



Eindrapport review Landelijk Waterkwaliteitsmodel

Eindrapport

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

13 december 2022

Project Eindrapport review Landelijk Waterkwaliteitsmodel
Opdrachtgever Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Document Eindrapport
Status Definitief
Datum 13 december 2022
Referentie 130685/22-018.164

Projectcode 130685
Projectleider Drs.ing. S.A. Schep
Projectdirecteur Drs. L.G. Turlings

Auteur(s) K. van Lienden MSc, drs.ing. S.A. Schep
Gecontroleerd door Drs. L.G. Turlings
Goedgekeurd door Drs. L.G. Turlings

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel review	6
1.3	Aanpak	6
1.4	Leeswijzer	6
2	INVENTARISATIE EISEN	7
2.1	Toelichting op de beleidsvraag	7
2.2	Toelichting op de eisen	7
2.2.1	Eisen aan de start van de ontwikkeling van het LWKM	7
2.2.2	Aanvullende eisen doorontwikkeltraject	8
3	HUIDIG MODEL	9
3.1	Wat is het LWKM en wat berekent het?	9
3.2	Uit welke deelmodellen bestaat het LWKM?	9
3.3	Wat zijn de benodigde invoerdata?	10
3.4	Waar wordt de uitvoer van de verschillende deelmodellen voor gebruikt?	12
3.5	Wat is de resolutie van de verschillende deelmodellen?	13
3.6	Tekortkomingen huidig toepassingsmodel (LWKM 1.2)	15
3.7	Verbeteringen in het LHM	16
4	BEORDELING ACTIES ROUTEKAART	17
4.1	Beoordeling acties uit de routekaart	17
4.2	Activiteiten ten behoeve van de functionaliteiten	21
4.3	Andere aandachtspunten	21
5	ANALYSE & CONCLUSIES	22
5.1	Is het model na doorontwikkeling geschikt voor de eindevaluatie KRW 2027?	22

6	AANBEVELINGEN	25
7	LITERATUUR	26
	Laatste pagina	26
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Invoerdata voorgeschakelde modellen	1
II	Routekaart	1

1

INLEIDING

1.1 Aanleiding

De toenmalige stuurgroep Nationaal Water Model (NWM) heeft in 2016 op basis van een advies van PBL, RIVM, DGRW (tegenwoordig DGWB), STOWA en RWS besloten tot de ontwikkeling van een samenhangend landelijk instrumentarium voor waterkwaliteit: het landelijk waterkwaliteitsmodel (LWKM) als onderdeel van het Nationaal Watermodel. Het LWKM moest ondersteuning bieden bij de beantwoording van diverse beleids-, beheers- en kennisvraagstukken op het gebied van waterkwaliteit en diende het STONE model en het KRW verkenners model te vervangen. Concrete vraagstukken waar het LWKM voor is ontwikkeld zijn de berekening van effecten van maatregelenpakketten in het kader van de KRW (onderbouwing SGBP2 en 3, Nationale Analyse Waterkwaliteit), de Emissieregistratie (ER), en de Nitraatrichtlijn.

In 2018 is een eerste versie van het LWKM opgeleverd, waarin door omstandigheden is gekozen voor een terugvaloptie voor het oppervlaktewater, en waarin de koppeling van het grondwaterdeel werd uitgesteld. Op deze versie zijn gevoeligheidsanalyses en een plausibiliteitstoets zijn uitgevoerd (van der Bolt, et al., 2020) (Groenendijk, et al., 2020). Uit deze toets bleek dat het model op stroomgebied niveau voldoende betrouwbare uitkomsten opleverde, zodat het model bruikbaar was voor toepassing voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit (2019), voor de ex ante evaluatie KRW (2021) en het MER Zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn (2021). Op het schaalniveau van KRW- waterlichamen bleek de onderliggende hydrologische informatie onvoldoende gedetailleerd om uitspraken te kunnen doen. Hierdoor zijn op dit schaalniveau ook geen betrouwbare bronnenanalyses mogelijk. Verdere doorontwikkeling en verfijning van het instrumentarium (waaronder herziening van de oppervlaktemodellering) wordt daarom noodzakelijk geacht voor toekomstig gebruik.

De kennisinstellingen hebben de beoogde doorontwikkeling van het LWKM uitgewerkt in een routekaart. Deze routekaart is op verzoek van opdrachtgevers in oktober 2021 in de stuurgroep regionale en landelijke modelinstrumentaria besproken.

Hierbij heeft de stuurgroep een aantal zorgen uitgesproken over haalbaarheid van de planning in de routekaart en het gebrek aan keuzes/opties. Om hierover een goed besluit te kunnen nemen, is gevraagd om een externe review uit te laten voeren van de beoogde doorontwikkeling van het LWKM en de voorgestelde routekaart.

In de centrale onderzoeksvraag van deze review van de doorontwikkeling van het model en de routekaart is met name onderzocht of het ontwerp van het LWKM na uitvoeren van de acties uit de routekaart fit for purpose is voor de (eind)evaluatie van de KRW in 2027. Bij de evaluatie van de KRW staan vier beleidsvragen centraal: 1) worden de doelen bereikt?, 2) waarom worden doelen niet bereikt?, 3) wanneer kunnen doelen wel bereikt worden? En 4) wat is nodig om doelen wel te bereiken?

NB! De review richt zich primair op het ontwerp van het LWKM en niet op de benodigde hydrologische informatie. Voor het in beeld brengen van de benodigde informatie en een analyse van de beschikbaarheid wordt door Witteveen+Bos een parallel project uitgevoerd in opdracht van STOWA.

1.2 Doel review

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft Witteveen+Bos gevraagd de review uit te voeren. De review moet ingaan op de volgende punten en vragen:

- 1 inventarisatie eisen beleidsdoelen: wat moet, wat is wenselijk en wat is realistisch haalbaar ten behoeve van de in 2027 op te leveren eindevaluatie van de KRW? Op welke vragen moet het LWKM antwoord kunnen geven?
- 2 het model nu en de voorgestelde doorontwikkeling van het model d.m.v. acties uit de routekaart: wat is het model en is het voorstel voor doorontwikkeling 'fit for purpose' uitgaande van de vragen waar het model antwoord op moet geven? Welke vragen kunnen wel en welke vragen kunnen niet beantwoord worden?

De focus in deze review is gericht op geschiktheid van de ontwikkelversie van het LWKM voor de (eind)evaluatie van de KRW in 2027. Hierbij staat de inhoud van het model centraal: wat kan het, wat kan het niet en hoe verhoudt dit zich tot de eisen voor de KRW 2027 en bijbehorende vragen.

1.3 Aanpak

Deze review is uitgevoerd in de volgende stappen:

- stap één: inventarisatie van en reflectie op de eisen vanuit beleidsdoelen en gebruikers: Op basis van literatuur is onderzocht welke vragen en eisen er liggen richting het model;
- stap twee: duiding van het model en de routekaart: beschrijving specificaties van het LWKM en de voorgestelde doorontwikkeling zoals vastgelegd in een routekaart. Deze tweede stap heeft als doel om het aanbod vanuit het model en de voorgestelde routekaart expliciet te maken;
- stap drie: synthese met vergelijking van vraag en aanbod: In deze derde stap is gekeken of er met het model en de voorgestelde routekaart (stap twee) wordt voldaan aan de verschillende vragen en eisen (stap één). De resultaten zijn vastgelegd in voorliggend rapport.

Voor stap drie is op basis van bestaande (concept)stukken en interviews met Deltares en WEnR eerst een schema gemaakt met een overzicht van de samenhang tussen de verschillende modellen. Dit overzicht is los beschikbaar als bijlage. In een werksessie is deze plaat besproken en zijn aanvullingen gedaan. Bij deze werksessie waren vertegenwoordigers van verschillende betrokken organisaties aanwezig (Ministerie I&W, RWS, STOWA, RIVM, Deltares, WEnR). Aan de hand van de werksessie en een literatuurstudie is een notitie opgesteld. Na een commentaarronde is een managementsamenvatting gemaakt die in oktober 2022 is voorgelegd aan de stuurgroep regionale en landelijke modelinstrumentaria, zodat de stuurgroep alvast een besluit kon nemen over een aantal noodzakelijke ontwikkelingsstappen. De resultaten van het proces zijn in dit rapport beschreven.

1.4 Leeswijzer

In deze notitie wordt een toelichting gegeven op de beleidsvragen en eisen voor het LWKM (hoofdstuk 2), waarna het huidige model op hoofdlijnen is beschreven (hoofdstuk 3). De acties uit de routekaart worden besproken en beoordeeld (hoofdstuk 4). In de conclusie wordt ingegaan op of het LWKM na doorontwikkeling antwoord kan geven op de gestelde vragen (hoofdstuk 5).

2

INVENTARISATIE EISEN

2.1 Toelichting op de beleidsvraag

Het door te ontwikkelen instrumentarium dient in het najaar van 2025 geschikt te zijn, zodat de berekeningen voor de eindevaluatie van de KRW in 2026 beschikbaar zijn. Het is daarom van belang dat het model gebruikt kan worden om berekende concentraties van nutriënten en EKR-scores in waterlichamen te toetsen aan KRW-doelen, en de effectiviteit van maat- regelen te bepalen op het niveau van waterlichamen. Onderliggende (hoofd)vragen voor het beantwoorden van deze beleidsvraag luiden als volgt:

- 1 worden de doelen bereikt?
- 2 waarom worden doelen niet bereikt?
- 3 wanneer kunnen doelen wel bereikt worden?
- 4 wat is nodig om doelen wel te bereiken (wat is het handelingsperspectief)?

Naast de KRW 2027 is de ambitie om het instrumentarium ook in te zetten voor de jaarlijkse berekening van uit- en afspoeling N en P voor de ER, stroomgebiedsbeheerplannen, nitraatrapportage, evaluatie meststoffenwet, evaluatie DAW, en het zoetwaterprogramma. De doorontwikkeling van het instrumentarium dient dan ook een breder belang, maar de prioriteit voor het LWKM ligt bij de eindevaluatie van de KRW in 2027, waarop ook het projectplan is toegespitst (RWS, 2022). In deze review zal de focus dus ook liggen op deze toepassing van het LWKM. Het toepassen van het LWKM voor de KRW zal ook na 2027 doorlopen en is dus voor de lange termijn.

2.2 Toelichting op de eisen

2.2.1 Eisen aan de start van de ontwikkeling van het LWKM

Aan het begin van de ontwikkeling van het LWKM in 2016 is in samenwerking met betrokken partijen (DGRW, STOWA, RWS, PBL, Unie van Waterschappen, RIVM, EZ, en enkele waterschappen en provincies) een document opgesteld met daarin de wensen en eisen die de verschillende partijen hadden voor een waterkwaliteitsinstrumentarium (Bruinsma, et al., 2016). De belangrijkste eisen die hieruit naar voren zijn gekomen zijn overgenomen in het kader hieronder.

Algemene eisen waterkwaliteitsinstrumentarium bij de start van de ontwikkeling van het LWKM (Bruinsma, et al., 2016)

- het gaat om het ontwikkelen van een gemeenschappelijk instrumentarium, een gereedschapskist, dus niet om één model. De modellen en instrumenten in die gereedschapskist kunnen en moeten apart van elkaar ontwikkeld worden;
 - gezien het integrale karakter van de landelijke beleidsstudies is wel een samenhangend instrumentarium van belang. Dit instrumentarium moet de hele keten van hydrologie (onverzadigde zone en gewas, verzadigde zone, grondwater en oppervlaktewater), emissies naar bodem en water (diffuus en punt) en de verspreiding via bodem, grondwater en oppervlaktewater beschrijven. Het instrumentarium moet uitgaan van een hydrologie die als basis dient voor alle onderliggende modellen. Met het
-

instrumentarium moet de chemische en ecologische kwaliteit van bodem-, grond- en oppervlaktewater beschreven kunnen worden;

- het instrumentarium moet landelijke en regionale beleidsvragen kunnen beantwoorden op een schaalniveau dat voldoende betrouwbare resultaten geeft;
 - het instrumentarium moet beheers- en uitvoeringsvragen kunnen beantwoorden;
 - het instrumentarium moet uitspraken kunnen doen op waterlichaamniveau doordat output gegenereerd wordt t.b.v. de KRW-Verkenner of ESF-methodiek;
 - het instrumentarium is geschikt voor het bepalen van ecologisch doelbereik (a.d.h.v. scenario's, via KRW-verkenner of ESF-methodiek).
-

De stuurgroep NWM heeft toentertijd gekozen voor een gematigd ambitieniveau (Tiktak, et al., 2016), waarin de focus lag op de ontwikkeling van een landelijk waterkwaliteitsmodel dat op langere termijn zou worden doorontwikkeld voor regionale toepassingen. Het nieuwe waterkwaliteitsmodel moest wel meer verfijnd zijn dan het eerder gebruikte STONE model, om het geschikt te maken voor beleidsvragen rondom de Stroomgebiedsbeheersplannen (SGBP) (Tiktak, et al., 2016). Er werd gekozen voor een focus op nutriënten met de mogelijkheid om later uit te breiden naar milieuvreemde stoffen zoals bestrijdingsmiddelen.

2.2.2 Aanvullende eisen doorontwikkeltraject

Voor de doorontwikkeling van het LWKM, om het geschikt te kunnen maken voor de eindevaluatie KRW in 2027 zijn in het voorjaar van 2021 aan de hand van gesprekken met stakeholders en kennisinstututen nieuwe eisen opgesteld (RWS, 2022). De eisen kunnen worden opgedeeld in inhoudelijke eisen (wat moet het LWKM kunnen om antwoord te geven op de vragen) en overige eisen die te maken hebben met de praktische haalbaarheid (zoals het ontsluiten van documentatie, en beheer en onderhoud). De nadruk in deze review zal liggen op de inhoudelijke eisen aan het model, maar de overige eisen zullen ook kort worden meegenomen.

Eisen doorontwikkeltraject (RWS, 2022)

Inhoudelijk

- herkenbaar en betrouwbaar instrumentarium: het model is gebaseerd op actuele en betrouwbare data.
- het instrumentarium is onderbouwd en vastgelegd, en de werking en de beoogde kwaliteit van de uitkomsten wordt tussentijds getoetst en bij oplevering aangetoond;
- draagvlak bij landelijke en regionale partijen: het instrumentarium is in nauwe interactie met de regio ontwikkeld, uitkomsten zijn (tussentijds) getoetst en geaccepteerd.

Overig

- wetenschappelijk geaccepteerd, o.a. door peer-reviewed publicaties en een internationale wetenschappelijke review;
 - geen uitloop van de planning en binnen beschikbaar budget: de verschillende (onderliggende) bouwstenen van het instrumentarium zijn van goede kwaliteit en tijdig gereed;
 - het beheer en onderhoud is adequaat georganiseerd. De benodigde financiering voor beheer- onderhoud is meerjarig inzichtelijk gemaakt;
 - beschikbaarheid voor derden: het instrumentarium is beschreven en de relevante datasets zijn ontsloten. Daarmee is het instrumentarium overdraagbaar en is toepassing door marktpartijen en waterschappen mogelijk;
 - heldere projectsturing, rollen en taken, verantwoordelijkheden en wijze van escalatie.
-

Het uitgangspunt is om in 2027 aan het hoge ambitieniveau (betrouwbare uitspraken op waterlichaam niveau) te voldoen, om volgens bovenstaande eisen de beleidsvraag uit hoofdstuk 2.1 te kunnen beantwoorden. In deze review worden bovenstaande eisen uit het projectplan als leidraad gebruikt.

3

HUIDIG MODEL

Dit hoofdstuk geeft technische achtergrondinformatie over het ontwerp van het huidige LWKM op hoofdlijnen en beschrijft de huidige tekortkomingen. De voorgestelde doorontwikkelingen volgens de routekaart zijn erop gericht oplossingen te bieden voor deze tekortkomingen. De doorontwikkelingen worden verder besproken in hoofdstuk 4.

3.1 Wat is het LWKM en wat berekent het?

Het LWKM is een landsdekkend modelinstrumentarium bestaande uit drie deelmodellen waarmee nutriëntenstromen naar het grond- en oppervlaktewater berekend kunnen worden op basis van invoerdata uit verschillende bronnen. Het LWKM maakt gebruik van hydrologische berekeningen uit het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) en invoergegevens over bemesting uit INITIATOR. Verschillende databases (tabel 3.1) worden gebruikt om aanvullende informatie te verzamelen die nodig is als invoer voor de verschillende deelmodellen. Op basis van deze gegevens worden met het LWKM de uitspoeling van nitraat naar grondwater, en de stikstof- en fosforstromen via uit- en afspoeling naar het oppervlaktewater berekend (Bolt, et al., 2020), evenals van andere bronnen, waaronder rwzi's, industrie, atmosferische depositie. Deze uitvoer kan vervolgens weer worden gebruikt als invoer voor de ecologische effect module van de KRW-Verkenner (LKM-ECO). Deze module gebruikt deze informatie, in combinatie met informatie over stuurvariabelen en maatregelen voor ecologische waterkwaliteit om een Ecologische Kwaliteitsratio (EKR) te berekenen.

3.2 Uit welke deelmodellen bestaat het LWKM?

Zowel in het LWKM zelf als in het voorgeschakelde LHM is een onderscheid gemaakt tussen het diepe ondergrondsysteem (grondwater), het ondiepe ondergrondsysteem (bodem) en het oppervlaktewatersysteem, waardoor beide modellen uit drie hoofdonderdelen bestaan.

Het LHM bestaat uit MODFLOW (simulatie van het verzadigde grondwater), MetaSWAP (simulatie van bodem, vegetatie, de bovenste meters van de ondergrond) en MOZART/DM (simulatie van het oppervlaktewater: MOZART voor het regionale systeem, en het Distributiemodel (DM) voor de landelijke waterverdeling). Het oppervlaktewater deelmodel uit het LHM wordt aangevuld met het Landelijk Sobek Model (LSM), omdat het DM-netwerk te grof bleek om het landelijk netwerk met voldoende detaillering te vertegenwoordigen.

Het LWKM bestaat uit MT3DMS (chemische evenwichtsprocessen in het grondwater (nitraat)), ANIMO (ondiepe ondergrond/topsysteem: stoftransport, gas en bodemprocessen en uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater), KRW-Verkenner, (stoftransport en retentieprocessen in het oppervlaktewater). Deelmodellen kunnen ook los van elkaar worden ingezet voor andere vraagstukken. Voor de evaluatie KRW wordt het hele instrumentarium gebruikt.

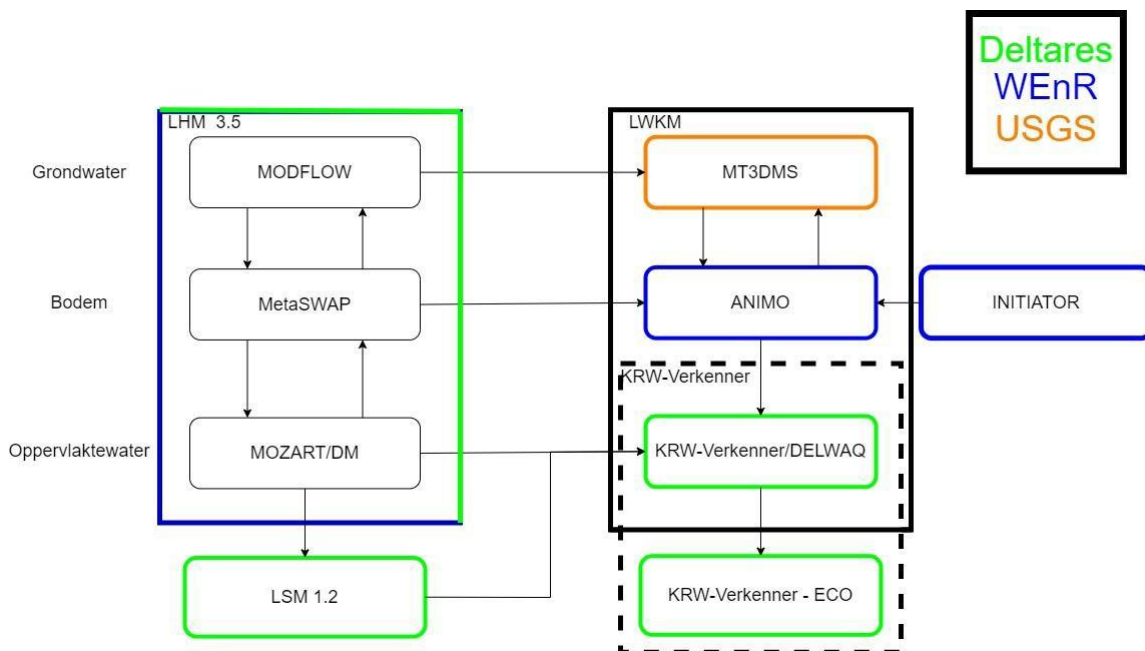
In het oorspronkelijke ontwerp van het LWKM werd niet de KRW-Verkenner, maar DELWAQ gebruikt voor waterkwaliteitsberekeningen aan het oppervlaktewater. Om de hiervoor benodigde hydrologische invoer te genereren, zou in het LHM de combinatie van MOZART/DM met LSM worden vervangen door RTC-Tools,

met een vernieuwde oppervlaktewaterschematisatie. In 2018 is door de stuurgroep NWM besloten om RTC-Tools niet in te zetten als oppervlaktewatermodule in het LHM, omdat de resultaten op dat moment niet voldoende plausibel waren. Voor het LWKM betekende dit dat het volledig overstappen van de KRW-Verkenner naar DELWAQ voor het oppervlaktewater ook nog niet mogelijk was (Bolt, et al., 2020). Om die reden is als terugvaloptie gekozen voor het op dat moment beschikbare toepassingsmodel van het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM 2.4).

De verwachte effecten op de ecologische waterkwaliteit worden berekend met de ecologische effect module van het LKM (LKM-eco). Deze module werd voor de ontwikkeling van het LWKM niet als onderdeel van het LWKM beschouwd, omdat het een nageschakeld model betreft. Om samenhang met het LWKM te borgen wordt het nu wel meegenomen in de besluitvorming van de stuurgroep NWM. LKM-eco gebruikt de uitvoer van de hierboven beschreven deelmodellen van het LWKM als invoer om een EKR-score te berekenen voor de regionale wateren.

Afbeelding 3.1 geeft een versimpeld overzicht van de samenhang tussen de verschillende deelmodellen van de huidige versie het LHM en het LWKM. Dit betreft de gerealiseerde terugvaloptie. Met verschillende kleuren zijn de kennisinstellingen in relatie tot het LWKM weergegeven. Het LHM is ontwikkeld door Deltares en WEnR. MT3DMS is ontwikkeld door U.S. Geological survey, die het model ook beheert en onderhoudt. Een gedetailleerd schema is los beschikbaar als bijlage.

Afbeelding 3.1 Overzicht van samenhang LWKM en voorgeschakelde modellen op hoofdlijnen



3.3 Wat zijn de benodigde invoerdata?

Het LWKM gebruikt hydrologische informatie uit het LHM en invoergegevens over bemesting uit INITIATOR. Dit wordt aangevuld met data uit verschillende databases. Een overzicht van de benodigde invoerdata voor de drie deelmodellen van het LWKM wordt gegeven in tabel 3.1, met daaronder een korte toelichting. Omdat het LWKM sterk afhankelijk is van onder andere de hydrologische gegevens uit voorgeschakelde modellen, is het LWKM dus ook afhankelijk van de invoerdata voor het LHM en INITIATOR. Een overzicht van de belangrijkste invoerparameters voor deze modellen wordt daarom gegeven in bijlage II.

Tabel 3.1 Invoerdata LWKM en hun herkomst

Deelmodel	Invoer	Herkomst
MT3DMS	geochemische informatie	GeoTop/NL3D/REGIS
	grondwaterstroming	MODFLOW
	fluxen en vrachten over grensvlak	ANIMO
ANIMO	initiële kwelconcentraties	grondwaterkwaliteitsdatabase
	gewasopname	CBS
	geactualiseerde kwelconcentraties	MT3DMS
	P-toestand bodem	diverse informatiebronnen
	mestverdeling	INITIATOR
	hydrologische resultaten LHM	LHM
	bodemeigenschappen (fysisch en chemisch)	BIS
	landgebruik	LGN7*
	stikstofdepositie	GDN
	KRW-Verkenner	hydrologische resultaten LHM
schematisatie oppervlaktewater		LSM
N- & P- vrachten voor waterlichamen vanuit natuur- en landbouw gebieden		ANIMO
lozingsdebiëten, vrachten & ligging rwzi's		rwzibase (CBS)
regionale debiëten/routing/waterinlaten		waterschappen
buitenlandse vrachten		MWTL meet-punt/KRWNUTrend/IHW database
aanvoer via buitenlandse waterlopen atmosferische depositie binnenvaart en recreatievaart (lozing huishoudelijk afvalwater) erfafspoeling glastuinbouw huishoudelijk afvalwater via IBA meemesten sloten overstorten regenwaterriolen		Emissieregistratie (ER)

* Het landgebruik komt van het LHM. Het LHM gebruikt een bewerkte vorm van LGN7.

MT3DMS (grondwatersysteem)

MT3DMS gebruikt de hydrologische resultaten uit het grondwaterkwantiteitsmodel MODFLOW en geochemische informatie over de ondergrond uit onder andere NL3D, REGIS en GeoTOP om het transport

en processen van opgeloste stoffen (nitraat) in de diepe ondergrond te simuleren. Daarnaast worden voor de stofbelasting rekenresultaten uit ANIMO gebruikt. De resultaten van MT3DMS worden vervolgens weer gebruikt als een onderrandconcentratie voor een nieuwe berekening met ANIMO.

ANIMO (bodem/topsysteem)

Het ANIMO-model berekent uitspoeling van nitraat naar grondwater en de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater aan de hand van organisch stof en N- en P-kringlopen. Voor het watertransport door de bodem maakt ANIMO hier gebruik van waterfluxen berekend door MetaSWAP. Verder wordt INITIATOR gebruikt om de aanvoer van stikstof en fosfor naar de bodem via de mestverdeling te berekenen en zullen in de toekomst geactualiseerde kwelconcentraties van stikstof uit de resultaten van MT3DMS worden afgeleid.. Daarbovenop worden de QUADMOD en MEBOT van Plant Research International gebruikt om de gewasopname te berekenen en daarmee de overschotten op de bodembalans te voorspellen, ANIMO gebruikt verschillende databases voor de invoer van fysische- en chemische bodemeigenschappen, landgebruik en stikstofdepositie (zie tabel 3.1).

KRW-Verkenner (Oppervlaktewatersysteem)

Voor de berekening van stoftransport en retentieprocessen in het oppervlaktewater is in de huidige versie (LWKM 1.2) gebruik gemaakt van LKM 2.4 met rekenkern DELWAQ. De hydrologische randvoorwaarden zijn afkomstig uit MOZART en het DM in combinatie met het LSM. In de watermodule van de KRW-Verkenner (LKM-water) wordt deze hydrologische informatie aangevuld met regionale kennis ten aanzien van regionale waterafvoer en -aanvoer, waarna de waterbalans opnieuw wordt doorgerekend op kwartaalbasis.

De KRW-Verkenner, gebruikt vervolgens de af- en uitspoelingsgegevens uit ANIMO, samen met rwzi-vrachten uit rwzibase, en overige emissies uit de Database ER om de zomergemiddelde stikstof en fosforconcentraties per KRW-Waterlichaam te berekenen. De door LKM berekende concentraties worden gecorrigeerd voor retentie. De retentiefactor wordt voor individuele afwateringsgebieden/waterlichamen gekalibreerd aan meetgegevens voor een specifieke periode en vervolgens geijkt om tot betere uitkomsten te komen. De berekende factor wordt gehanteerd in de scenarioberekeningen.

3.4 Waar wordt de uitvoer van de verschillende deelmodellen voor gebruikt?

Zoals beschreven in de vorige paragraaf wordt de uitvoer van de deelmodellen van het LWKM weer gebruikt als invoer voor andere modellen. Daarnaast wordt de uitvoer van de verschillende deelmodellen ook gebruikt voor rapportages, het aanvullen van de emissieregistratie en verschillende beleidsvraagstukken. De belangrijkste uitvoer van de verschillende deelmodellen van het LWKM wordt weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2 De belangrijkste uitvoer van de deelmodellen van het LWKM en waarvoor deze gebruikt wordt

Modelonderdeel	Uitvoer	Wordt gebruikt voor
MT3DMS	geactualiseerde kwelconcentraties	ANIMO
ANIMO	bodem fosfaat toestand	Wordt nog niet in beleidsrapportages gebruikt
	nitraat in grondwater	rapportages, Plan MER studie voor de actieprogramma's Nitraatrichtlijn
	N- & P- vrachten voor waterlichamen vanuit natuur- en landbouw gebieden	KRW-Verkenner, KRW rapportage grondwater, KRW rapportage oppervlaktewater, ER, rapportages Nitraatrichtlijn
KRW-Verkenner (stoffen)	zomergemiddelde N-totaal en P-totaal concentraties	KRW-Verkenner (eco), bronnenanalyses (gewenst na doorontwikkeling)

Modelonderdeel	Uitvoer	Wordt gebruikt voor
KRW-Verkenner (eco)	oordeel ecologie, berekende EKR's voor de 4 kwaliteitselementen	tussenevaluatie KRW 2024, Eindevaluatie KRW 2027, NAW, Ex-Ante Analyse Waterkwaliteit

3.5 Wat is de resolutie van de verschillende deelmodellen?

Het LWKM is ontwikkeld op basis van reeds bestaande modellen, die los van elkaar zijn ontwikkeld. Deze modellen hebben daardoor, maar ook door de gemodelleerde processen, en de betrouwbaarheid van invoerdata elk een eigen resolutie in ruimte en tijd. Om de dataoverdracht tussen de modelonderdelen toch mogelijk te maken worden data geaggregeerd en gedesaggregeerd door koppelmodes. Ook de noodzakelijk gebleken terugvaloptie voor het oppervlaktewater zorgt voor extra koppelingen. De schematisatie van de modelketen wordt samengevat in tabel 3.3. Met decaden wordt een tijdstap van tien dagen bedoeld. Onder de tabel wordt dit toegelicht voor de deelmodellen van het LWKM.

Tabel 3.3 Overzicht schematisatie modelketen

	Aantal rekencellen (horizontaal)	Resolutie (horizontaal, m)	Aantal rekenlagen (verticaal)	Resolutie (verticaal, m)	Temporele resolutie
MODFLOW	419781	250 x 250	68	1 - 50	dagen
MetaSWAP	419781	250 x 250	2	wortelzone 30 cm	dagen
MOZART	8513	divers	n.v.t.	n.v.t.	decaden
LSM	27884	divers	n.v.t.	n.v.t.	dagen
INITIATOR		divers	n.v.t.	n.v.t.	jaren
MT3DMS	419781	250 x 250	68	1 - 50	dagen
ANIMO (rekencellen)	400596	250 x 250	20-30	0,05 - 1	decaden
ANIMO (HRU's)	28533	divers	1	0,05 - 1	decaden
ANIMO (waterlichaamgebied, stroomgebied)	629 (landbouw) 166 (natuur)	divers	20-30	0,05 - 1	decaden
KRW-Verkenner (LSW's)	8508	divers	n.v.t.	n.v.t.	kwartalen
KRW-Verkenner (rekeneenheden)	28522		n.v.t.	n.v.t.	kwartalen
KRW-Verkenner (KRW-Waterlichamen)	703	divers	n.v.t.	n.v.t.	kwartalen

MT3DMS (grondwatersysteem)

De resolutie van MT3DMS komt overeen met de resolutie van MODFLOW uit het LHM. Dit komt neer op een horizontale resolutie met 419781 rekencellen van 250 x 250 m. Verticaal bestaat het MT3DMS-model uit 68 lagen die qua dikte toenemen met de diepte. Om MT3DMS te kunnen voorzien van waterfluxen per cel over alle randen is het oorspronkelijke landelijke 7-laagse MODFLOW model uitgebreid tot dezelfde

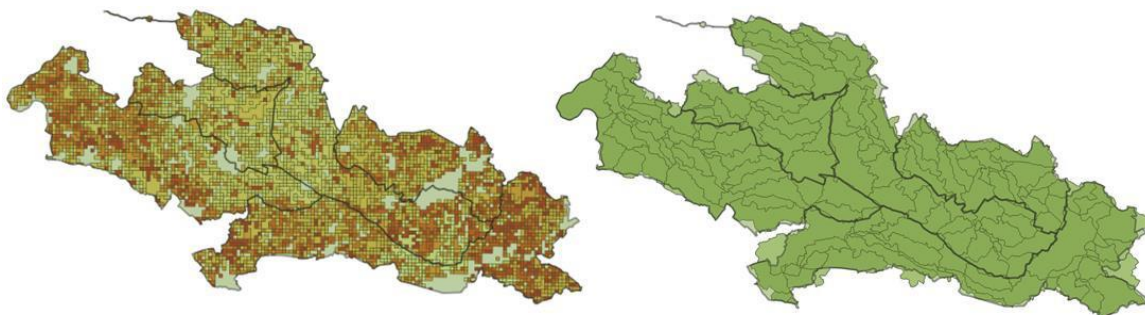
68 lagen. Deze verfijning was nodig voor de transportberekeningen in de diepe ondergrond met MT3DMS. Gezien de traagheid van het diepere grondwater kan de waterkwaliteit zowel stationair als niet-stationair worden doorgerekend, waarbij de schematisatie van zowel MODFLOW als MT3DMS kan worden gevarieerd afhankelijk van het vraagstuk. Er kan gerekend worden op dagbasis. (Bolt, et al., 2020)

ANIMO (bodem/topsysteem)

Om met consistent gebruik van de databestanden aan te sluiten op het LHM gebruikt ANIMO de 419781 eenheden van 250 x 250 m uit MetaSWAP en MODFLOW. Omdat stedelijk gebied, open water en kassen niet worden meegenomen in de uitspoelberekeningen ligt het aantal schematiseringseenheden in ANIMO iets lager (400596 eenheden). Voor toepassingen wordt niet op dit niveau gerekend, omdat de procesformulering van de ontwateringsfluxen gericht is op grotere eenheden, en dit tevens te lange rekentijden zou opleveren. Voor het sneller doorrekenen van beleidstoepassingen met ANIMO en omdat de procesbeschrijving dat vereist, zijn de schematiseringseenheden met vergelijkbare eigenschappen, en dus vergelijkbare uit- en afspoeling, binnen landbouwdeelgebieden samengevoegd tot homogeneous response units (HRU's). Het gaat om 28610 eenheden, waarvan 77 extra afgeleide HRU's voor de Waddeneilanden die in het LHM ontbreken.

Voor gebruik als randvoorwaarde in de oppervlaktewaterkwaliteitsberekeningen en voor levering aan de ER worden de per HRU berekende vrachten geaggregeerd naar 629 waterlichaamgebieden voor de uit- en afspoeling uit landbouwgronden en naar 166 deelstroomgebieden voor de uit- en afspoeling uit natuurgronden. Dit zijn de vanggebieden die horen bij de KRW-waterlichamen. De waterlichaamgebieden zijn door PBL met de waterschappen gedefinieerd voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit (van Gaalen, Osté, & van Boekel, 2019). Door deze aggregatie wordt de variatie in resultaten van de HRU's op dit detailniveau gedempt waardoor de betrouwbaarheid groter wordt, en omdat er onvoldoende metingen zijn om op dit detailniveau, laat staan nog gedetailleerder, de rekenresultaten voor de bodem te toetsen. Voor gebruik in de KRW-verkenner worden deze resultaten gedesaggregeerd naar Local Surface Waters (LSW's), de schematisatie van MOZART, die in het kopje hieronder verder wordt beschreven. Elk van de LSW's binnen een waterlichaamgebied krijgt dezelfde uit- en afspoeling mee. Afbeelding 3.2 laat de relatie tussen HRU's, LSW's en waterlichaamgebieden zien, waarin de waterlichaamgebieden met donkere zwarte lijnen zijn weergegeven.

Afbeelding 3.2 HRU's (de geclusterde gekleurde gridcellen) geprojecteerd op waterlichaamgebieden (links) en LSW's geprojecteerd op waterlichaamgebieden (rechts). (bron: Meijers, e-mail communicatie op 7 juli 2022)



Verticaal maakt ook ANIMO gebruik van lagen die in dikte toenemen met de diepte. In het geval van ANIMO bedraagt de dunste laag, direct onder het maaiveld 5 cm, en neemt deze geleidelijk toe tot een laagdikte van 1 m, vanaf een diepte van 4 m. Er wordt gerekend met een tijdstap van 10 dagen.

KRW-Verkenner

Het oppervlaktewatermodel in het LWKM gebruikt de hydrologische invoer uit het LHM, maar berekent ook een eigen waterbalans op basis van aan de KRW-Verkenner toegevoegde regionale informatie. De ruimtelijke schematisatie van het oppervlaktewater in het LHM is gebaseerd op 8513 LSW's uit MOZART, samen met de 27884 nodes uit het LSM. De schematisatie uit het LSM wordt geconverteerd en er wordt een

koppeling tussen het LSM en MOZART gelegd op basis van routing informatie. De MOZART LSW's worden gesplitst in basin-nodes en Surface Water Units (SWU) nodes, die respectievelijk de haarvaten en hoofdwaterwegen van LSW's voorstellen. Samen vormen dit de 28522 rekeneenheden van de KRW-Verkenner. Deze rekeneenheden kunnen vervolgens weer worden geaggregeerd tot 703 KRW-Waterlichamen.

De knopen van de KRW-Verkenner worden behandeld als constante watervolumes zonder diepte, die wel verschillen per kwartaal. De KRW-verkenner rekent in kwartalen.

3.6 Tekortkomingen huidig toepassingsmodel (LWKM 1.2)

Het ontwerp van het huidige model brengt een aantal tekortkomingen met zich mee die beperkend zijn voor het toepassingsbereik van het LWKM op het schaalniveau dat nodig is om uitspraken te kunnen doen op het niveau van waterlichamen. Deze paragraaf beschrijft een aantal van deze tekortkomingen die noodzakelijk zijn voor deze review. Uitgebreidere analyses zijn uitgevoerd door WEnR en Deltares (Bolt, et al., 2020, Bolt, et al., 2022, Groenendijk, et al. 2020). Een groot aandachtspunt is de hydrologie waarop het LWKM gebaseerd is, en derhalve dus ook sterk afhankelijk van is. Uit de plausibiliteitstoets (Groenendijk, et al.) is gebleken dat het LHM 3.5, dat gebruikt wordt voor de hydrologische invoer van LWKM 1.2, voor gebieden in Nederland te lage grondwaterstanden en te lage afvoeren berekent. Met het huidige LWKM 1.2 is een bronnenanalyse van de herkomst van de nutriënten in het oppervlaktewater dan ook niet goed mogelijk. Inzicht tussen de verschillende routes is niet mogelijk, waardoor het ook niet mogelijk is aan te geven of het om achtergrondbelasting, historische bemesting of actuele bemesting gaat. Er kan wel onderscheid gemaakt worden tussen de herkomst van stoffen uit bijvoorbeeld. RWZI's, industrie, uit-, en afspoeling.

Verder is de schematisatie van het oppervlaktewater in LHM 3.5 en de KRW-Verkenner verouderd en ontbreekt regionale hydrologische informatie, die nu alsnog aan de KRW-Verkenner wordt toegevoegd middels het berekenen van een eigen waterbalans. Hierdoor zijn niet alle deelmodellen van het LWKM gebaseerd op dezelfde hydrologische informatie.

Naast de ruimtelijke schaal, is ook de temporele schaal voor berekeningen aan het oppervlaktewater van belang. De hydrologie wordt in decaden berekend en in de KRW-Verkenner verder geaggregeerd tot kwartalen. Hierdoor kunnen kortdurende processen, die relevant zijn voor waterkwaliteit niet gemodelleerd worden en kan geen rekening worden gehouden met seizoensmatige buffering, teruglevering van fosfaat vanuit de waterbodem en verblijftijden van langer dan een kwartaal in droge perioden. Het grondwater wordt met een fijnere tijdstap gemodelleerd dan het oppervlaktewater, terwijl het grondwater langzamere processen betreft (Bolt, et al., 2020).

Ook de koppeling tussen ANIMO en de KRW-Verkenner is een aandachtspunt in het huidige ontwerp. ANIMO is het deelmodel voor het berekenen van de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater, de uitvoer hiervoor is nodig voor de KRW-Verkenner, maar omdat ANIMO de resultaten eerst aggregeert naar een grove schaal (waterlichaamgebieden), moeten deze voor gebruik in de KRW-Verkenner gedesaggregeerd worden. Bij het aggregeren en desaggregeren van de data wordt ruimtelijke variatie in hydrologie en uit- en afspoeling binnen waterlichaamgebieden vervormd. Of deze vervorming voor de doelschaal van waterlichamen tot informatieverlies leidt, is onduidelijk. Er zijn koppelingsmodules nodig tussen het LHM en het LWKM. Deze koppelingen zijn in het huidige modelontwerp noodzakelijk voor dataoverdracht, maar zijn niet efficiënt, niet transparant, foutgevoelig en vergen extra beheer en onderhoud (van Ek & Nieuwkamer, 2020).

Tot slot is het landgebruik statisch en wordt bepaald door de wijze van schematiseren in het LHM. De hydrologische randvoorwaarden zijn veelal als meetreeksen aan het model opgegeven, waardoor maatregelen die invloed hebben op de randen niet kunnen worden doorgerekend. Verder zit deze invoer zit verweven door verschillende modules van het LHM en het LWKM, waardoor het aanpassen van het landgebruik of de hydrologie in alle modules moet worden aangepast. Hierdoor is het doorrekenen van scenario's met een ander landgebruik of een ander inlaatbeheer lastig en tijdrovend.

3.7 Verbeteringen in het LHM

Eind 2021 is er een nieuwe versie van het LHM 4.2 opgeleverd, waarin de grondwaterstanden verbeterd zijn. Naar verwachting zal LHM 4.3 eind 2022 opgeleverd worden. Inmiddels is besloten voor formele acceptatie te wachten op LHM 5.0, waarin ook verbeteringen voor het oppervlaktewater zijn uitgevoerd. Dat is een tijdrovend traject, dus daarom niet iets dat je bij elke tussen versie doet. Omdat LHM 5.0 te laat zal komen om de schematisatie van de bodem en het grondwater (MT3DMS, ANIMO) hierop aan te passen, is besloten om daarvoor verder te gaan met LHM 4.3. De KRW-verkenner zal wel gebruik gaan maken van LHM 5.0, omdat de verbeteringen daarin cruciaal zijn voor het verbeteren van de water- en daarmee stof-stromen.

4

BEOORDELING ACTIES ROUTEKAART

4.1 Beoordeling acties uit de routekaart

Om het LWKM geschikt te maken voor gebruik voor de eindevaluatie van de KRW-doelen in 2027, moeten voor nutriënten en ecologie uitspraken kunnen worden gedaan op het niveau van waterlichamen.

Om dit doel te bereiken is er een routekaart met hoofdactiviteiten opgesteld om het LWKM verder door te ontwikkelen. De oorspronkelijke routekaart (Bijlage II) had als doel doorontwikkeling van het LWKM in de periode 2021 - 2024. In verband met haalbaarheid is in oktober 2021 door de stuurgroep NWM besloten het tijdspad van de routekaart te herzien (RWS, 2022). Naast het herziene tijdspad is een deel van de acties (no-regret) op de routekaart al in gang gezet of zelfs afgerond. Daarnaast is in de laatste stuurgroep in oktober 2022 besloten om met 4 urgente acties door te gaan tot halverwege 2023. Een overzicht van de acties die in deze review worden beoordeeld is weergegeven in tabel 4.1, de 4 urgente acties zijn aangegeven met een sterretje. Onder de tabel zijn de acties verder uitgewerkt.

Tabel 4.1 Acties uit de routekaart waarover nog beoordeling nodig is

Actie uit de routekaart	Omschrijving/doel	Stand van zaken
opstellen werkplan/projectplan door de kennisinstituten*	gedetailleerde uitwerking van de acties die opgenomen zijn in de routekaart (activiteiten, samenhang, begroting etc.)	nog niet gestart
aanscherpen ontsluitingsplan	ontsluiting van rekenresultaten en documentatie inclusief aannames en argumentatie	begin gemaakt
databehoefte (proces + inwinning)	inventariseren welke data nodig is als invoer voor het LWKM en het inwinnen van die data	begin gemaakt
schematisatie oppervlaktewater (LHM en KRW-verkenner)*	afleiden actuele en herkenbare oppervlaktewater-schematisatie en betere koppeling LHM en KRW-verkenner	begin gemaakt
afstemming ruimtelijk detailniveau schaalniveaus*	evenwicht en afstemming tussen de verschillende schaalniveau's van de deelmodellen	begin gemaakt
schematisatie bodem/grondwater (ANIMO/MT3DS)*	aanpassing schematisatie vanwege aangepaste hydrologie uit LHM 4.2	nog niet gestart

Actie uit de routekaart	Omschrijving/doel	Stand van zaken
gevoeligheid/onzekerheidsanalyse parallele modellen	'Good modelling practice' geldt eveneens voor voorgeschakelde modellen	begin gemaakt
gevoeligheid/onzekerheidsanalyse (deel)modellen LWKM	'Good modelling practice'. Noodzakelijk als onderbouwing voor afstemming ruimtelijk detailniveau	nog niet gestart
plausibiliteit (schaalniveau/toepassingsbereik)	toetsen van resultaten berekeningen aan metingen en kalibratie	nog niet gestart

Opstellen werkplan/projectplan door de kennisinstituten

De deelmodellen uit het LWKM worden voornamelijk beheerd door de kennisinstituten Deltares en WenR (afbeelding 3.1). De acties die in grote lijnen in de routekaart zijn opgenomen moeten nog verder worden uitgewerkt naar concrete acties in een plan van aanpak met een aangepast tijdpad en gespecificeerde begroting.

Conclusie: deze (relatief kleine) actie uit de routekaart is noodzakelijk voor de voortgang. Recent is opdracht gegeven dit plan begin 2023 op te stellen.

Aanscherpen ontsluitingsplan

Om het LWKM ook toepasbaar te maken voor marktpartijen en waterschappen is goede en centrale data en documentatie van belang. Het gaat dan om invoerdata, schematisatie, aannames en rekenregels, maar ook de uitvoer van de toepassing. Om dit te bewerkstelligen is in oktober 2021 door de stuurgroep het besluit genomen om het instrumentarium onder te gaan brengen bij de rekenomgeving SSC campus. De ontwikkeling van een gebruikersschil met handleiding staat in het projectplan. Het werkplan voor verdere stappen moet worden uitgewerkt. Aandachtspunt hierbij is de interpretatie van de modelberekeningsresultaten door de uiteindelijke gebruiker.

Conclusie: uiteindelijk is de wens dat het LWKM toepasbaar is voor derden, zoals marktpartijen en waterschappen. Dit is een waardevolle actie, en de wisselwerking tussen gebruikers en ontwikkelaars kan veel opleveren. Ondanks dat deze actie nuttig is, ligt de prioriteit lager dan acties die betrekking hebben op het verbeteren van het modelontwerp. Daarbij is het efficiënter deze stap maar 1x uit te voeren voor het doorontwikkelde model.

Databehoefte (proces + inwinning)

Zowel voor het genereren van modelinvoer als voor het kalibreren en valideren van de modelresultaten zijn veel data nodig. De beschikbaarheid en kwaliteit van deze data hebben invloed op het toepassingsbereik van het LWKM. Voor herkenbaarheid in de regio is het belangrijk dat regionale informatie over o.a. gebiedsschematisatie, peilbeheer en informatie over de sturing van het watersysteem worden meegenomen. Deze informatie is voornamelijk in handen van waterbeheerders. Er is in opdracht van STOWA dan ook een parallel spoor opgezet om deze gegevens in te winnen bij de waterbeheerders. In deze review ligt de focus daarom niet op het inwinnen van de data, maar op het ontwerp van het instrumentarium. Desalniettemin moet worden benadrukt dat het op tijd inwinnen van data van de waterbeheerders een belangrijke bijdrage levert aan betrouwbare resultaten voor de toepassing van het model voor de evaluatie van de KRW in 2027 en het bepalen van het toepassingsbereik.

Voor een herkenbare hydrologie op het niveau van waterlichamen is het (inlaat)beheer een belangrijke factor, vooral voor water- en stofstromen in het zomerhalfjaar. Het opstellen van actuele water- en stofbalansen volgens de STOWA methode (Tanis, et al. (2018)) kan helpen om deze water- en stofstromen goed in beeld te krijgen. Er is behoefte aan deze informatie als grondlegger van de regionale hydrologische informatie.

Naast het ophalen van hydrologische informatie, is er ook behoefte aan het aanvullen van ecologische data voor de ecologische module ter validatie en verfijning van de informatie over stikstof en fosforconcentraties in de bovenste paar meter van het grondwater als onderbouwing van schattingen van achtergrondsbelasting in bronnenanalyses en stuurvariabelen (van der Linden, et al., 2021).

Conclusie: de focus ligt in deze review niet op deze actie, maar op het ontwerp van het instrumentarium. Het inwinnen van data bij databeheerders is wel een belangrijke actie voor de doorontwikkeling van het modelinstrumentarium ten behoeve van de eindevaluatie KRW in 2027, want data zijn nodig om de oppervlaktewaterschematisatie in het LHM te verbeteren. Hiervoor is door STOWA een parallel spoor opgezet. Acties gericht op de andere benodigde data moeten nog worden opgezet.

Schematisatie oppervlaktewater (LHM en KRW-verkenner)

De oppervlaktewaterschematisatie in LHM 4.2 en voorgaande versies van het LHM en de KRW-Verkenner is gebaseerd op sterk verouderde regionale informatie. Dit leidt op een fijner schaalniveau tot onbetrouwbare uitkomsten die in de regio niet worden herkend. Daarbij is de koppeling tussen het LHM en de KRW-Verkenner bewerkelijk, omdat de KRW-Verkenner de uitvoer van een combinatie van het LHM met het LSM gebruikt als invoer. Ook wordt er nog regionale hydrologische kennis aan de KRW-Verkenner toegevoegd, waardoor de hydrologische invoer voor de verschillende deelmodellen verschilt.

Voor een transparantere koppeling wordt de schematisatie van het oppervlaktewater geüpdatet in deze actie. Dit leidt tot LHM versie 5.0. Deze update moet het mogelijk maken om alle hydrologische informatie direct in het LHM te gebruiken zonder verdere aanvullingen of bewerkingen, waardoor de koppeling tussen LHM en KRW-Verkenner transparanter wordt en alle deelmodellen van het LWKM gebaseerd zijn op dezelfde hydrologie. Idealiter wordt de schematisatie voor hun gebied aangeleverd door de waterschappen, zodat deze op landelijk en regionale schaal met elkaar overeen komt. Dit wordt kort beschouwd in het kopje 'Databehoeft (proces + inwinning)'. De verbeterde koppeling leidt tot meer herkenning in de regio en is noodzakelijk om op het schaalniveau van waterlichamen betrouwbare uitspraken te kunnen doen. Verder heeft het ook voordelen voor ontsluiting van het model.

Verwacht wordt dat een update van het oppervlaktewater ook een positief resultaat heeft op de berekende grondwaterstanden (Janssen, et al., 2022). Deze actie is dan ook zeer relevant voor andere toepassingen van het LHM, zoals de zoetwatervoorziening.

Voor het oppervlaktewater wordt ook de temporele schematisatie aangepast, zodat op dagbasis gerekend kan worden. Het model wordt hierdoor dynamischer, waardoor de dynamiek in het oppervlaktewater beter gemodelleerd kan worden. Door de aanpassingen moeten de modellen opnieuw gekalibreerd en gevalideerd worden.

Conclusie: deze actie heeft om meerdere redenen hoge prioriteit. Het leidt tot voor de regio meer herkenbare resultaten, een transparante koppeling tussen de modellen en een bijdrage aan realistische resultaten van het LHM en LWKM in het algemeen. Deze actie is bovendien relevant voor modellering van de landelijke zoetwatervoorziening.

Afstemming ruimtelijk detailniveau schaalniveaus

De verschillende deelmodellen van het LWKM rekenen op verschillende tijd- en ruimteschalen. Om hiermee om te gaan worden data veelvuldig geaggregeerd en gedesaggregeerd. Deze handelingen zijn bewerkelijk en er wordt informatie vervormd. Daarnaast wordt ook minder inzichtelijk welke data precies worden gebruikt als invoer door deze tussentijdse bewerkingsstappen. De resolutie waarop de verschillende deelmodellen kunnen rekenen is afhankelijk van de gemodelleerde processen, en de betrouwbaarheid en ruimtelijke schaal van invoerdata en metingen. Desalniettemin moeten de rekenschalen goed op elkaar afgestemd worden om het mogelijk te maken tot resultaten te komen op het gewenste niveau. De verbeteringen in LHM 5.0 leiden tot een transparantere koppeling tussen het LHM en de KRW-Verkenner. Een ander aandachtspunt is de koppeling tussen ANIMO en de KRW-Verkenner en de hiervoor benodigde ruimtelijke schaal en de betrouwbaarheid van de invoerdata. Of ANIMO resultaten voor een gedetailleerdere gebiedsindeling dan de waterlichaamgebieden kan leveren is niet bekend en wordt onderzocht. Probleem is dat data voor validatie op dergelijke detailniveau's ontbreken. Voor de evaluatie van de KRW in 2027 is het

gewenst om uitspraken te kunnen doen op het niveau van waterlichamen. Deze actie is gericht op een betere methode van informatieoverdracht tussen deelmodellen. Ook wordt er onderzocht welke rekenschaal er moet worden gehanteerd om uitspraken op het niveau van waterlichamen te kunnen doen.

Conclusie: deze actie uit de routekaart is noodzakelijk om te beoordelen of met de huidige keuzes voldoende detailniveau kan worden behaald voor de evaluatie van de KRW, en of het nodig, maar ook mogelijk is het schaalniveau van de resultaten van ANIMO, of andere deelmodellen aan te passen.

Schematisatie bodem/grondwater (ANIMO/MT3DS)

De schematisatie in ANIMO is onder andere gebaseerd op hydrologische informatie uit het LHM. Bij implementatie van een nieuwe versie van het LHM, moet de HRU indeling in ANIMO dus worden herzien en moet het model opnieuw worden geïnitieerd. Door de gewijzigde hydrologie en HRU-indeling zullen enkele parameters in ANIMO opnieuw moeten worden gekalibreerd en de modelresultaten van de nieuwe schematisatie opnieuw moeten worden gevalideerd. Verder moet de koppeling van de vernieuwde HRU's met de rekeneenheden in het MT3DMS model worden herzien en is er ijking van het MT3DMS-model nodig, om informatie over stikstof- en fosforconcentraties in het diepere grondwater te kunnen verwerken. Deze stap is noodzakelijk om ANIMO op LHM 4.3 te aan te laten sluiten. De verbeterde grondwaterstanden in deze LHM versie zullen tot betere resultaten leiden.

N.B. De keuze is gemaakt om voor ANIMO niet te wachten op LHM 5.0, omdat dit te laat komt om daarna nog deze actie uit te voeren voorafgaand aan toepassing in 2026. Het gevolg daarvan is dat voor de eindevaluatie KRW in 2027 LHM 4.3 gebruikt wordt voor de bodem en het grondwater, terwijl voor het oppervlaktewater wel gebruik gemaakt zal worden van versie 5.0. Dit betekent dat er nog steeds een inconsistentie zal zitten in de hydrologische basis van de verschillende modelonderdelen. Dit zal extra inspanning vragen van de modelontwikkelaars, en is bij hen al onder de aandacht.

Conclusie: deze actie is noodzakelijk om in ANIMO de hydrologie van LHM 4.3 te kunnen gebruiken. De invoer van goede grondwaterstanden (maar eigenlijk grondwaterstromen/fluxen!) is essentieel voor goede modellering van neerslagafvoerprocessen en daarmee voor het LWKM. De verbeterde grondwaterstanden in LHM 4.3 leiden naar verwachting tot betere resultaten.

Gevoeligheid/onzekerheidsanalyse voorgeschakelde modellen en deelmodellen LWKM

Een onderdeel van 'good modelling practice' (Van Waveren, et al., 1999) is het uitvoeren van een gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse. Dit geldt ook voor de voorgeschakelde modellen, zoals het LHM en INITIATOR. Voor beiden zijn in het verleden al gevoeligheidsstudies uitgevoerd met betrekking tot andere studies. Er wordt gekeken in hoeverre deze toepasbaar zijn voor de toepassingen met betrekking tot waterkwaliteit en worden de analyses voor geactualiseerde (deel)modellen opnieuw uitgevoerd. Hetzelfde geldt voor de deelmodellen van het LWKM. Het geeft inzicht in de gevoeligheid en onzekerheden van de verschillende (deel)modellen. Voor INITIATOR is een nieuwe onzekerheidsanalyse in uitvoering.

Er zijn gevoeligheidsanalyses voor de individuele deelmodellen voorzien om het toepassingsbereik van deze modellen te bepalen om daarna het toepassingsbereik van het hele model te bepalen. Deze stappen zijn nodig voor het onderdeel 'Afstemming ruimtelijk detailniveau schaalniveaus' om de gehanteerde schalen te verantwoorden. (Deltares & WEnR, 2021).

Conclusie: Deze stap is een standaardonderdeel van good modelling practise. Het is noodzakelijk voor het onderdeel 'afstemming ruimtelijk detailniveau' en wetenschappelijke acceptatie.

Plausibiliteit (schaalniveau/toepassingsbereik)

Deze stap vindt plaats nadat alle verbeteringen aan de modellen zijn uitgevoerd en dient ertoe om te beoordelen of de modelresultaten waarschijnlijk, logisch en aanvaardbaar zijn. In de plausibiliteitsbeoordeling van LWKM 1.0 (Bolt, et al., 2020) is ingegaan op functionele eisen, prestatie-eisen, conceptuele eisen, eisen aan de modelcode en operationele eisen. Voor het vernieuwde LWKM wordt een soortgelijke beoordeling opnieuw uitgevoerd.

Ter overweging geven we mee zo nodig aanvullende toetsing op plausibiliteit uit te voeren, bijvoorbeeld door een cross-validatie met lokale modellen van waterschappen.

Conclusie: Deze stap is belangrijk om inzicht te geven in de betrouwbaarheid en het toepassingsbereik van het model, maar kan pas worden uitgevoerd nadat de andere verbeteringen voltooid zijn. Er moet dus voldoende tijd voor worden vrijgemaakt in de planning.

4.2 Activiteiten ten behoeve van de functionaliteiten

Naast bovengenoemde activiteiten, zijn er in de routekaart ook functionaliteiten genoemd die gewenst zijn voor het LWKM. Het gaat dan om veranderend landgebruik, klimaatextremen, een bronnenanalyse, drinkwatervoorziening, en vergrijzing van grondwater. Vanuit de workshops voorafgaand aan het opstellen van de routekaart is overeengekomen dat betrouwbaarheid en robuustheid van het model voorrang hebben op het doorontwikkelen van deze functionaliteiten (Deltares & WEnR, 2021). Met de focus op de eindevaluatie van de KRW in 2027 is met name de bronnenanalyse belangrijk om wel te realiseren.

De ontwikkelacties uit de routekaart zullen een positief effect hebben op de mogelijkheid tot het opstellen en de betrouwbaarheid van de bronnenanalyse. Met de verbeterde waterafvoeren is de inschatting van retenties van stikstof en fosfor in het oppervlaktewatersysteem te verbeteren (Bolt, et al., 2020), en het afstemmen van de verschillende schaalniveaus kan de koppeling tussen ANIMO en de KRW-Verkenner verbeteren.

4.3 Andere aandachtspunten

Verbreding/lange-termijn-visie

De ontwikkeling van het LWKM is naast voor de eindevaluatie van de KRW 2027, ook van belang voor andere beleidsvragen. Geadviseerd wordt om de eisen die volgen uit deze beleidsvragen te inventariseren en de geschiktheid van het LWKM en eventueel benodigde verbeteracties expliciet te benoemen.

Ecologische module

De ecologische module was oorspronkelijk geen onderdeel van het LWKM, waardoor de oorspronkelijke schematisatie en schakeling tussen de deelmodellen geen rekening hoefde te worden gehouden met de ecologische module. In de ecologische module is geen ecologisch dynamiek (invloed soorten op elkaar) opgenomen. Het zou een verbetering kunnen zijn als de ecologische dynamiek kan worden ingebouwd. Mogelijk zou dit de werkelijkheid dichter kunnen benaderen maar dit leidt wel tot een nog ingewikkelder model, in plaats van een simpelere tool die een benadering geeft van de EKR-scores.

LKM-ECO is nu uitgerust voor gebruik als post-processing voor het LWKM, door bijvoorbeeld te rekenen op kwartaalbasis. Na aanpassingen aan modelschematisatie (ruimtelijk en temporeel) om de rest van het instrumentarium beter geschikt te maken voor een goede ecologische modelering, moet ook LKM-ECO hierop aansluiten. Dit vereist een fijnere achterliggende dataset.

Chemische toestand

De focus in het LWKM en de routekaart ligt nu op nutriënten. Ook deze review richt zich op de nutriënten en ecologische waterkwaliteit. Het goed weergeven van de chemische kwaliteit is opgenomen als een eis aan het LWKM en is als stuurvariabele opgenomen in de KRW-verkenner. Vanwege de complexiteit gaat chemie waarschijnlijk niet aan het LWKM toegevoegd worden, maar wordt chemie via andere tools berekend. Dit is geen onderdeel van deze review.

5

ANALYSE & CONCLUSIES

5.1 Is het model na doorontwikkeling geschikt voor de eindevaluatie KRW 2027?

De voorgestelde acties uit de routekaart zijn allen nuttig of noodzakelijk om een substantiële verbetering van het LWKM te bewerkstelligen. Of dit verbeterde LWKM ook geschikt is voor de eindevaluatie KRW 2027 hangt af van hoe goed met behulp van het model een antwoord kan worden gegeven op de vier beleidsvragen die centraal staan voor dit doel: 1) worden de doelen bereikt?, 2) waarom worden doelen niet bereikt?, 3) wanneer kunnen doelen wel bereikt worden? en 4) wat is nodig om doelen wel te bereiken? Hieronder wordt per beleidsvraag toegelicht of de vraag met het doorontwikkelde model beantwoord kan worden. Vraag 3 en 4 zijn samengenomen. Het gaat hierbij steeds om toepassing op het schaalniveau van KRW waterlichamen.

1 - Worden de doelen bereikt (op schaalniveau van de KRW waterlichamen)?

De vraag is of modelberekeningen nodig zijn om doelbereik in 2027 te bepalen. Het doelbereik kan in 2027 immers ook gemeten worden. Aandachtspunt is dat gemeten waarden niet direct beschikbaar zijn, dat effecten van weer en andere beïnvloedende factoren trends minder goed zichtbaar maken en dat genomen maatregelen niet meteen effect hebben, omdat de ecologische respons veelal vertraagd zichtbaar wordt. Een model kan dan helpen om vooraf inzicht te krijgen of met de voorgenomen maatregelen aan de doelen voldaan zal kunnen gaan worden met ook een indicatie welke tijdsperiode daarvoor nodig zal zijn. Of en hoe de ontwikkelversie van het LWKM kan bijdragen aan het beantwoorden van deze vraag is afhankelijk van factoren waarover nu nog onduidelijkheid bestaat. Informatie vanuit de regio is hiervoor ook op grovere schaal belangrijk, omdat deze informatie nodig kan zijn voor het goed weergeven van het hydrologisch en ecologisch functioneren van een watersysteem (zoals gedurende een aanvoer situatie). De lokale en regionale hydrologie worden voor een groot deel gestuurd door het operationeel waterbeheer. Door het LHM uit te breiden met regionale invoer wordt hier een stap gezet. Verder zijn de uitkomsten van het onderzoek naar de benodigde rekenschaal voor uitspraken op het niveau van waterlichamen nodig om deze vraag te kunnen beantwoorden. Om niet alleen terug te kijken, maar ook vooruit te kijken of de doelen worden behaald is de mogelijkheid om hydrologische maatregelen en klimaatverandering en veranderingen in landgebruik door te rekenen van belang (zie ook vraag 3 en 4).

Op de vraag of met het doorontwikkelde LWKM een uitspraak gedaan kan worden over doelbereik op het niveau van KRW waterlichamen in 2027, kan op dit moment nog geen eenduidig antwoord worden gegeven. De te nemen acties zijn goed. Maar of dit deze vraag werkelijk kan beantwoorden hangt af van het onderzoek naar de benodigde rekenschaal voor uitspraken op het niveau van waterlichamen en eventuele acties die hieraan verbonden worden., evenals de beschikbaarheid, betrouwbaarheid en gedetailleerdheid van de invoer- en toetsingsgegevens. Wel kunnen we concluderen dat de voorgestelde acties uit de routekaart bijdragen aan een substantiële verbetering van het ontwerp van het LWKM en (in potentie) tot betrouwbare uitkomsten op fijner schaalniveau zullen leiden.

2 - Waarom worden doelen niet bereikt?

Voor het beantwoorden van deze beleidsvraag is onder andere een goede bronnenanalyse noodzakelijk (als onderdeel van een bredere diagnose). Met het huidige LWKM is een bronnenanalyse niet goed mogelijk op detailniveau van de KRW waterlichamen. De acties in de routekaart zijn noodzakelijk om de bronnenanalyse van water en nutriënten in het LWKM te verbeteren. Of het LWKM na het uitvoeren van de acties geschikt is

voor het uitvoeren van een goede bronnenanalyse voor nutriënten en op welk detailniveau is afhankelijk van het resultaat van het onderzoek betreffende het afstemmen van de verschillende schaalniveaus en van eventuele acties volgend uit dit onderzoek, alsmede van de actie verbeteren oppervlaktewaterschematisatie. Binnen de KRW-Verkenner is een bronnen-analysetool beschikbaar. Het detailniveau van de uitspraken die hiermee kunnen worden gedaan hangt af van de invoer voor de KRW-Verkenner uit ANIMO. Met de tool in de KRW-Verkenner kan onderscheid worden gemaakt tussen de bijdrage uit landbouw en andere bronnen, zoals rwzi's, atmosferische depositie, buitenlandse aanvoer et cetera. Inzicht in routes van de nutriënten, zoals kwel en uitstroming, en daarmee het onderscheid tussen de bijdrage van actuele en historische bemesting en natuurlijke achtergrondbelasting wordt gedaan via een bronnenanalyse in ANIMO. De verbeteringen aan LHM en ANIMO kunnen ertoe bijdragen dat deze analyses op grovere schaal wel mogelijk worden.

Een bronnenanalyse met het doorontwikkelde LWKM is mogelijk als de acties uit de routekaart, die nu ter besluitvorming voorliggen, succesvol worden uitgevoerd inclusief afstemming van ruimtelijke schaalniveaus tussen deelmodellen.

3 - Wanneer kunnen doelen wel bereikt worden en 4) wat is hiervoor nodig?

Een model als het LWKM kan in potentie bijdragen, omdat met een model kan worden gerekend in scenario's en in de toekomst. Scenarioberekeningen aan landbouwmaatregelen (mestgebruik, DAW), de zuiveringsefficiëntie van rioolwaterzuiveringen, of een verbeterde waterkwaliteit in de aanvoer van water uit het buitenland door buitenlandse maatregelen zijn goed mogelijk op een grover schaalniveau.

Verandering van landgebruik, klimaatscenario's en hydrologische maatregelen, zoals instellen van flexibel peilbeheer in KRW- waterlichamen, zijn niet eenvoudig door te rekenen met het modelinstrumentarium. Dit is het gevolg van het ontwerp, waarin een deel van de randvoorwaarden hard aan het model is opgelegd, zoals hydrologische metingen. Maatregelen die van invloed zijn op deze randvoorwaarden kunnen hierdoor niet eenvoudig worden doorgerekend. Hiermee mis je een belangrijke functionaliteit voor de opgaven t.a.v. klimaat, biodiversiteit en landbouwtransitie waar Nederland in de komende jaren voor komt te staan.

Voor de vraag wanneer doelen bereikt kunnen worden, moet rekening gehouden worden met de factor tijd. Een verandering in randvoorwaarden zorgt niet direct voor een (ecologisch) effect. De effectmodule ECO die nu onderdeel is van de KRW-Verkenner berekent ecologische effecten statisch, terwijl de ecologie in de praktijk veel tijd nodig heeft om in evenwicht te komen met de veranderde randvoorwaarden (al snel enkele jaren). Dit laatste hoeft voor het bepalen van het KRW doelbereik in de toekomst geen probleem te zijn, omdat uiterlijk in 2027 de KRW-doelen moeten zijn gehaald of op zijn minst alle maatregelen moeten zijn genomen om dit mogelijk te maken. Een statische berekening van ecologische effecten kan voor dit doel dus voldoende zijn. Op dit punt is in bredere zin nog discussie. Omdat de nutriënten wel dynamisch zijn berekend is de evenwichtinstelling daarin meegenomen, en bereken je dus de potentiële ecologische status op een bepaald moment.

Om door te rekenen welke maatregelen nodig zijn om de doelen wel te bereiken is inzicht in de bronnen van groot belang, om maatregelen te selecteren die ingrijpen op de routes die het meest bijdragen aan de belasting van grond- en oppervlaktewater. Voor het vervolgens doorrekenen van het kwantitatief effect van de geselecteerde maatregelen, waar de beperkingen voor het doorrekenen van sommige typen scenario's een probleem vormt.

Met het huidige LWKM is een scenarioanalyse alleen mogelijk op een grover schaalniveau, zoals stroomgebieden, gericht op nutriënten. Er is op dit moment nog niet aan te geven of met alle voorgenoemde acties uit de routekaart, voor verbetering van het modelinstrumentarium, er wel goede scenario analyses te maken zijn op een het niveau van KRW-Waterlichamen. Het doorrekenen van hydrologische maatregelen blijft ook met het vernieuwde instrumentarium complex. Op de vraag of met het doorontwikkelde LWKM een uitspraak gedaan kan worden over wanneer ecologische doelen bereikt kunnen worden, kan op dit moment daarom nog geen eenduidig antwoord worden gegeven.

NB! Of het LWKM uiteindelijk geschikt is voor het beantwoorden van al deze vragen hangt mede af van de beschikbaarheid en kwaliteit van regionale hydrologische informatie. In de oppervlaktewater schematisatie

van LHM 5.0 wordt zoveel mogelijk actuele regionale informatie gebruikt, wat voor meer herkenning op regionaal niveau zal zorgen. De verzameling van deze data is echter een belangrijk aandachtspunt. Uit het onderzoek dat hiervoor uitgevoerd wordt in opdracht van STOWA komen verschillende risico's naar voren. Deze zijn samengevat in een separate notitie.

6

AANBEVELINGEN

In deze review is het projectplan als leidraad gebruikt, met daarin de focus op de eindevaluatie KRW in 2027. Achteraf was de uitvraag smal geformuleerd en is het van belang opnieuw na te gaan welke beleidsvragen nog meer van belang zijn in relatie tot het LWKM. Met betrekking tot bijvoorbeeld zoetwater of biodiversiteit zouden misschien andere keuzes gemaakt worden dan met het oog op de KRW 2027. Betrek bij het besluit over het vervolg voor het LWKM ook deze andere trajecten.

Er moeten op korte termijn belangrijke beslissingen worden genomen om het LWKM geschikt te maken voor evaluatie van de KRW op een hoger ambitie niveau. Hierbij is ook helderheid nodig in de deelvragen waar het LWKM echt antwoord op moet gaan geven (must have) en waar minder prioriteit ligt (nice to have). Hoe scherper de vraag gesteld wordt, hoe groter de kans op een bruikbaar model in 2027. Hiervoor is een verder gesprek tussen opdrachtgever(s) en kennisinstituten als start heel waardevol.

Om uiteindelijk ecologische waterkwaliteit op een fijnere schaal goed te kunnen modelleren, inclusief hydrologische maatregelen, veranderend landgebruik, en klimaatscenario's, zou een transitie in modelvisie veel opleveren voor de toekomst. Het moet mogelijk worden het model instrumentarium te voeden met neerslag-afvoer modelleringen in combinatie met operationeel waterbeheer acties, in plaats van met hydrologische en chemische meetreeksen. Deze meetreeksen worden alleen gebruikt om het model aan te toetsen. Dit is mogelijk met het huidige modelinstrumentarium, maar het is nodig een andere modelvisie te hanteren om dit in te zetten.

Daarbij wordt in het huidige model gekalibreerd op peilen en concentraties, terwijl voor waterkwaliteit fluxen en belastingen erg belangrijk zijn. Deze transitie is een aanbeveling voor de toekomst van het LWKM.

Op de routekaart staat de actie gevoeligheids/onzekeerheidsanalyse voor het LWKM en voorgeschakelde modellen. Deze actie zou ook voor nageschakelde modellen moeten worden uitgevoerd.

Voor ontsluiting van het modelinstrumentarium voor gebruik door marktpartijen geldt niet alleen een investering vanuit de ontwikkeling van het LWKM, maar ook vanuit de potentiële gebruiker. Het LWKM is geen simpel model, en het leren werken met het model en interpreteren van de resultaten vergt veel tijd. Een inventarisatie welke partijen gebruik willen maken van het LWKM, of delen ervan kan hiervoor nuttig zijn.

Voor inwinning van hydrologische data inwinning is door STOWA een parallel spoor opgezet. Naast deze informatie, die vooral van belang is voor de schematisatie van het oppervlaktewater, is er voor doorontwikkeling van het LWKM ook behoefte aan het aanvullen van ecologische data, en verfijning van de informatie over stikstof en fosforconcentraties in de bovenste paar meter van het grondwater. Voor het ophalen voor deze data moeten nog acties worden ondernomen.

Tot slot wordt aanbevolen om inzicht te krijgen in hoeverre de inzet van het LWKM nodig is voor het beantwoorden van de vier deelvragen, en welke alternatieven er zijn om een deel van de vragen te kunnen beantwoorden

7

LITERATUUR

- van der Bolt, F.J.E., Kroon, T., Groenendijk, P., Renaud, L., Roovaart, J. v., Janssen, C., . . . Marsman, A. (2020). *Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel : Uitbreiding van het Nationaal Water Model met waterkwaliteit ten behoeve van berekeningen voor nutriënten*. Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- van der Bolt, F.J.E., van Boekel, E.M.P.M., Kuindersma, W., Renaud, L.V., Groenendijk, P., Kros, H., van den Roovaart, J., Marsman, A., Altena, W. (2022). *Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel. Versie 1.2*.
- Bruinsma, M., Ligtenberg, J., Maas, H., van Zeventer, W., Collombon, M., van Gaalen, F., . . . Groenendijk, P. (2016). *Vraagarticulatie voor de opzet van een landelijk instrumentarium voor waterkwaliteit*.
- Deltares, & WEnR. (2021). *Toelichting routekaart LWKM*.
- Van Gaalen, F., Osté, L.; van Boekel, E. (2019). *Nationale analyse waterkwaliteit; tussentijdse resultaten en conclusies*.
- Groenendijk, P. R. (2020). *Toepassingsbereik modelberekeningen voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit. MEMO*.
- Groenendijk, P., Renaud, L., van Boekel, E., van der Bolt, F., Loos, S., van den Roovaart, J., . . . van der Linden, A. (sd). *Toepassingsbereik modelberekeningen voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit*.
- Janssen, G., van Walsum, P., Vermeulen, P., Pouwels, J., van der Gaast, J., Meshgi, A., . . . Kroon, T. (2022). *Veranderingsreportage LHM 4.2*.
- Kros, H. V. (2021). *INITIATOR Versie 5-Status A: Beschrijving van de kwaliteitseisen ter verkrijging van het kwaliteitsniveau Status A*.
- Mooij, W., Brederveld, B., Janse, J., Posthuma, L., Bierkens, M., & Teurlincx, S. (2022). *Advies van de wetenschappelijke subcommissie waterkwaliteit van het landelijk waterkwaliteitsmodel*.
- RWS. (2022). *Projectplan doorontwikkeling landelijk waterkwaliteitsinstrumentarium*.
- Tiktak, A., van Gaalen, G., te Molder, R., van Zeventer, W., Collombon, M., Bruinsma, M., . . . Maas, H. (2016). *Voorstel ontwikkeling van een landelijk instrumentarium voor waterkwaliteit in 2018 met doorkijk naar 2020-2023 - Versie 0.7*.
- Tanis, H.R., Schep, S.A., van Dijk, A. (2018) *Waterstromen in beeld*.
- van der Bolt, F., Groenendijk, P., Cleij, P., & van den Roovaart, J. (2017). *Voorwaarden voor acceptatie van het Landelijk Model Waterkwaliteit nutriënten voor beleidsondersteunende toepassingen*.
- van der Linden, A., van den Roovaart, J., Evers, N., Rost, J., Visser, H., Vethman, P., . . . van Gaalen, F. (2021). *Update ecologische kennisregels KRW-Verkenner*.
- van Ek, R., & Nieuwkamer, R. (2020). *Acties ter verbetering van het modelinstrumentarium waterkwaliteit voor regionale en landelijke analyses*. Witteveen+Bos.
- Van Waveren, R. H., Groot, S., Scholten, H., Van Geer, F., Wüsten, H., Koeze, R., & Noort, J. (1999). *Vloeiend modelleren in het waterbeheer: Handboek Good Modelling Practice*.

Bijlage(n)

BIJLAGE: INVOERDATA VOOR VOORGESCHAKELDE MODELLEN

Tabel I.1 Invoerparameters voor het LHM

Invoer	Herkomst
weer	KNMI
maaiveld	AHN2
landgebruik	LGN7
bodemprofiel	bodemkaart 1:50 000 met veenupdate
bodemeigenschappen fysisch en chemisch	BIS
buisdrainage	drainagekaart LHM 3.5
ontwatering	waterschappen
doorlatendheid pakketten	REGIS 2.1 en regionale modellen
Peilen	waterschappen

Tabel I.2 Invoerparameters voor INITIATOR

Invoer	Herkomst
ruimtelijke gegevens	GIS Datasets
gewas categorieën	gewaspercelen uit BRP
geografische expliciete landbouwtellingsgegevens	GIAB
fosfaattoestand	RVO



BIJLAGE: ROUTEKAART

Routekaart LWKM

	2021				2022				2023				2024
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
Activiteiten 2021 (vastgelegd)													
Emissieregistratie (LWKM1.2)	■	■			■	■			■	■			
Werkplan 2021-2023		■	■	■									
Aanscherpen ontsluitingsplan			■	■									
Activiteiten 2021-2023													
Activiteiten t.b.v. de wetenschappelijke en maatschappelijke acceptatie													
Datamodel voor gehele keten			■	■									
Data-behoefte (proces + inwinning)			■	■	■	■	■	■	■				
Oplevering LHM4.2			●										
Acceptatietraject LHM4.2			■	■	■	■	■	■	■				
Afstemming ruimtelijk detailniveau schaalniveaus			■	■	■	■	■	■	■				
Schematisatie oppervlaktewater (LHM/KRW-Verkenner)			■	■	■	■	■	■	■				
Schematisatie bodem/grondwater (ANIMO, MT3DMS)			■	■	■	■	■	■	■				
Gevoeligheid/onzekerheidsanalyse parallelle modellen			●	●	●	●	●	●	●				
Gevoeligheid/onzekerheidsanalyse (deel)modellen LWKM			■	■	■	■	■	■	■				
Plausibiliteit (schaalniveau, toepassingsbereik)										■	■	■	
Activiteiten t.b.v. de functionaliteiten													
Veranderend landgebruik					■	■	■	■	■				
Klimaatextremen					■	■	■	■	■				
Bronnenanalyse					■	■	■	■	■				
Drinkwater/vergrijzing					■	■	■	■	■				

Jaar van de evaluaties: oa, Merstofwet, KRW, DAW, ER

■	Definitieve activiteit in LWKM
●	Definitieve activiteit in LHM/INITIATOR
■	Mogelijke activiteit LWKM/LHM/INITIATOR
■	Definitieve activiteit in LWKM/LHM/INITIATOR

