichtjaren

De huidige klimaatreeks 1981-2010 wordt gebruikt om het weer na het referentiejaar 2015 te simuleren. Daartoe worden op basis van de resultaten van het LHM 30 mogelijke realisaties van deze reeks voor de HRU's gesimuleerd met MetaSWAP. Met deze reeksen wordt in ANIMO de bijbehorende uit- en afspoeling van nutriënten berekend voor de jaren 2016 en verder, inclusief 2021 en 2027. De 30 realisaties voor 2021 en 2027 resulteren in een verdeling waarmee gemiddelde, mediaan of andere kentallen als invoer voor de KRW-Verkenner kunnen worden gegenereerd. Deze werkwijze zorgt ervoor dat resultaten niet worden bepaald door het (toevallig) voor dat jaar gebruikte weer.

Het LKM rekent voor de zichtjaren 2021 en 2027 met de gemiddelde uit- en afspoeling uit ANIMO over de 30 realisaties, in combinatie met een gemiddelde hydrologie, gebaseerd op de resultaten van het LHM en LSM voor dezelfde 30 realisaties van het huidige klimaat.

3.3 Vastgesteld en voorgenomen beleid

Voor de consistentie is aangesloten bij de definities gehanteerd voor de Nationale Energieverkenning 2017:

- **'Vastgesteld beleid'** omvat beleid van de Rijksoverheid of Europese unie dat via wetten en bindende afspraken is geïnstrumenteerd, en in de Nederlandse Staatscourant is gepubliceerd.
- **'Voorgenomen beleid'** omvat de beleidsvoornemens (nationaal en Europees) die openbaar, officieel meegedeeld en concreet genoeg geformuleerd zijn, maar nog niet formeel zijn vastgelegd via wetten en bindende afspraken.

Beleid dat is vastgelegd in wetten maar niet is geïnstrumenteerd met wetten en bindende afspraken is volgens deze definitie géén 'vastgesteld beleid'.

Vastgesteld beleid dat relevant is voor de waterkwaliteit en dat voor zover het is geïnstrumenteerd in de basisprognose 2019 moet worden meegenomen is:

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

3.4 Maatregelen 6^e Nitraat Actie Programma

In het rapport Maatregelen in het landelijk gebied ter vermindering van nutriëntengehalten in het oppervlaktewater (Groenendijk, van Gerven van Boekel, 2019) staat beschreven welke maatregelen uit het 6^e NAP worden meegenomen. Tabel 4.1. vat deze samen.

Deze maatregelen worden voor zover relevant voor de waterkwaliteit conform de factsheets van Groenendijk, van Gerven en van Boekel (2019) geïmplementeerd met de modellen INITIATOR en Animo (maatregelen op of langs percelen) en/of KRW-Verkenner (maatregelen voor puntbronnen en maatregelen in het oppervlaktewater):

- INITIATOR: maatregel 1, 2a en 2b.
- Animo: maatregel 2a, 2b, 4, 5, 6, 12, 18 en 22.
- KRW-Verkenner: maatregel 21.

De Deelstroomgebiedsbeheerplannen 2016-2021 bevatten geen maatregelen die effect hebben op de mestverdeling. Effecten van hydrologische maatregelen (onderwaterdrainage veengebieden) zijn niet meegenomen (besluit stuurgroep NWM). De maatregelen 18 en 22 van het 6^e NAP zijn nog niet geïnstrumenteerd en maken derhalve géén deel uit van de basisprognose.

Tabel 4.1 Maatregelen 6e NAP gericht op het verbeteren van de waterkwaliteit (bron Groenendijk, van Gerven van Boekel, 2019, tabel 2.1).

Categorie	Maatregel	6e APN	
mestvolume	1. Aanpassen voorwaarden en gebruiksnormen voor scheuren van grasland op zand- en lössgrond	6	
	2A. Aanpassing indeling fosfaatklassen en bijbehorende fosfaatgebruiksnormen	2a	
	2B. Toepassing organische stofrijke meststoffen op bouwland	2b	
	3. Afstemmen bemesting op de N-mineralisatie		
mesttoediening	4. Verplichte rijenbemesting van mais op zand- en lössgrond	1	
	5. Verschuiven uitrijdperiode drijfmest bouwland	5a	
	6. Verruimen uitrijdperiode vaste mest op grasland	5b	
	7. Latere voorjaarstoediening van dierlijke mest op gras- en maisland		
	8. Optimaliseren stikstofwerking van mest		
	9. Drijfmest verdunnen bij uitrijden		
	mestsamenstelling	10. Toepassing van minder uitspoelinggevoelige minerale N-meststoffen	
		11. Inzet van compost en organische mest	
	gewas	12. Eisen aan de teelt van vanggewassen en groenbemesters	4a, 4b
13A. Optimaliseren van landgebruik met gras en mais			
13B. Toepassing van vruchtwisseling op een melkveebedrijf, gericht op behoud en opbouw van organische stof			
14. Verlenging van de leeftijd van grasland			
15. Gebruik van diepwortelende gewassen en rustgewassen			
16. Op tijd zaaien en goed verzorgen van een vanggewas			
17. Bodembedekking door toepassing van groenbemesters, tussengewassen en vanggewassen			
grondbewerking		18. Aanbrengen drempels bij ruggenteelten op klei- en lössgrond (6e AP) en op andere gronden (DAW)	9
		19. Voorkomen van bodemverdichting door aanpassen wiellast	
waterhuishouding		20. Toepassen van onderwaterdrainage in veengebieden	
overig	21. Voorkomen erfafspoeling nutriënten	8	
inrichting	22. Onbemeste stroken langs waterlopen	7	
	23. Natte bufferstroken		
end-of-pipe	24. Gebruik baggerpomp voor effectief slootbaggeren		

Door RVO is een lijst gemaakt van lopende DAW-maatregelen: 'Q81 Overzicht DAW projecten 2016 - 2021 v3', samengevat in 'overzicht DAW-projecten huidig beleid'. In overleg (DAW, WUR, RVO, PBL) is besloten om de maatregelen met betrekking tot akkerranden en drempels in ruggenteelten in de voor de Nationale Analyse te verkennen DAW-varianten mee te nemen). Er zijn géén DAW-maatregelen die in de basisprognose kunnen worden meegenomen.

Voor de basisprognose is verondersteld alle geïnstrumenteerde maatregelen van het 6^e NAP in 2018 volledig worden gerealiseerd. Dit resulteert logischerwijs in een overschatting van de effecten; wanneer de realisatie in werkelijkheid gefaseerd in de tijd gebeurt zullen de eindeffecten later worden bereikt.

3.5 Relevante ontwikkelingen in de landbouw

In overleg met relevante partijen (PBL, RIVM, WECR, CBS en de ministeries LNV en I&W) zijn ontwikkelingen in dieraantallen, excreties, landgebruik, etc. op basis van huidige inzichten en kennis bediscussieerd. Er is géén verkenning uitgevoerd naar een bandbreedte van mogelijke landbouwkundige ontwikkelingen om de gemaakte keuzes te onderbouwen. De in samenspraak met PBL, LNV en RIVM benoemde schatting van de meest waarschijnlijke relevante ontwikkelingen in de landbouw is in de basisprognose gebruikt. Om onderlinge consistentie te borgen is waar mogelijk aangesloten op, en gebruik gemaakt van, andere recente/actuele beleidsevaluaties. De Nationale Analyse loopt in de tijd vooruit op de Scenariostudie Klimaat en de Klimaat en Energie Verkenning waardoor gebruik van één gezamenlijke definitie van de waarschijnlijke ontwikkelingen in de landbouw nog niet mogelijk is. Mogelijke, maar nu niet in de basisprognose meegenomen ontwikkelingen kunnen t.z.t. via aanvullende analyses worden verkend.

De beschouwde landbouwkundige ontwikkelingen zijn:

- 1 Een afname in dieraantallen;
- 2 Een afname in de stikstofexcretie;
- 3 Een verandering in het landgebruik.

Dieraantallen

De dieraantallen zijn tot en met 2017 gebaseerd op beschikbare data. PBL heeft voor de dieraantallen van 2020 en 2030 een inschatting gemaakt voor de Nationale Energieverkenning 2015 (NEV2015; Velthof et al. 2016) die daarna door PBL zijn geactualiseerd voor de NEV2017 en NEV2018. Voor de NEV2018 zijn alleen de dieraantallen rundvee, varkens en pluimvee voor 2020 aangepast. Daarom is voor deze categorieën de raming voor 2030 berekend op basis van de dieraantallen 2020 voor NEV2018 en de trend 2020-2030 uit de NEV2017. Voor de overige diersoorten zijn de dieraantallen gelijkgesteld aan de werkelijke dieraantallen in 2017 (géén verandering).

De ramingen voor de NEV 2018 houden geen rekening met een warme sanering van de varkenshouderij, omdat beleid nog niet is geïnstrumenteerd. De hiervoor gereserveerde 120 miljoen euro resulteert naar inschatting van het PBL in verdere reductie van de aantallen varkens met 4.2 %. Voor de basisprognose wordt deze verdere reductie niet relevant geacht omdat deze reductie het mestoverschot (en daarmee de export) terug zal dringen maar nauwelijks effect zal hebben op de mestgiften en de uitspoeling. De reden daarvoor is dat de basisprognose is de huidige, geëffectueerde mestbeleid, dus zonder overbenutting. Reductie van varkens betekent reductie mestproductie: de mestgiften veranderen niet omdat de gebruiksnormen niet veranderen, wel neemt het mestoverschot af.

Stikstof excretie

De stikstofexcreties van melkkoeien nemen volgens de NEV2018 met 7% toe. Omdat de toename van de stikstofexcretie bij melkkoeien deels wordt veroorzaakt door jaareffecten (N-gehalte gras, slechte maisoogst) en deels door structurele effecten (hogere melkproductie per koe), wordt voor de basisprognose vanaf 2018 de gemiddelde excretie van de jaren 2015, 2016 en 2017 gebruikt. De CDM (Commissie van Deskundigen Meststoffenwet) werkt aan een update van de forfaits met de informatie van dezelfde jaren. Consistentie wordt daarmee tot op zekere hoogte geborgd. De consistentie kan worden vergroot door de momenteel in ontwikkeling zijnde nieuwe forfaits te gebruiken zodra die beschikbaar komen. Voor de overige diergroepen zijn de excreties niet aangepast.

Arealen landgebruik

Velthof et al. (2016) zijn t.b.v. de NEV2015 uitgegaan van het doortrekken van de trend in verandering van arealen: afname in mais en afname van het totaal areaal cultuurgrond. Daarnaast is in de praktijk een verschuiving naar intensieve teelten zichtbaar en recent lijkt ook het areaal beweid grasland weer toe te nemen. Voor de basisprognose is hier op pragmatische gronden géén rekening mee gehouden en zijn de landgebruiksarealen gelijkgesteld aan de oppervlakten voor het meest recente jaar 2017. Dit kan invloed hebben op de resultaten omdat een verschuiving in teelten (gewassen) betekent en dus een verschuiving in mestgiften en emissies.

3.6 **KRW-maatregelen buitenland**

Voor de KRW worden ook in de in het buitenland gelegen delen van deelstroomgebieden maatregelen genomen. Het effect van deze maatregelen is in de invoer van de berekeningen voor toekomstige situaties tot uitdrukking gebracht door invoerbestanden van de KRW-Verkenner voor de huidige situatie te vervangen met bestanden die de toekomstige situatie na maatregelen representeren.

4 Implementatie topsysteem

4.1 Werkwijze

Start van de basisprognose zijn de met INITIATOR gesimuleerde mestgiften. Met MetaSWAP worden vervolgens de effecten van vanggewassen op de waterhuishouding berekend. Dit gebeurt op het niveau van Homogeneous Response Units (HRU's). Deze resultaten vormen de input voor de berekeningen van uitspoeling en oppervlaktewaterkwaliteit met ANIMO. De resultaten voor de uitspoeling en oppervlaktewaterkwaliteit worden vervolgens gebruikt in de KRW-verkenner, om de ecologische effecten op het oppervlaktewater in beeld te brengen.

Bij het gebruik van INITIATOR voor het LWKM wordt in principe uitgegaan van volledig benutten van de geproduceerde dierlijke mest (mestvariant 'data'). De resultaten voor de waterkwaliteit op basis van dit uitgangspunt geven een goede overeenkomst met metingen binnen het Landelijk Meetnet Mestbeleid

Bij de basisprognoses wordt echter uitgegaan van vaststaand beleid en zullen de mestgiften per definitie lager zijn dan voor de referentiesituatie 2015. Omdat dit samen met de overgang van gemeten weer naar de range aan realisaties voor de klimaatreeks 1981-2010 zou resulteren in een abrupte, niet eenvoudig te verklaren overgang van 2015 naar 2016 is een tussenstap ingelast door ook de variant 'data' voor de periode vanaf 2016 door te rekenen. Daardoor wordt een vergelijking mogelijk tussen "2016 weer gecorrigeerd met de mestvariant 'data' en "2016 weer gecorrigeerd met de mestvariant 'beleid'. De additionele effecten van de maatregelen van het 6e NAP (gebruiksvoorschriften) kunnen voor de variant 'beleid' worden bepaald door vergelijken van de resultaten voor de zichtjaren 2021 en 2027 met 2016.

4.2 Implementatie mestmaatregelen met INITIATOR

Voor het simuleren van de mestgiften voor de basisprognose met INITIATOR zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Voor de uitspoelberekeningen wordt de netto mestgift (de mestgift na aftrek van de atmosferische emissies) gebruikt.
- De mestgiften worden berekend op basis van de voor 2030 vastgestelde en voorgenomen mestgebruiksnormen zoals opgenomen in het 6^e NAP.
- Derogatie, mestverwerking en mestexport blijven ongewijzigd (data 2017).
- Er wordt géén aandacht besteed aan de gevolgen van niet te plaatsen mest op de mestmarkt.
- Er wordt niet gestuurd op opvullen tot de normen met bewerkte mest omdat er geen mechanismen zijn die hierop sturen. Conform de tot nu toe gevolgde werkwijze wordt opgevuld met kunstmest.
- Bedrijven die niet voldoende mest produceren om volgens de norm te bemesten (ongeveer 20% van de melkveebedrijven) worden opgevuld tot aan de norm.
- Scheuren grasland op derogatiebedrijven 20 % van areaal jaarlijks meenemen! Resulteert in 10kg /ha lagere kunstmestgift.

Voor stikstof zijn de volgende wijzigingen doorgevoerd:

- Hogere stikstof-gebruiksnorm voor graszaadteelt op klei;
- Gebruiksnorm groenbemester zand/löss telt maar 50% mee;
- Hogere gebruiksnormen op klei bij hoge opbrengst;
- Scheuren grasland na 31 mei korting van 50 kg ha⁻¹ op de stikstofgebruiksnorm.

Voor fosfaat zijn de volgende aanpassingen gerealiseerd:

- 5 kg P₂O₅ hogere norm voor suikerbieten, consumptieaardappelrassen, pootaardappelen, zaai-ui en maïs bij hoge opbrengsten.
- Aanpassing indeling P-klassen: verhoging voor klasse laag en neutraal en verlaging voor klasse hoog. Zie Tabel B1.1 Bijlage 1: Klasse “neutraal” wordt gesplitst in klassen “neutraal” en “ruimvoldoende”. Verhoging van fosfaatgebruiksnormen voor klasse “laag” (5 kg P₂O₅ ha⁻¹) en klasse “neutraal” (10 kg P₂O₅ ha⁻¹) en verlaging van fosfaat gebruiksnormen voor de klasse “hoog” (10 kg P₂O₅ ha⁻¹ voor bouwland en 5 kg P₂O₅ ha⁻¹ voor grasland).
- Verruimen P-normen organische producten (verruimen klasse hoog): bij > 20 kg P₂O₅ uit overige organische producten (OOP)5: Verruiming fosfaatgebruiksnorm van 5 kg P₂O₅ ha⁻¹ voor klasse ‘hoog’ (zie 2b Bijlage 1).
- Nieuwe indicator P(CaCl) i.p.v. Pw/Pal..

De emissiefactoren zijn als volgt aangepast:

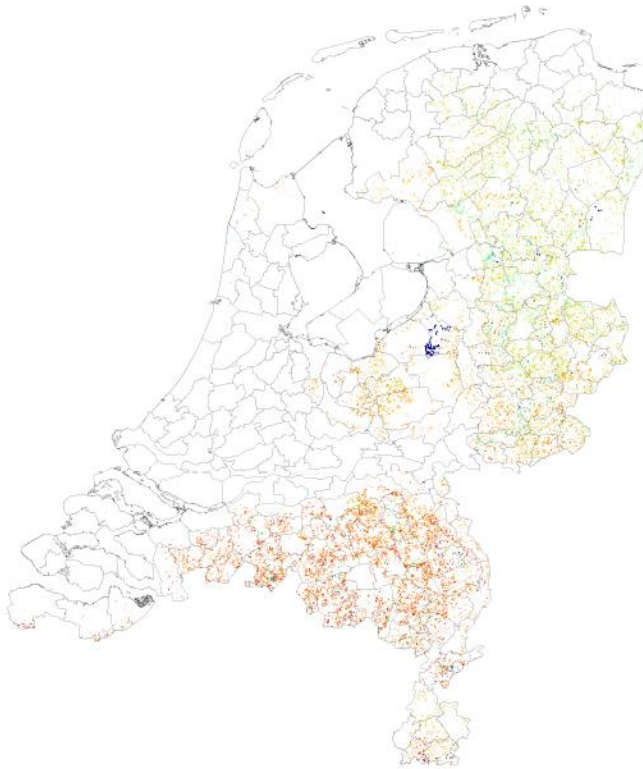
- Vanaf 1 januari 2019 geldt een volledig sleepvoetverbod. Dit is geïmplementeerd door aan alle sleepvoetgebruik uit de LBT2017 (kalenderjaar 2016) de emissiefactor van de zodebemester toe te kennen.

Effecten van regionale experimenten (bijv. de bovengrondse mesttoediening in de Noord-Friese Wouden) zijn via de opgave van de landbouwtellingen in de berekeningen met INITIATOR meegenomen.

4.3 Implementatie vanggewas met MetaSWAP

Telen van een vanggewas onder maïs is verplicht vanaf 2006 maar is (nog) niet in de referentie meegenomen. Dat lijkt geen groot probleem omdat in de praktijk het vanggewas op veel maïspcelen slecht of niet blijkt op te komen. Sec gezien ontstaat daardoor een kleine overschatting van het effect van het 6^e NAP, gegeven de geschetste praktijk zal dit effect te verwaarlozen zijn. Voor de basisprognose zijn vanggewassen in maïs en akkerbouw conform het beleid meegenomen.

Hoewel hydrologische modellering van maatregelen niet was voorzien, is het om de gewasopname door vanggewassen te modelleren noodzakelijk de vanggewassen ook in de hydrologische modellering mee te nemen. De fluxrandvoorwaarden van de HRU's voor de referentie zijn afgeleid voor de situatie zonder vanggewassen. De introductie van vanggewassen kan bij steile vocht karakteristieken nabij verzadiging in de loop van de tijd tot grote dalingen in de berekende grondwaterstand leiden, vooral als deze niet wordt “gebufferd” door het oppervlaktewater. Kalibratie van de onderrand is daarom bij de introductie van vanggewassen noodzakelijk. Daartoe is verondersteld dat de grondwaterstand nauwelijks zal veranderen door het telen van vanggewassen. Wel zullen de transpiratie en de ontwateringsfluxen enigszins toe-respectievelijk afnemen (Figuur 4.1).



Figuur 4.1 Langjarig gemiddelde toename van verdamping als gevolg van vanggewas na mais op zand- en lössgronden

4.4 Implementatie maatregelen 6^e NAP met ANIMO

De landbouwkundige veranderingen voor de basisprognose blijven beperkt tot het in 2018 aanpassen van de excretie van rundvee en het aanpassen van de dieren aantallen conform de prognoses voor de NEV2018. Er is pragmatisch voor gekozen om het aanpassen van de dieren aantallen gefaseerd te implementeren: voor de periode 2016-2021 zijn de dieren aantallen voor 2020 gehanteerd, vanaf 2022 (start 7^e NAP) zijn de dieren aantallen 2030 gebruikt.

5 Implementatie oppervlaktewater

5.1 Inleiding

Voor de beschrijving referentie situatie wordt gebruik gemaakt van de modellering de (historische) situatie wat betreft het oppervlaktewater in 2015, zoals gebruikt voor de validatie van het oppervlaktewater deel van het LWKM (Renaud et al, 2019). Hierbij is gebruik gemaakt van de historische hydrologie voor 2015 van het LWKM instrumentarium. De bijdragen van de emissiebronnen aan het totaal van de stikstof- en fosfaatbelasting in Nederland, voor de referentiesituatie 2015, is beschreven in paragraaf 5.2.

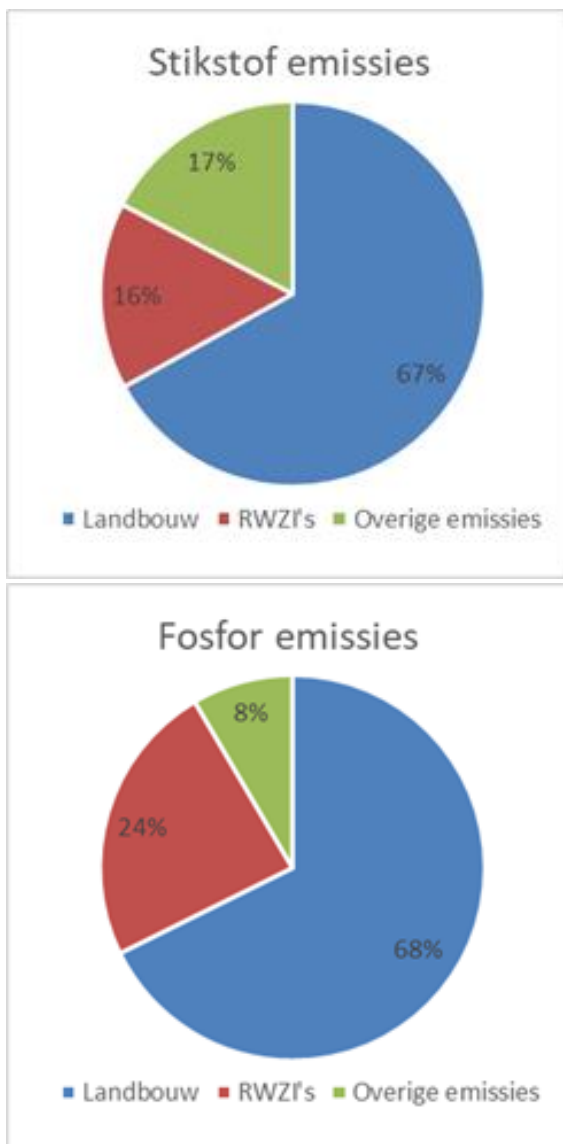
In de KRW-Verkenner is voor de hydrologie van het oppervlaktewater voor de zichtjaren 2021 en 2027 gebruik gemaakt van de gemiddelde hydrologie van het LWKM instrumentarium, gebaseerd op de 30 realisaties van de klimaatreeks 1981-2010 (Renaud et al., 2019).

Voor de uitspoeling van nutriënten uit de bodem naar het oppervlaktewater voor de zichtjaren 2021 en 2027 rekent het LKM met de gemiddelde uit- en afspoeling uit ANIMO over de 30 realisaties van het huidige klimaat, zie ook paragraaf 5.3.1. De emissies voor de zichtjaren 2021 en 2027 afkomstig uit andere bronnen zijn beschreven in paragrafen 5.3.2 t/m 5.3.4. Paragraaf 5.3.5 beschrijft de reductie in nutriëntenbelasting als gevolg van inrichtingsmaatregelen. In paragraaf 5.4 zijn de ecologische modules toegelicht, en ook de ecologische stuurvariabelen (modelinvoer) zoals toegepast voor de referentie en prognose berekeningen.

Voor de beschrijving van de referentiesituatie en de situatie in de zichtjaren is gebruik gemaakt van de resultaten van de stoffen module van het LKM, gecorrigeerd a.d.h.v. correctiefactoren per waterlichaam voor zomergemiddeld N-totaal en P-totaal (Renaud et al., 2019).

5.2 Emissies referentie 2015

De emissies voor de referentiesituatie (2015) zijn beschreven in Renaud et al. (2019). In deze paragraaf is de bijdrage van de afzonderlijke emissiebronnen (bronnenanalyse) beschreven.



Figuur 5.1 Geschatte bijdragen (in %) per emissiebron voor heel Nederland voor het historisch jaar 2015

Figuur 5.1 toont de bijdragen van de emissiebronnen voor N en P zoals toegepast in de LKM berekening voor het historisch jaar 2015. De grootste bron is landbouw gevolgd door RWZI's. Naast de drie getoonde emissiebronnen wordt er ook stikstof en fosfor aangevoerd vanuit het buitenland. Het aandeel N en P afkomstig vanuit het buitenland draagt voor bijna driekwart bij aan de totale stikstofbelasting en ongeveer de helft van de totale fosforbelasting in het Nederlandse oppervlaktewater (Tabel 1). Echter, omdat de Rijn en de Maas voor de grootste aanvoer van nutriënten zorgen, zal dit vooral de waterlichamen die in verbinding staan met de Rijn of Maas beïnvloeden. Daarnaast worden ook de regionale waterlichamen aan de grens vaak in grote mate beïnvloed door de kleinere grensoverschrijdende wateren.

Tabel 1 Bijdragen per emissiebron voor heel Nederland + buitenlandse aanvoer voor het historisch jaar 2015.

(emissie) bron	Stikstof	Fosfor
Landbouw emissies	18%	33%
RWZI emissies	4%	12%
Andere emissies	5%	4%
Buitenlandse aanvoer	73%	51%

Onder landbouw emissies vallen de volgende bronnen:

- Uit- en afspoeling landbouwbodems
- Erfafspoeling
- Meemesten sloten
- Glastuinbouw

De andere emissies bestaan uit:

- Atmosferische depositie (stikstof)
- Uit- en afspoeling natuurbodems
- Uit- en afspoeling onverharde bodems stedelijk gebied
- Regenwaterriolen
- Overige emissies

waarbij de *Overige emissies* staan voor emissies uit de Emissieregistratie met de volgende emissieoorzaken (Renaud et al., 2019):

- Binnenvaart huishoudelijke lozingen
- Recreatievaart huishoudelijke lozingen
- Huishoudelijk afvalwater
- Huishoudelijk afvalwater via IBA
- Overstorten

5.3 Emissies prognose 2021 en 2027

Voor de prognoses waterkwaliteit voor de zichtjaren 2021 en 2027 zijn aanpassingen op de emissies van het referentiejaar 2015 toegepast als gevolg van vastgestelde maatregelen:

- Landbouw maatregelen
- Maatregelen buitenland met invloed op grensoverschrijdende aanvoer nutriënten
- RWZI maatregelen
- Maatregelen m.b.t. overige emissiebronnen

Effecten van hydrologische maatregelen (bijv. onderwaterdrainage in veengebieden) zijn niet meegenomen (besluit stuurgroep NWM).

In deze paragraaf zijn voor verschillende emissies van stikstof en fosfor in 2021 en 2027 beschreven hoe deze verschillen van het referentiejaar.

5.3.1 Uit- en afspoeling bodem

Voor de uit- en afspoeling van N en P uit de bodem in de zichtjaren is gebruik gemaakt van de LWKM-uitvoer van het topsysteem, berekend met ANIMO voor 30 realisaties van de hydrologie op basis van een 30-jarige klimaatreeks 1981-2010. De berekende ANIMO vrachten voor 2021 en 2027 zijn gemiddeld en omgezet naar invoer voor de KRW-Verkenner volgens de procedure beschreven in bijlage 5 van Renaud et al (2019).

5.3.2 RWZI's

Voor de zichtjaren zijn de influent vrachten voor 2015 uit RWZIbase gebruikt in combinatie met de zuiveringsrendementen voor 2015, aangepast aan de situatie in 2021 en 2027 na maatregelen. De aangepaste zuiveringsrendementen zijn aangeleverd door PBL (PBL, in prep.). Voor 39 RWZI's zijn de zuiveringsrendementen hierbij gewijzigd ten opzichte van 2015. Omdat de basisprognose het huidige beleid betreft zijn de gewijzigde rendementen voor beide zichtjaren gelijk, gegeven het feit dat alle geplande RWZI maatregelen worden doorgevoerd voor 2022.

5.3.3 Buitenlandse aanvoer

N- en P-emissies via buitenlandse aanvoer voor de zichtjaren zijn bepaald door de aanvoer van N- en P-vrachten via grensoverschrijdende waterlopen in 2015 te corrigeren voor maatregelen in het buitenland tot aan de prognosejaren. Zie bijlage A voor een toelichting op de maatregelen in het buitenland en de verwachte reducties voor 2021 en 2027.

5.3.4 Andere emissies

Voor de N en P emissies uit andere bronnen is uitgegaan van de emissies uit de Emissie-registratie (ER) database (www.emissieregistratie.nl) voor 2015, zoals ook gebruikt voor de beschrijving van de referentiesituatie (paragraaf 5.2). Alleen de posten *Atmosferische depositie* en *Erfafspoeling* zijn aangepast voor de zichtjaren. Zie Tabel 5.1 voor de toegepaste reductiepercentages. De stikstof reductie voor atmosferische depositie is afgeleid uit de RIVM-rapportage over de ontwikkelingen in de stikstofdepositie (Wichink Kruit en van Pul, 2018).

Tabel 2 Reductiepercentages t.o.v. 2015 voor atmosferische depositie en erfafspoeling voor de zichtjaren 2021 en 2027.

Bron	Reductie N (% t.o.v. 2015)		Reductie P (% t.o.v. 2015)	
	2021	2027	2021	2027
Atmosferische depositie	9.5	13.0	-	-
Erfafspoeling	14.1	28.5	14.1	28.5

5.3.5 Inrichtingsmaatregelen

Er zijn drie inrichtingsmaatregelen meegenomen in de berekening van de prognoses:

- Natuurvriendelijke oevers
- Helofytenfilter
- Defosfatering (alleen in de waterschappen Amstel Gooi en Vecht, en Rijnland)

Deze maatregelen zorgen voor het wegvangen van nutriënten uit het watersysteem zijn in de KRW-Verkenner opgelegd als negatieve emissies (onttrekkingen) per KRW-waterlichaam. Om te voorkomen dat de negatieve emissies een negatieve nutriënten concentratie tot gevolg hebben (als er in het betreffende waterlichaam onvoldoende stikstof- of fosforvracht aanwezig is om de negatieve emissie a.g.v. de inrichtingsmaatregel te kunnen realiseren) is gecontroleerd op de grootte van de stikstof- en fosforconcentratie en is in het geval van een tekort aan stikstof of fosfor de inrichtingsmaatregel verdeeld over meerdere naburige waterlichamen.

De inrichtingsmaatregelen die per KRW-waterlichaam sterk kunnen verschillen in grootte zijn in totaal over ca. 300 KRW-waterlichamen verdeeld. Voor 2021 en 2027 zijn dezelfde inrichtingsmaatregelen toegepast.

5.4 Ecologie

5.4.1 Inleiding

De ecologie van de regionale waterlichamen is doorgerekend met de ecologie module van de KRW-Verkenner. De module voor het doorrekenen van de ecologie van de Rijkswateren (Wortelboer et al., 2018) is nog in ontwikkeling. De rapportage over de resultaten voor de Rijkswateren met deze methode is voorzien in het eerste kwartaal van 2020.

5.4.2 Ecologie module KRW-Verkenner

De ecologische module van de KRW-Verkenner (versie 2.4) berekent EKR-scores voor de vier kwaliteitselementen voor oppervlaktewater van de KRW, te weten fytoplankton, waterflora, macrofauna en vissen. EKR-scores (waarde tussen 0 en 1) kunnen berekend worden voor de oude maatlatten uit 2012 of de nieuwe maatlatten uit 2018. Hierbij kan gekozen worden uit verschillende deelmodules voor de berekening van EKR-scores. Voor oude maatlatten zijn dit de deelmodules:

- 1 EEE4 (feedforward neural network) (Schipper M. en A. Schomaker, 2015);
- 2 PUNN3 (Product Unit Neural Network) (de Niet, 2015);
- 3 DT2 (decision trees / regressie bomen) (Visser en Wortelboer 2013).

En voor de nieuwe maatlatten zijn dit de deelmodules (van der Linden, et al., 2020, in prep.):

- 1 RF (Random Forest);
- 2 PUNN4 (Product Unit Neural Network);
- 3 DT3 (decision trees / regressie bomen).

5.4.3 Relatief rekenen

Voor een goede afstemming van gemeten en berekende Ecologische Kwaliteits Ratio's is gekozen om het 'relatief rekenen' toe te passen, dat wil zeggen dat een verschil tussen berekende EKR's voor de prognose en referentie situatie wordt opgeteld bij de gemeten EKR (voor de referentiesituatie 2015). Dit 'relatief rekenen' principe is toegepast volgens een schaling zoals beschreven in Wortelboer et al. (2002) met de achterliggende gedachte dat er zo een goede aansluiting tussen berekende EKR's en gemeten EKR's blijft bestaan. Hierin is beschreven dat de gehanteerde schalingmethode per EKR niet uit gaat van schaling van de absolute getallen maar van een proportionele schaling: de schaling van de afstand tot een maximale EKR (waarde 1) dan wel een minimale EKR (waarde 0), afhankelijk van welke van de berekende EKR's het grootst is, die voor de prognose of die voor de huidige gemeten situatie. De gebruikte formule is hieronder weergegeven:

Als $EKR_{Berekend,Prognose} \geq EKR_{Berekend,Referentie}$:

$$EKR_{Prognose} = EKR_{Gemeten} + \frac{(EKR_{Berekend,Prognose} - EKR_{Berekend,Referentie})}{(1 - EKR_{Berekend,Referentie})} * (1 - EKR_{Gemeten})$$

Als $EKR_{Berekend,Prognose} \leq EKR_{Berekend,Referentie}$:

$$EKR_{Prognose} = EKR_{Gemeten} + \frac{(EKR_{Berekend,Prognose} - EKR_{Berekend,Referentie})}{EKR_{Berekend,Referentie}} * EKR_{Gemeten}$$

waarin $EKR_{Prognose}$ de resulterende EKR voor 2021 of 2027 is. $EKR_{Gemeten}$ is de EKR zoals aangeleverd door de waterschappen. $EKR_{Berekend,Referentie}$ en $EKR_{Berekend,Prognose}$ zijn de EKR's zoals berekend met de ecologie module van de KRW-Verkenner voor respectievelijk de referentiesituatie en de prognose voor 2021 of 2027.

Voor de situatie waarbij beide berekende EKR's (referentie en prognose) 1 zijn, is er geen aantoonbare verbetering. In een dergelijk geval is de voorspelde EKR voor het prognosejaar gelijk gehouden aan de gemeten EKR:

$$\text{Als } EKR_{Berekend,Prognose} = 1 \text{ en } EKR_{Berekend,Referentie} = 1 : \\ EKR_{Prognose} = EKR_{Gemeten}$$

5.4.4 Ecologische stuurvariabelen

De ecologische modules van de KRW-Verkenner gebruiken ecologische stuurvariabelen als invoer om Ecologische Kwaliteitsratio's (EKR's) te berekenen volgens de verschillende methodes zoals benoemd in paragraaf 5.4.2. De EKR's zijn naast veranderingen in N en P ook afhankelijk van veranderingen in andere ecologische stuurvariabelen zoals 'BOD', 'Chloride', 'Connectiviteit', 'Onderhoud', 'Meandering', 'Schaduw', 'Scheepvaart', 'Kustlijn', 'Waterlevel Dynamiek', 'Stuw', 'msPAF (toxiciteit)', 'NH4' en 'Doorzicht'. De meeste ecologische stuurvariabelen zijn uitgebreid beschreven in Schipper M. en A. Schomaker (2015). Informatie over de 'nieuwe' stuurvariabelen 'msPAF (toxiciteit)', 'NH4' en 'Doorzicht' is te vinden in Van den Roovaart, et al. (in prep.).

De ecologische stuurvariabelen zijn ingeschat en aangeleverd door de waterschappen voor de referentiesituatie. Ook voor de basisprognoses (zichtjaar 2027) zijn voor een gedeelte van de KRW-waterlichamen de ecologische stuurvariabelen ingeschat en aangeleverd door de waterschappen. Dit geldt niet de ecologische stuurvariabelen 'msPAF (toxiciteit)', 'NH4' en 'Doorzicht'. Voor de KRW-waterlichamen waarvoor geen ecologische stuurvariabelen zijn ingeschat voor de basisprognoses 2027, zijn de ecologische stuurvariabelen berekend door interpolatie tussen de referentiesituatie en een ander maatregelpakket "voorzien", dat onderdeel is van de nationale analyse (PBL, in prep.).

Voor de berekening van de EKR's met de KRW-Verkenner voor de referentie en prognoses zijn de stuurvariabelen N en P (zoals aangeleverd door de waterschappen of berekend aan de hand van een interpolatie) vervangen door de N en P concentraties zoals berekend met het LKM. De ecologische stuurvariabelen 'msPAF (toxiciteit)', 'NH4' en 'Doorzicht' voor de zichtjaren zijn afgeleid uit en de ingeschatte ecologische stuurvariabelen voor de referentiesituatie en de berekende veranderingen in N en P concentraties tussen de referentiesituatie en de zichtjaren:

$$msPAF_{prognose} = msPAF_{referentie} * P_{prognose}/P_{referentie} \text{ (msPAF neemt toe met toenemende P)}$$

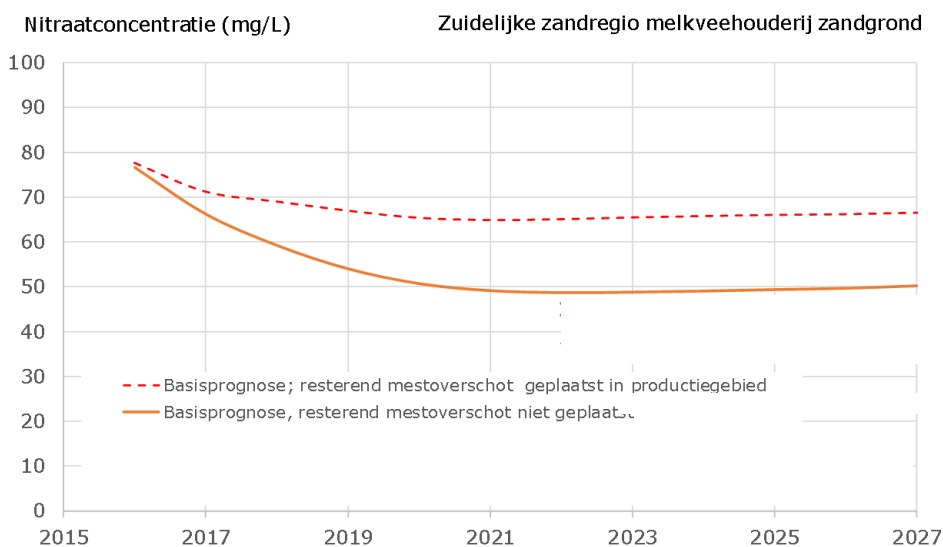
$$NH4_{prognose} = NH4_{referentie} * N_{prognose}/N_{referentie} \text{ (Ammonium neemt toe met toenemende N)}$$

$$Doorzicht_{prognose} = Doorzicht_{referentie} * P_{referentie}/P_{prognose} \text{ (Doorzicht neemt af met toenemende P)}$$

6 Resultaten topsysteem

6.1 Verandering in de tijd

Figuur 6.1 geeft binnen de rekenperiode 2016-2017 voor beide mestvarianten het berekende effect van het 6^e NAP voor melkveehouderij op zand. Voor de variant 'beleid' wordt bemest conform het 6^e NAP en dat resulteert in een grotere reductie dan wordt bereikt met de variant 'data' waarbij alle geproduceerde mest die niet wordt bewerkt en/of uit het buitenland wordt afgevoerd in het productiegebied wordt geplaatst. De afname die voor deze variant wordt veroorzaakt door de afname van de mestproductie is de afname in dieraantallen die als landbouwkundige ontwikkeling is voorzien. Na een aanvankelijk snelle afname van 2016 naar 2021 wordt vrij snel een evenwichtstoestand bereikt, er zijn voor beide varianten nauwelijks verschillen zichtbaar tussen 2021 en 2027.

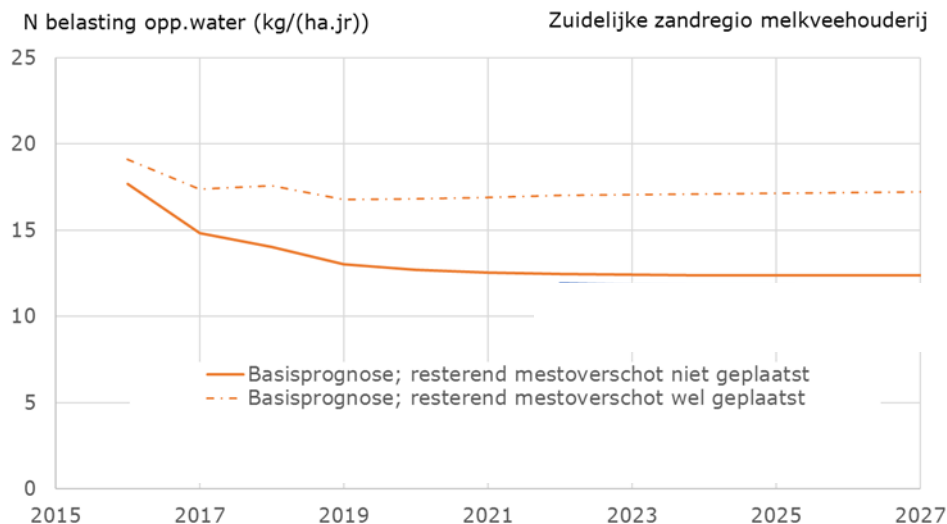


Figuur 6.1 Effect van de basisprognose (mestvariant 'beleid', doorgetrokken lijn) en de variant waarbij alle mest wordt geplaatst (mestvariant 'data', gestippelde lijn) op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater voor de melkveehouderij In Zand-zuid.

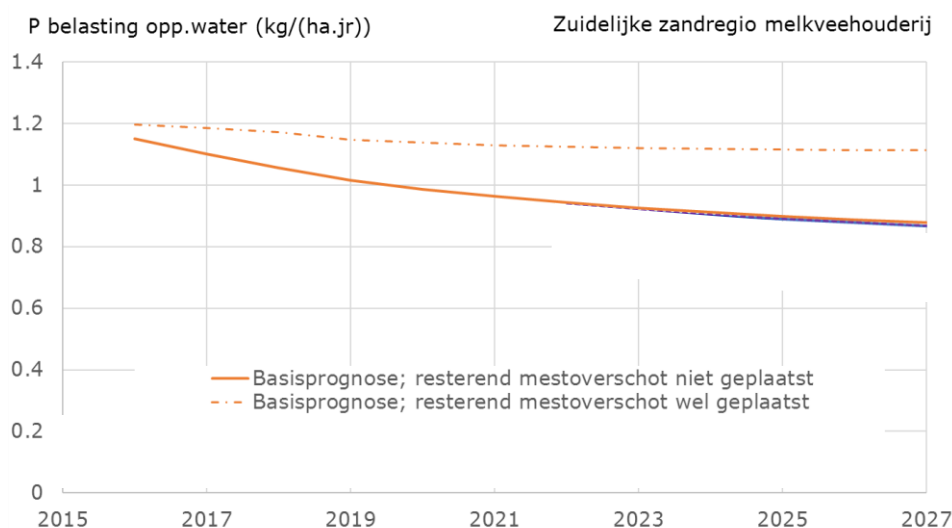
Opvallend is het kleine verschil tussen de basisprognose en de variant op de basisprognose in 2016. Dat wordt veroorzaakt door na-ijlen: de rekenresultaten op een moment weerspiegelen het effect van de voorafgaande jaren. Dat de afname van de variant 'data' langzamer wordt gerealiseerd dan de mestvariant 'beleid' is het effect van de verschillen in mestgiften voor beide varianten in deze LMM-grondsoortregio.

Bij nadere beschouwing blijkt de nitraatconcentratie van 2021 naar 2027 in dit LMM-grondsoortgebied niet in evenwicht te zijn maar langzaam toe dit nemen. De oorzaken hiervan moeten nog worden verkend, mogelijk wordt deze veroorzaakt door een trend in de 30 realisaties van het weer.

De stikstof- (Figuur 6.2) en de fosforvrachten naar het oppervlaktewater (Figuur 6.3) laten logischerwijs eenzelfde verloop in de tijd zien. Ook voor stikstof naar het oppervlaktewater is een licht stijgende trend zichtbaar, voor fosfor is een continu dalende trend zichtbaar.



Figuur 6.2 Effect van de basisprognose (mestvariant 'beleid', doorgetrokken lijn) en de variant waarbij alle mest wordt geplaatst (mestvariant 'data', gestippelde lijn) voor de melkveehouderij op de op de stikstofvrachten naar het oppervlaktewater.



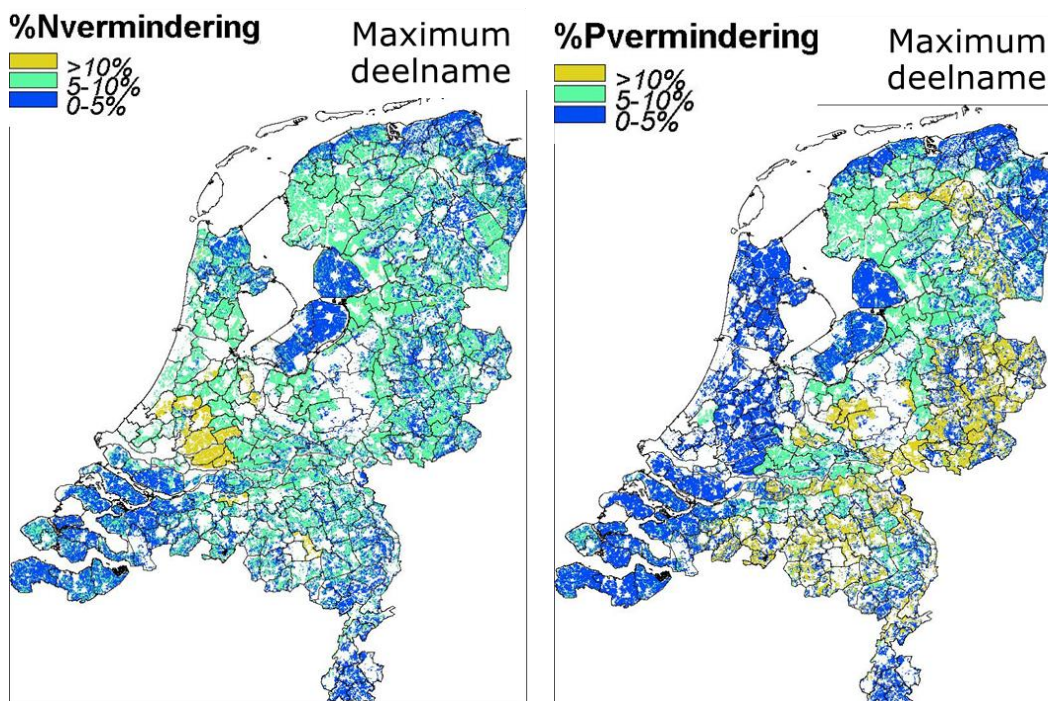
Figuur 6.3 Effect van de basisprognose (mestvariant 'beleid', doorgetrokken lijn) en de variant waarbij alle mest wordt geplaatst (mestvariant 'data', gestippelde lijn) voor de melkveehouderij op de fosforvrachten naar het oppervlaktewater.

De uitspoeling van fosfor is door de voorraad in de bodem minder gevoelig voor maatregelen waardoor de na-ijling van fosfor langer duurt.

De veranderingen in de tijd lijken voor de basisprognose in Zand-zuid voor de melkveehouderij adequaat te worden beschreven. De veranderingen komen overeen met de verwachtingen en zijn te verklaren. Dat geldt ook voor de verschillen tussen de 3 doelvariabelen. De hobbel voor 2018 en de stijgende trend na 2021 voor nitraat in het grondwater en de belasting van het oppervlaktewater met stikstof suggereren dat een verdere controle en analyse op details nuttig is.

Ruimtelijke verschillen

De effecten van de maatregelen zijn ook ruimtelijk geanalyseerd. Figuur 6.4 geeft een voorbeeld van het effect van bufferstroken voor alle bodems en bedrijfstypen. De effecten zijn voor zowel N als P klein in de zeekleigebieden, Voor stikstof wordt een groot effect berekend voor de omgeving van Rotterdam, de grootste reductie voor fosfor wordt zoals verwacht berekend voor de zandgebieden. Het effect van de bufferstroken wordt voor stikstof vooral bepaald door het oppervlaktepercentage, voor fosfor is het effect afhankelijk van de hoeveelheid fosfaat in de bodem, de helling, de perceelomvang en de grondwatertrap.



Figuur 6.4 Vermindering in de stikstof- en fosforvrachten naar het oppervlaktewater (%) voor bufferstroken bij maximum deelname.

Omdat het effect voor een specifieke deelnamegraad wordt berekend met de deelnamegraad als weegfactor zullen de ruimtelijke patronen voor alle deelnamegraden dezelfde verdeling hebben, verschillen zullen in de kaarten zichtbaar zijn als gevolg van het discretiseren in klassen.

Ook voor de ruimtelijke patronen geldt dat deze plausibel zijn en kunnen worden verklaard. De maatregel lijkt goed te zijn gedefinieerd en het LWKM is in staat de reactie van het systeem adequaat te simuleren. De maatregelen zijn gedefinieerd op basis van de (in West-Europa) beschikbare data en kennis zoals beschreven door Groenendijk, van Gerven van Boekel (2019). De maatregelen waarvoor weinig metingen beschikbaar zijn kennen een grote mate van onzekerheid. Het instrument maakt het mogelijk om de effecten van de maatregelen voor de verschillende situaties op een consistente manier te kwantificeren en te vergelijken. Voor de berekende orde grootte van de maatregelpakketten geldt dat er (zeker wanneer er weinig metingen beschikbaar zijn) rekening moet worden gehouden met de onzekerheid in de rekenresultaten. Om daar meer grip op te krijgen kan met het model de betrouwbaarheid van de resultaten worden verkend. Meten blijft noodzakelijk om de effecten nauwkeuriger en betrouwbaarder te kwantificeren.

Landelijk overzicht

Om een overzicht te krijgen van de veranderingen is op landelijk niveau gekeken naar de voor de veehouderij berekende veranderingen tussen de zichtjaren 2016 en 2027. Voor 2016 zijn daarvoor de resultaten berekend met de variant 'data' genomen (meest overeen komend met de referentie) en voor 2027 de resultaten van de variant 'beleid' omdat daarmee een indruk van het maximaal te verwachten effect van het vastgestelde beleid wordt verkregen.

In tabel 6.1 zijn de resultaten per bodemtype weergegeven. De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater resp. bodemvocht voor zand en löss laten voor de basisprognose grote reducties zien van bijna 25 %. Voor klei en veen wordt een toename van de concentraties nitraat in het bovenste grondwater berekend. De oorzaak hiervoor moet blijken uit de analyses die nog moeten worden uitgevoerd voor de NAW. Ook de gewasopname (van stikstof en fosfor) neemt in deze gebieden toe waardoor (de mestgiften veranderen niet) het stikstofoverschot afneemt en het fosfor-overschot zelfs negatief wordt (er is sprake van uitmijnen). Dit lijkt te worden veroorzaakt doordat de periodes van gewasgroei in het LHM niet zijn afgestemd op de in ANIMO gebruikte gewasopnamemodellen van Wageningen Plant Research, maar ook moet worden gecontroleerd of de gebruikte modelconcepten en parameters valide zijn bij onvoldoende nutriënten. Ook moet worden gecontroleerd of de concentraties in de ondergrond in evenwicht zijn en of er geen trends in de grondwaterstanden bestaan. Omdat de nitraatconcentraties in deze gebieden laag zijn is de berekende verandering significant ondanks dat ook die klein is (7 en 13% voor respectievelijk veen en klei). Gemiddeld voor alle bodems wordt voor de basisprognose een daling berekend voor alle 3 de doelvariabelen.

Tabel 6.1 Voor de melkveehouderij berekende gemiddelde concentraties (mg.l^{-1}) nitraat in het bovenste grondwater (in bodemvocht voor löss), en de gemiddelde stikstof- en fosforbelasting naar het oppervlaktewater ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$) voor de start (2016) en het zichtjaar 2027 van de basisprognose.

Bodem	Nitraat gw (mg.l^{-1})		Stikstof ow ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$)		Fosfor ow ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{jr}^{-1}$)	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021
Veen	11.34	12.14	22.63	22.38	2.89	2.81
Klei	11.68	13.19	15.19	16.41	1.93	1.93
Zand	52.62	39.75	14.07	11.93	0.87	0.76
Löss*	184.4	139.48	1.17	1.17	0.07	0.08
Alle bodems	34.70	28.17	15.36	14.64	1.48	1.41

De gemiddelde uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater voor löss verandert voor zowel stikstof als fosfor niet of nauwelijks. Ook voor veen wordt een klein effect berekend. De berekende afname voor zand is significant: orde grootte 15 en 12 %. Voor klei wordt een toename van de uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater met 8% berekend. Voor klei wordt géén verandering in de fosforvrucht naar het oppervlaktewater berekend.

7 Resultaten oppervlaktewater

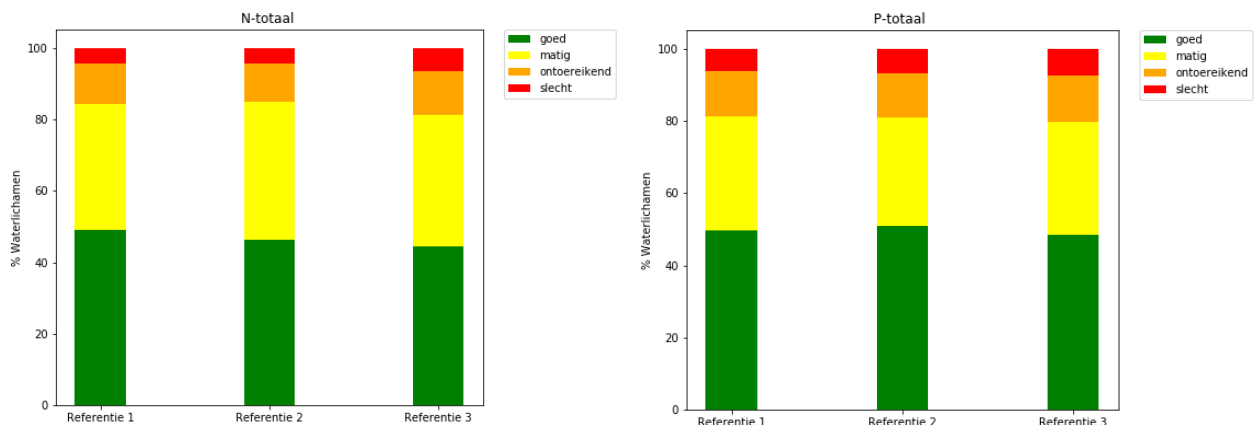
1.1 N-totaal en P-totaal

7.1.1 Referentiesituatie

De referentiesituatie is op de volgende drie manieren gekarakteriseerd:

- Referentie beschrijving 1: Gemeten zomergemiddelde concentraties N-totaal en P-totaal voor waterlichamen in 2015 uit KRW NUTrend.
- Referentie beschrijving 2: Gemeten zomergemiddelde concentraties N-totaal en P-totaal uit het bestand met ecologische stuurvariabelen voor regionale KRW-waterlichamen van HaskoningDHV, aangevuld met zomergemiddelde concentraties voor de Rijkswateren uit NUTrend. In de meeste gevallen zal het hier gaan om gemiddelden over de jaren 2015-2017 en vormt zo dus geen zuivere beschrijving van de referentiesituatie.
- Referentie beschrijving 3: Berekende zomergemiddelde concentraties (gecorrigeerde modelresultaten) voor de historische situatie 2015 (Renaud et al. 2019).

In figuur 7.1 zijn de indelingen van de waterlichamen in de vier toestandsklassen van de KRW voor N en P weergegeven voor de drie referentie beschrijvingen.



Figuur 7.1 Toestand van de KRW-waterlichamen voor zomergemiddeld N-totaal (links) en P-totaal (rechts) volgens de drie referentie beschrijvingen.

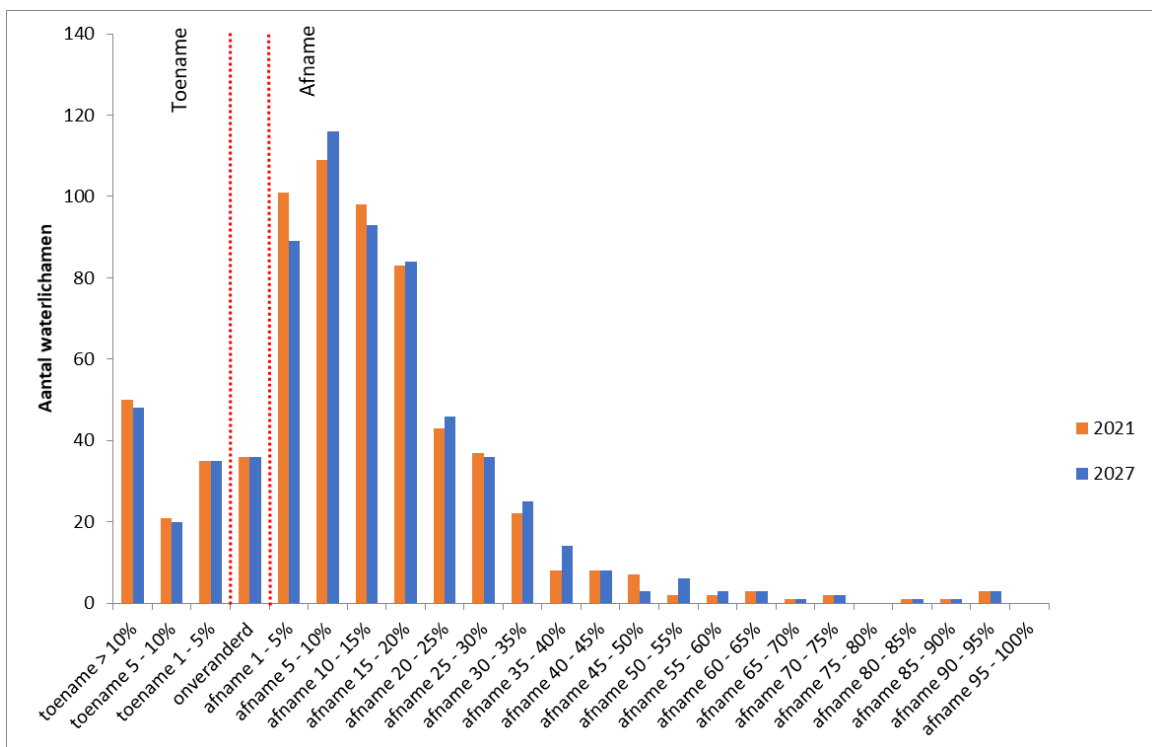
Het percentage waterlichamen in een bepaalde KRW klasse gebaseerd op gemeten concentraties uit NUTrend (referentie beschrijving 1) komt, zoals verwacht, vrijwel overeen met de klasse indeling voor gemiddelde concentraties over 2015-2017 (referentie beschrijving 2). De KRW-klasse indeling op basis van berekende concentraties (referentie beschrijving 3) komt ook goed overeen met de metingen (referentie beschrijvingen 1 en 2).

In de volgende paragraaf waarin de resultaten voor de prognoses worden beschreven worden, ter vergelijking, alleen de resultaten voor referentie beschrijving 3 getoond.

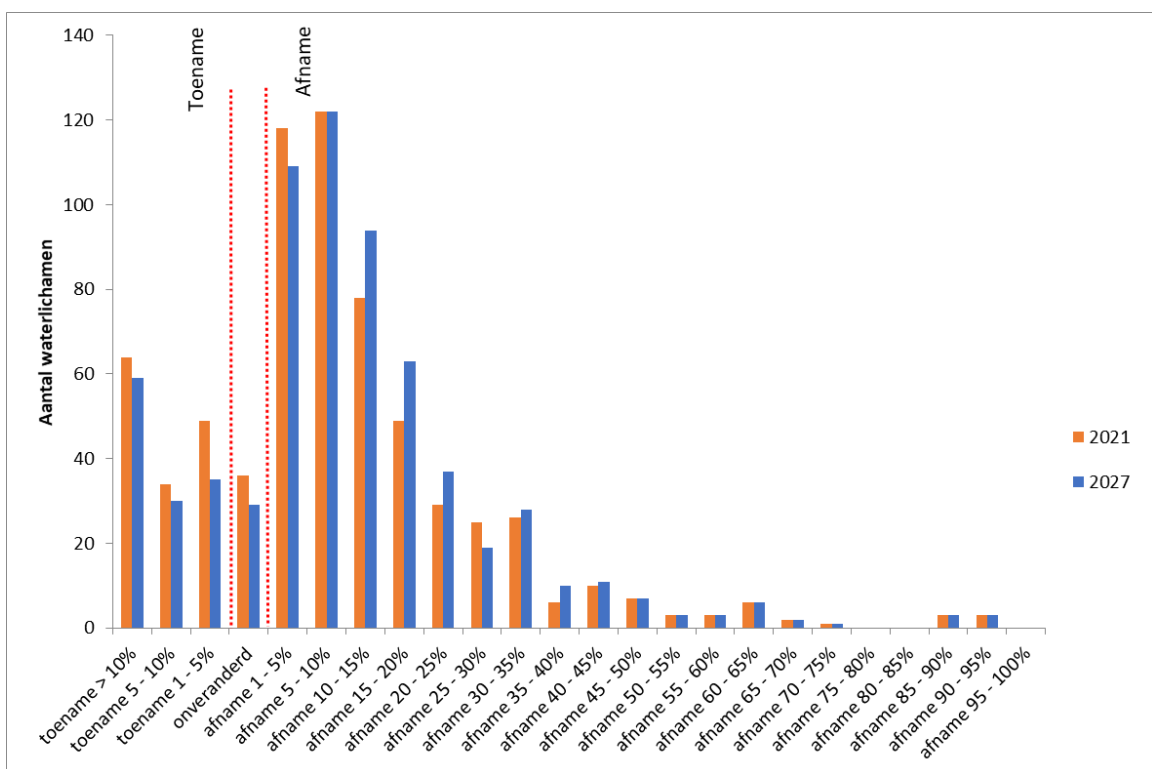
7.1.2 Prognose 2021 en 2027

In de figuren 7.2 en 7.3 is voor beide zichtjaren de afname/toename weergegeven van de N-totaal, resp. P-totaal concentraties t.o.v. de referentiesituatie 2015.

De figuren laten zien dat voor veel waterlichamen de N en P concentraties dalen richting 2021/2027, maar (niet verwacht) dat er ook een vrij groot aantal waterlichamen zijn waarvoor de concentraties juist stijgen. De oorzaak van deze stijgingen is niet duidelijk.

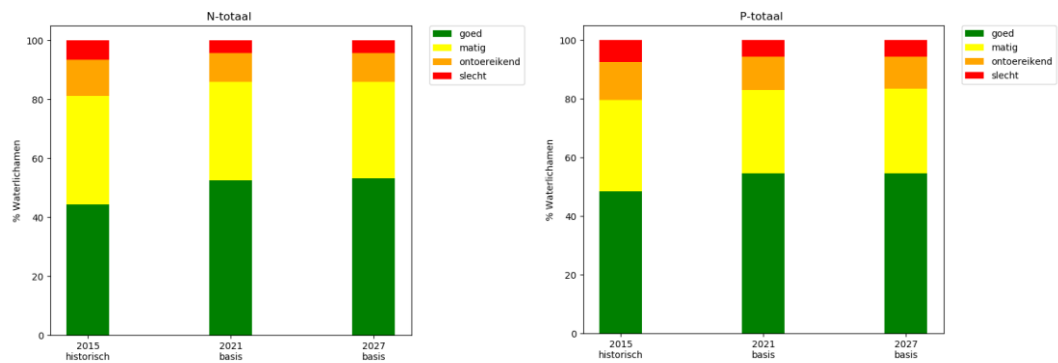


Figuur 7.2 Aantallen waterlichamen met een bepaald percentage afname/toename van de zomergemiddelde N-totaal concentratie in 2021 (oranje) en 2027 (blauw) ten opzichte van 2015. Rode stippellijnen markeren 'onveranderd'.



Figuur 7.3 Aantallen waterlichamen met een bepaald percentage afname/toename van de zomergemiddelde P-totaal concentratie in 2021 (oranje) en 2027 (blauw) ten opzichte van 2015. Rode stippellijnen markeren 'onveranderd'.

In figuur 7.4 is weergegeven hoe de waterlichamen voor het referentiejaar 2015 en voor de zichtjaren 2021 en 2027 scoren ten opzichte van de doelen in de KRW op basis van de beschikbare normen per waterlichaam.



Figuur 7.4 Percentage waterlichamen per KRW klasse voor de referentiesituatie (links), 2021 (midden) en 2027 (rechts) voor N-totaal (linker grafiek) en P-totaal (rechter grafiek).

Voor N-totaal zien we in 2021 een kleine verbetering in het aantal waterlichamen in de klasse 'goed' t.o.v. 2015 ten koste van de klassen 'ontoereikend' en 'slecht'. Als we kijken naar de onderverdeling in Rijkswateren en regionale wateren zien we dat deze verandering in klasse zowel plaats vindt in de regionale als de Rijkswateren (Tabel 7.1). Voor N-totaal in 2027 zijn alleen kleine verschillen zichtbaar t.o.v. 2021 voor de regionale wateren. Ook voor de Rijkswateren zijn er waterlichamen met reducties in stikstofconcentraties (Tabel 7.1) maar daarbij verandert de verdeling van het aantal waterlichamen per klasse niet. Voor de vergelijking tussen de prognoses en de referentiesituatie moet wel opgemerkt worden dat de verschillen in op zijn minst gedeeltelijk een gevolg kunnen zijn van verschillen in de hydrologie. Voor de referentiesituatie is de historische hydrologie van 2015 gebruikt, voor de prognoses is met de gemiddelde hydrologie van het LKM instrumentarium, gebaseerd op de klimaatreeks 1981-2010, gerekend. Voor P-totaal zien we voor beide zichtjaren een minder grote verbetering in KRW-klasse t.o.v. de referentiesituatie (Figuur 7.4 en Tabel 7.2) dan voor stikstof. De Rijkswateren tonen een iets grotere verbetering dan de regionale wateren. Het verschil tussen de zichtjaren 2021 en 2027 is zeer gering of vertoont (onverwachts) zelfs een kleine verslechtering voor de Rijkswateren.

Tabel 7.1 Percentage waterlichamen in KRW klasse voor referentiesituatie 2015, 2021 en 2027 voor N-totaal. Weergegeven voor 1) alle waterlichamen, 2) regionale wateren en 3) Rijkswateren.

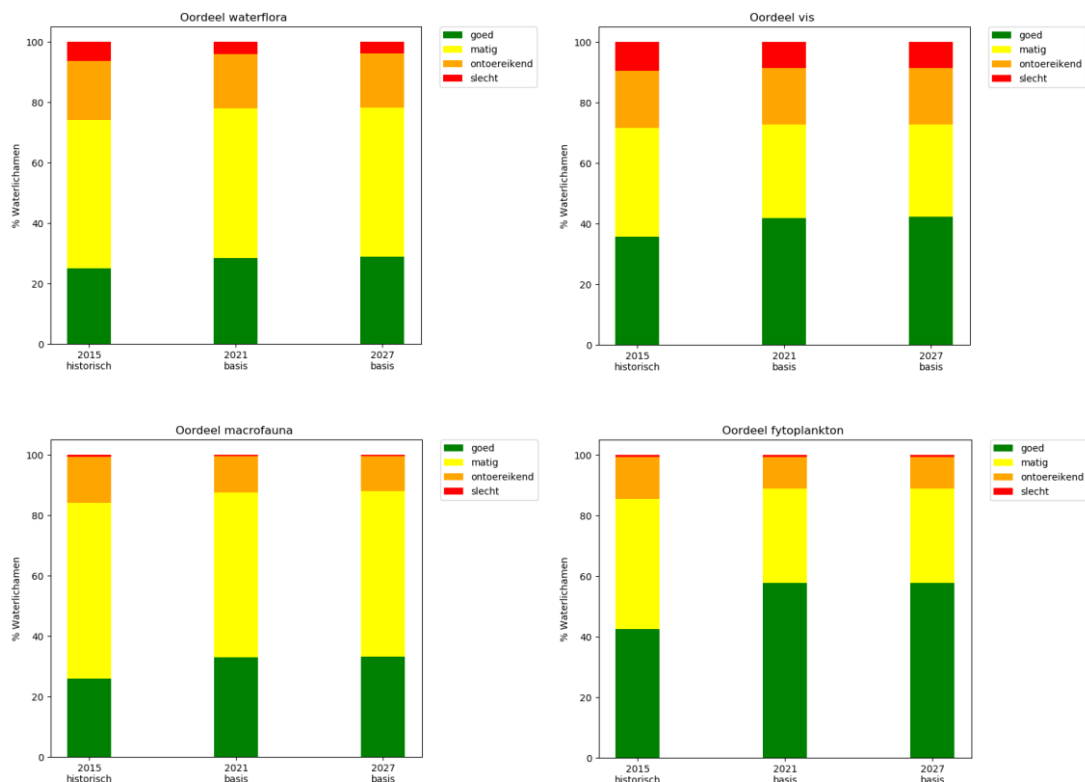
Jaar	Klasse	Aantal waterlichamen (in %)		
		Alle waterlichamen	Regionaal	Rijkswater
2015	Goed	44.4	45.1	33.3
	Matig	36.8	36.2	46.2
	Ontoereikend	12.4	12.1	17.9
	Slecht	6.4	6.7	2.6
2021	Goed	52.5	53.1	43.6
	Matig	33.5	32.9	43.6
	Ontoereikend	9.8	9.8	10.3
	Slecht	4.1	4.2	2.6
2027	Goed	53.1	53.7	43.6
	Matig	32.9	32.2	43.6
	Ontoereikend	9.8	9.8	10.3
	Slecht	4.1	4.2	2.6

Tabel 7.2 Percentage waterlichamen in KRW klasse voor referentiesituatie 2015, 2021 en 2027 voor P-totaal. Weergegeven voor 1) alle waterlichamen, 2) regionale wateren en 3) Rijkswateren.

Jaar	Klasse	Aantal waterlichamen (in %)		
		Alle waterlichamen	Regionaal	Rijkswater
2015	Goed	48.4	47.7	59.0
	Matig	31.2	31.4	28.2
	Ontoereikend	12.9	13.2	7.7
	Slecht	7.5	7.7	5.1
2021	Goed	54.6	53.6	71.1
	Matig	28.5	28.9	21.1
	Ontoereikend	11.2	11.6	5.3
	Slecht	5.7	5.9	2.6
2027	Goed	54.7	53.8	69.2
	Matig	28.9	29.4	20.5
	Ontoereikend	10.9	11.1	7.7
	Slecht	5.5	5.7	2.6

7.2 Ecologische Kwaliteitsratio's

In figuur 7.5 zijn voor de EKR's van de vier waterkwaliteitselementen, waterflora, vis, macrofauna en fytoplankton de verschillen tussen de doorgerekende pakketten (referentie, 2021 en 2027) te zien. Per pakket wordt het percentage KRW-waterlichamen in de KRW-klasse 'goed', 'matig', 'ontoereikend' of 'slecht' getoond.



Figuur 7.5 EKR voor waterflora (grafiek linksboven), vissen (grafiek rechtsboven), fytoplankton (grafiek linksonder), en macrofauna (grafiek rechtsonder) voor de referentiesituatie (links) en de prognose 2021 (midden) en prognose 2027 (rechts).

Per KRW-waterlichaam zijn de kennisregels toegepast, hetzij de oude ecologische rekenregels in combinatie met de oude maatlatten (2012), hetzij de nieuwe ecologische rekenregels in combinatie met de nieuwe maatlatten (2018), gelijk aan welke maatlatten de waterbeheerders gehanteerd hebben bij het bepalen van EKR-scores. Voor de oude maatlatten is een EKR bepaald door het gemiddelde te nemen van de uitkomsten uit de ecologische deelmodules EEE4 en PUNN3. Voor de nieuwe maatlatten is een EKR bepaald met behulp van de ecologische deelmodule RF (Random Forest) van de KRW-Verkenner.

Voor waterflora is een geringe verbetering van de EKR's te zien in de klasse 'goed' voor de prognoses, met name ten koste van de klasse 'slecht'. Voor vissen is er eveneens een significante verbetering te zien ten opzichte van de referentieberekening, waarbij de verschuiving vooral zit tussen de klasse 'goed' en 'matig'. De EKR's voor macrofauna laten een verbetering zien waarbij de klasse 'goed' voor de prognoses significant toeneemt ten koste van de klassen 'matig' en 'ontoereikend'. Fytoplankton laat de grootste verbetering zien waarbij de klasse 'goed' toeneemt van ruim 40% naar bijna 60%. Voor alle EKR's geldt dat de verschillen tussen de twee basisprognoses 2021 en 2027 marginaal zijn.

8 Discussie en conclusies

In de basisprognose zijn naast het vastgesteld beleid ook landbouwkundige ontwikkelingen verdisconteerd. Het in de basisprognose verwerkt beleid bestaat uit de maatregelen van het 6^e Nitraat Actie Programma 2018-2021 en de maatregelen van de Deelstroomgebiedsbeheerplannen 2016-2021. Voor de landbouwkundige ontwikkeling is gebruik gemaakt van inzichten uit andere beleidsverkenningen. Voor toekomstige basisprognoses kunnen de keuzes ten aanzien van de waarschijnlijke landbouwkundige ontwikkelingen structureel worden opgepakt om consistentie in de uitgangspunten en resultaten van de diverse beleidsevaluaties te realiseren en een afweging tussen beleidsvelden te faciliteren. Zo'n structurele aanpak zal ook tot een betere kwaliteit en mogelijk ook tot een grotere betrouwbaarheid van beleidsevaluaties leiden. Combineren van vastgesteld beleid met landbouwkundige ontwikkelingen maakt voor de analyse een getrapte analyse noodzakelijk.

De modeltoepassing voor het topsysteem reageert voor de bodems en gebieden waar het beleid op is gefocust, Zand-zuid en Zand-midden, op een correcte manier op de basisprognose: de berekende veranderingen zijn plausibel en zijn verklaarbaar. De maatregelen lijken adequaat te zijn gedefinieerd.

Het verschil tussen plaatsen van alle geproduceerde mest in 2016 en bemesting volgens de gebruiksnormen is in enkele gebieden duidelijk zichtbaar en heeft een groot effect. Vertrekkend vanuit de situatie waarin alle geproduceerde mest wordt aangewend hebben effectueren van het mestbeleid en de aanvullende maatregelen van het 6^e NAP groot effect in Zand-midden en met name Zand-zuid.

Voor N-totaal en P-totaal wordt voor de basisprognose een verbetering ten opzichte van de referentie berekend waarbij (logischerwijs) de verbetering in concentraties niet volledig doorwerkt in de beoordelingsklassen. Deze verandering vinden plaats in zowel de Regionale als de Rijkswateren, waarbij de verbetering in de Rijkswateren iets uitgesprokener is. De berekende EKR's laten een verbetering zien ten opzichte van de referentie. Deze verbetering is voor fytoplankton het grootst met een significante verbetering in de KRW klasse 'goed' naar bijna 60% (toename van ruim 15%), gevolgd door vissen en macrofauna. Ook voor waterflora is een kleine verbetering zichtbaar. Tussen de prognoses voor 2021 en 2027 is de verandering in EKR's vrijwel verwaarloosbaar, ondanks dat de trend in N en P concentraties wel degelijk een (geringe) afname laten zien als gevolg van de extra maatregelen.

Als je kijkt naar de prognoses in vergelijking met de referentiesituatie zie je naast effect van de maatregelen ook nog het effect van verschillende weersomstandigheden (historische hydrologie 2015 versus gemiddelde hydrologie). Dit weerseffect speelt niet bij de vergelijking tussen de twee zichtjaren, hierbij zijn de verschillen alleen het gevolg van diverse maatregelen (buitenlandse aanvoer, atmosferische depositie en erfafspoeling) en ook de autonome ontwikkeling in de uitspoeling vanuit de bodem (zoals berekend door ANIMO).

9 Aanbevelingen

De modeltoepassing voor het topsysteem voor de klei en veenbodems worden toenames van de nitraatconcentraties en vrachten stikstof berekend, dat lijkt minder plausibel. Aanvullende analyses naar de responsiviteit van de maatregelen en de validiteit van de rekenresultaten voor de referentie waarbij wordt ingezoomd in gebieden, moeten duidelijk maken of deze veranderingen verklaarbaar zijn en of de berekeningen moeten worden aangepast.

Het verschil tussen plaatsen van alle geproduceerde mest in 2016 en bemesting volgens de gebruiksnormen is in enkele gebieden duidelijk zichtbaar en heeft een groot effect. Voor zand veen en klei zijn de absolute effecten klein en niet onmiddellijk te verklaren. Voor de Nationale Analyse is het belangrijk hier nog goed naar te kijken.

De veranderingen in de tijd lijken voor de basisprognose in Zand-zuid voor de melkveehouderij adequaat te worden beschreven. De veranderingen komen overeen met de verwachtingen en zijn te verklaren. Dat geldt ook voor de verschillen tussen de 3 doelvariabelen. De hobbel voor 2018 en de stijgende trend na 2021 voor nitraat in het grondwater en de belasting van het oppervlaktewater met stikstof suggereren dat een verdere controle en analyse op details nuttig is. Bij het uitvoeren van de werkzaamheden zijn technische aanbevelingen voor de langere termijn geïdentificeerd:

- 1 In de toekomst dient bij het opzetten van de hydrologische schematisering de waterkwaliteit sterker sturend te zijn. In de huidige situatie worden resultaten van modellen opgelegd, die oorspronkelijk voor een ander doel zijn ontwikkeld.
- 2 Doorvoeren van een meer modulaire opzet, waarin afhankelijkheden in werkprocessen niet belemmerend zijn voor de voortgang van toepassingsprojecten.
- 3 Toevoegen van een grondgebruiksmodule aan het instrumentarium, zodat de dynamiek van het landgebruik beter kan worden meegenomen. Daarin zouden de verschillende grondgebruiks-informatiebronnen (AAN, BPR, BBG, LGN) moeten worden verwerkt tot modelinvoer die recht doet aan alle activiteiten die invloed uitoefenen op waterkwaliteit.
- 4 Vernieuwen van de topsysteemparameters in het LHM.
- 5 Meenemen van dichtheidsstroming door integreren van MT3DS en SEAWAT.
- 6 Flexibel aanpassen van de ruimtelijke schematisering door over te stappen op de nieuwe MODFLOW-versie.
- 7 De gewasproductie en nutriëntenbenutting meenemen als sturende variabele op de verdamping.
- 8 Gebruik een flexibele ruimtelijke indeling van rekeneenheden die rekening houdt met zowel de ruimtelijke schaal van het handelingsniveau als de intrinsieke schaal in het uitspoelmodel.
- 9 Voeg het stedelijk gebied en de gesloten teelten (kassen) toe om de berekeningen landsdekkend te maken.
- 10 Beschouw de formulering van fosfaatprocessen in het oppervlaktewater en waterbodems in verband met recente inzichten in de aanwezigheid van ijzer toegestroomd vanuit het grondwater. (zie Bolt et al., 2020, voor retentie berekeningen KRW-Verkenner)
- 11 Verdere toetsing aan metingen samen met regionale waterbeheerders. Bijvoorbeeld regionale toetsing van de stikstof en fosfor concentraties in samenhang met de gehanteerde emissies en afbraakconstanten.
- 12 In plaats van de huidige steady state berekeningen per kwartaal met de KRW-Verkenner is er een wens om dynamisch te rekenen (bijv. op dagbasis) zodat processen beter kunnen worden meegenomen (gebruikmakend van de uitgebreide D-WAQ processenbibliotheek) en vooral ook de retentie beter kan worden ingeschat.

Er wordt op dit moment gewerkt aan een analyserapport waarin nader naar plausibiliteit, duiding en toepassingsbereik wordt gekeken. Conclusies hieruit kunnen leiden tot aanvulling van de conclusies in onderhavig rapport.

10 Literatuur

- Cleij, P., F. van Gaalen en E. van Boekel, Berekeningen kwaliteit regionale wateren in kader Ex-ante SGBP2, Deltares rapportage 11202234-000-ZWS-0001, 2018.
- Groenendijk, P., L. van Gerven, E.M.P.M. van Boekel 2019 in prep. Maatregelen in het landelijk gebied ter vermindering van nutriëntengehalten in het oppervlaktewater. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport xxxx.
- Kros, H., J. van Os, J.C. Voogd, P. Groenendijk, C. van Bruggen, R. te Molder en G. Ros. Ruimtelijke allocatie van mesttoediening en ammoniakemissie; beschrijving mestverdelingsmodule INITIATOR versie 5. Wageningen Environmental Research, 2019.
- Niet, A.C. de, 2015. Update Ecologische modellen KRW-Verkenner. Rapport Wittenveen+Bos, referentie GV1201-1/15-002.578 (https://publicwiki.deltares.nl/display/KRWV/Documenten?preview=/131763781/132451173/Rapport_Update_PUNN%20methodiek.pdf#Documenten-Rapporten)
- Gaalen, F. van, L. Osté & E. van Boekel (2020), Nationale analyse waterkwaliteit. Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Bolt, F.J.E. van der, T. Kroon, P. Groenendijk, L.V. Renaud, J. van den Roovaart, G.M.C.M. Janssen, S. Loos, P. Cleij, A. van der Linden, en A. Marsman, 2020. Het landelijk waterkwaliteitsmodel; Uitbreiding van het Nationaal Water Model met waterkwaliteit ten behoeve van berekeningen van nutriënten. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3005. ISSN 1566-7197.
- Linden, A. van der, J. van den Roovaart, F. van Gaalen, H. Visser, A. de Niet, S. Nieuwhof, R. Knobben, N. Evers, J. Rost, A. Bontsema (2020). Update ecologische kennisregels KRW-Verkenner. Deltares-rapport 11203728-008-BGS-0007.
- Schipper M. en A. Schomaker, 2015. Verbetering kennisregels ecologische effecten – ten behoeve van de KRW-Verkenner. Rapport Royal HaskoningDHV, referentie RDC_BC8148_R001_901530_d1 (https://publicwiki.deltares.nl/download/attachments/131763781/Hasko_R001_VerbeteringKennisregelsEE_d1.docx?version=1&modificationDate=1520588315235&api=v2)
- Visser, H. en R. Wortelboer, 2013. De ecologische kwaliteit van Nederlands oppervlaktewater: een analyse met regressiebomen. PBL-Notitie, Publicatienummer: 1075. (<https://publicwiki.deltares.nl/display/KRWV/Documenten?preview=/131763781/132451172/PBL%20WaterkwaliteitRegressiebomen%202013.pdf#Documenten-Rapporten>)
- Wichink Kruit, R.J. en W.A.J. van Pul (2018). Ontwikkelingen in de stikstofdepositie, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) briefrapport 2018-0117, Bilthoven.
- Wortelboer, F.G., R. Rosenboom, F.J. Kragt, W. Ligtoet, F.W. van Gaalen, J.M. Knoop, P. Cleij, P.J.T.M. van Puijenbroek, J.H. Janse en J.R.M. Alkemade, Ecologische Effectberekeningen voor de 2e Nationale Natuurverkenning - Aquatische systemen, PBL Intern rapport, 2002.
- Wortelboer et al., Ecologie Rijkswateren KRW-Verkenner, Deltares rapport 11202234-002-ZWS-0002_v0.3, 2018.

A Reductie percentages buitenlandse aanvoer

Rijn

N-totaal

- N-totaal: al ca. 10 jaar stabiel op ZGEM 2,5 mg/l
- NL norm ZGEM 2,5 mg/l
- DE werknorm afgesproken in Rijn-cie JGEM 2,8 mg/l > ZGEM 2,3 mg/l
- Inschatting Ex Ante (2016): reductie 2021 tov 2015: 2,5%, 2027 tov 2015: 5%
- Kleine daling door reductie atmosferische depositie N, beperkte reductie RWZI's (DE voldoet al ongeveer aan de doelen) en diffuus (landbouw). Conform ⁹⁾: 6% reductie van emissies in hele RSGD minus NL in 2021 tov 2014 (maar vooral DE tov 2011), vooral reductie van landbouw/diffuus in DE.
- Beperkte reductie aangehouden van 2,5% voor 2021 en 5% voor 2027.

P-totaal

- P-totaal: vanaf 2011 stabiel op ZGEM 0,08 mg/l
- NL norm ZGEM 0,11 mg/l
- DE ZGEM 0,10 mg/l
- Inschatting Ex Ante (2016): reductie 2021 tov 2015: 2,5%, 2027 tov 2015: 5%
- Kleine daling conform N door beperkte reductie RWZI's (DE voldoet al ongeveer aan de doelen) en diffuus (landbouw).
- Heel weinig bekend over verwachte P-reducties. Daarom beperkte reductie aangehouden van 2,5% voor 2021 en 5% voor 2027, conform N-totaal.

Overig Duitsland (42 wateren)

N-totaal

- Algemeen: beperkte reducties in periode 2010-2016
- Vanuit Ruhr reductie in 2021 tov 2012 3%, in 2027 6%, geen daling in 2015 tov 2012, dus reducties overgenomen. Niers reductie in 2021 tov 2012 1%, in 2027 2%, geen daling in 2015 tov 2012, dus reducties overgenomen.
- Overige wateren geen extra info beschikbaar, daarom gemiddelde van Rijn aangehouden: reductie van 2,5% voor 2021 en 5% voor 2027.

P-totaal

- Inschatting Ex Ante (2016): reductie 2021 tov 2015: 2,5%, 2027 tov 2015: 5%.
- Heel weinig bekend over verwachte P-reducties. Daarom beperkte reductie aangehouden van 2,5% voor 2021 en 5% voor 2027, conform N-totaal.

Maas

N-totaal

- N-totaal: al ca. 10 jaar min of meer stabiel rond ZGEM 3,5 mg/l
- NL norm ZGEM 2,5 mg/l
- VL norm ZGEM (zeer) grote rivieren 2,5 mg/l
- Inschatting Ex Ante (2016): reductie 2021 tov 2015: 2,5%, 2027 tov 2015: 5%
- Kleine daling door reductie atmosferische depositie N, beperkte reductie RWZI's en diffuus (landbouw).
- Vanuit Maas reductie in 2021 tov 2012 3%, in 2027 6%, geen daling in 2015 tov 2012, dus reducties overgenomen.

P-totaal

- P-totaal: vanaf 2011 min of meer stabiel (2017 is hoog) op ZGEM 0,20 mg/l
- NL norm ZGEM 0,11 mg/l
- VL norm ZGEM alle wateren 0,14 mg/l
- Inschatting Ex Ante (2016): reductie 2021 tov 2015: 2,5%, 2027 tov 2015: 5%
- Heel weinig bekend over P-reducties, daarom reducties overgenomen van N-totaal.

Overig België (30 wateren)

N-totaal

- VL norm ZGEM alle kleine wateren 4,0 mg/l
- Vanuit ⁴⁾ Jeker toename in 2021 tov 2012 +3%, in 2027 +5%, geen bekende daling in 2015 tov 2012, dus toename overgenomen. Geul reductie in 2021 tov 2012 2%, in 2027 3%, geen daling in 2015 tov 2012, dus reducties overgenomen.
- Overgenomen vanuit ⁴⁾ de reducties in 2021 en 2027 tov 2012 afgerond op halve procenten voor de wateren: Aa, Dommel, Mark, Tongelreep, Haelense beek, Thornerbeek, Bosbeek en Abeek.
- Overige wateren: gemiddelde reducties van bovengenoemde wateren: wat neer komt op 2,5% reductie in 2021 en 7% in 2027.

P-totaal

- VL norm ZGEM alle wateren 0,14 mg/l ⁶⁾
- NL norm ZGEM 0,11 mg/l, behalve Randwaterleiding 0,22 mg/l.
- Overige wateren: gemiddelde reducties van bovengenoemde wateren: wat neer komt op 2,5% reductie in 2021 en 7% in 2027. Voor de Jeker toename overgenomen zoals voor N-totaal.

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