

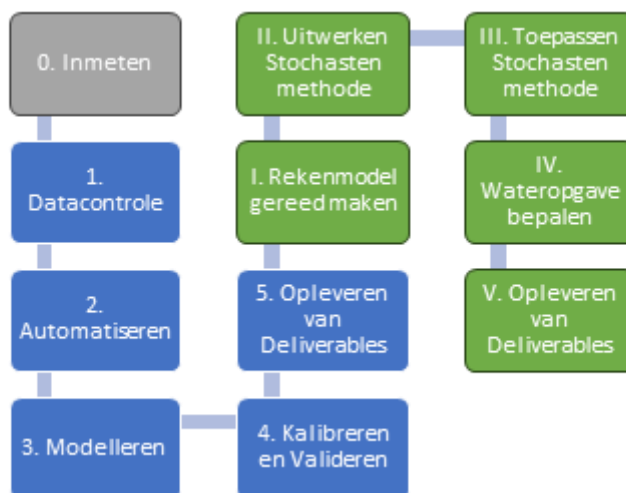
## Bijlage A. Scope beschrijving, eisen en werkwijze

Bijlage A. Scope beschrijving, eisen en werkwijze .....	1
1    Werkwijze .....	2
1.1    Samenwerking, kennisoverdracht en ontwikkelingen binnen de ROK.....	2
1.2    Modelbouw.....	4
1.3    Watersysteemtoetsing.....	14
2    Eindproducten .....	24
2.1    Algemeen .....	24
2.2    Modelbouw.....	27
2.3    Watersysteemtoets .....	28
2.4    Facturering.....	29
3    Lijst van programma van Eisen .....	31
3.1    Samenwerking, kennisoverdracht en ontwikkelingen binnen de ROK.....	31
3.2    Modelbouw.....	32
3.3    Watersysteemtoets .....	37
3.4    Eindproducten .....	41

# 1 Werkwijze

Dit document beschrijft de werkwijze met bijbehorende eisen en wensen voor de dienstverlening in de Raamovereenkomst en Nadere Overeenkomsten (NOK) binnen de Raamovereenkomst (ROK). ROK Eisen zijn genummerd met RE en staan opgesomd onder hoofdstuk 3. In geval van een wens in plaats van eis, is dit in de tabel in dat hoofdstuk aangegeven. Per NOK zullen daarnaast specifieke aanbevelingen/adviezen opgesteld worden (genummerd met NE) omdat WL de werkwijze wil blijven door ontwikkelen. Vernieuwing en doorontwikkeling wordt tijdig gecommuniceerd met ONs. Het beschrijven van de werkwijze op een gedetailleerd niveau in dit stadium van de aanbesteding heeft meerdere doelen: het creëren van een gelijk speelveld en de inschrijvers een doorkijk te geven in de daadwerkelijke opdrachten die onder de ROK gegeven worden.

Binnen de NOKs zijn de werkzaamheden te verdelen in verschillende stappen. Dit is in Figuur 1 opgenomen. Dit betreft het proces voor het bouwen van klimaatadaptatiemodellen (blauw) en het toetsen van het watersysteem (groen).



Figuur 1 Onderdelen op hoofdlijnen voor het bouwen van de klimaatadaptatiemodellen (blauw) en het uitvoeren van de watersysteemoetsing (groen). Grijs valt buiten de scope van deze raamovereenkomst.

Hieronder volgt een toelichting op de werkwijze, opgesplitst in 1.1 samenwerking, kennisoverdracht en ontwikkelingen binnen de ROK, 1.2 Modelleren, en 1.3 Watersysteemoetsing. In Hoofdstuk 2 worden de eindproducten beschreven. In Hoofdstuk 3 staat het overzicht van Programma van Eisen (genummerd als REx.xx).

## 1.1 Samenwerking, kennisoverdracht en ontwikkelingen binnen de ROK

We streven naar het verder ontwikkelen en uniform houden van de werkwijze voor de modelbouw en watersysteemoetsing. Daarom werkt u tijdens deze ROK samen met de andere ROK partners ten minste conform onderstaande onderdelen (RE0.01). Onderstaande samenwerkingsactiviteiten zijn voor rekening van WL en bestaan onder andere uit:

- Bij aanvang van de ROK organiseert WL eenmalig een kick-off voor alle contractanten. Hierin staat centraal:
  - o onderlinge kennismaking;

- o iedereen op vlieghoogte: de toelichting op de werkwijze, tools en software voor zowel modelbouw als watersysteemtoets;
  - o wederzijdse verwachtingen op gebied van samenwerking;
- Bij aanvang van een nieuwe NOK nemen alle ROK partners deel aan een **warme overdracht** waarin de partner die start met een nieuwe NOK wordt bijgepraat door de andere partijen over nieuwe ontwikkelingen in de werkwijze, de scripts, en over ontwikkelingen binnen Hydrolib en D-Hydro;
- In een door WL gefaciliteerde TEAMS omgeving met alle ROK partners kunnen ROK partners onderling vragen en tips uitwisselen over de werkwijzen;
- Kruislingse review van scripts, modellen of rapportages;
- Een jaarlijkse **modelleursdag** waarbij inhoudelijke issues en ervaringen met betrekking tot modelbouw worden uitgediept;

Daarnaast wordt er ook kennis opgedaan voor en door ON, de volgende samenwerkingsactiviteit is voor eigen rekening van de ON:

- Het organiseren van een jaarlijkse **ROK-kennisdag** gericht op projectleiders, hydrologen en ontwikkelaars van de partijen. De ROK-kennisdag is gericht op evaluatie en verbetering van de werkwijzen en verbetering van de samenwerking voor bouwen van de modellen en het toetsen van het watersysteem. Tijdens deze sessie presenteren en delen de ROK partners én WL de bevindingen die dat jaar zijn opgedaan, vanuit overkoepelend ROK perspectief (terugblik, lessons learned). Daarnaast agenderen we de gewenste ontwikkelingen voor de werkwijze (inclusief wiki, DevOps, scripts en modules) en prioriteren deze voor uitvoering in de komende projecten. De ROK-kennisdag wordt roulerend door één van de partijen georganiseerd. De overige partijen denken mee over het programma en dragen onder andere bij via bijv. presentaties of andere middelen;

Uitgangspunt is dat de gewenste doorlooptijd maximaal 7 maanden voor de modelbouw en maximaal 7 maanden voor de watersysteemtoets (RE0.02) bedraagt.

Alle scripts die in de modelbouw als bij uitvoering van de watersysteemtoets worden ontwikkeld, gebruikt of verbeterd, worden zonder bijkomende kosten opgeleverd aan WL (RE0.03).

### Samenstelling van het team

Zowel WL als ON leveren een team. De samenstelling van het team van de ON bestaat uit tenminste (RE0.04):

- 1 Projectleider (>5 jaar relevante werkervaring)
- 1 Senior hydroloog/modelleur (>5 jaar relevante werkervaring)
- 1 Junior hydroloog/modelleur (>2 jaar relevante werkervaring)

Het team van WL bestaat tenminste uit een projectleider en een hydroloog.

### Samenwerking binnen de NOKs

ON faciliteert het projectoverleg in termen van plannen van meetings, voorbereiden van meetings, en het verslagleggen van overleggen (RE0.05). Elke NOK bevat een startoverleg en een eindoverleg met evaluatie en lessons learned. (RE0.06)

Tijdens de modelbouw gaat WL uit van een overlegstructuur waarbij WL en ON wekelijks of tweewekelijks een online overleg (Stand-up) hebben van maximaal 1 uur. Hierbij sluit tenminste de senior hydroloog/modelleur aan, en als nodig ook de junior hydroloog/modelleur van ON. Elke tweede stand-up sluit de projectleider van ON aan ten behoeve van voortgang, planning en financiën (RE0.07).

Naast de reguliere online stand-ups vinden de volgende modelbouw-overleggen fysiek op kantoor van WL plaats (RE0.08):

- Veldbezoek
- Samenwerkdag Datacontrole
- Samenwerkdag Kalibratie en Validatie
- Eindoplevering model(bouwscrip)ts)
  - Bij de eindoplevering van het modelbouw-deel dient ON een interactieve werksessie/training te organiseren voor WL-hydrologen. Het doel hiervan is dat de WL-medewerkers nadien vertrouwd zijn met de eigenschappen van het model (aannames, betrouwbaarheid, modelcomponenten) en zelf vanuit de modelbouwscrip)ts een aangepast model kunnen opbouwen.

Tijdens de watersysteemtoets gaat WL uit van een voldoende frequent overleg tussen beide projectleiders. (RE0.09).

Daarnaast vinden minimaal de volgende watersysteemtoets-overleggen plaats gekoppeld aan enkele belangrijke mijlpalen (RE0.10):

- Werkoverleg modeloverdracht
- Werksessies:
  - Stochasten; toelichting op aanpak en te hanteren stochasten
  - Beheerdersoordeel voor het vaststellen van knelpunten
- Overleg beoordeling en accorderen rekenresultaten t.b.v. beheerdersoordeel.

## 1.2 Modelbouw

### Algemeen

De klimaatadaptatiemodellen vormen de basis voor allerlei soorten projecten en zaken, bijvoorbeeld herinrichtingsprojecten, vergunningen en schadeclaims. Daarnaast vormen ze ook de basis voor beleidsvragen over droogte, klimaatverandering, en voor voorspelsystemen en operationele instrumentaria. De nieuwe modellen zullen bovendien de basis zijn voor berekeningen in waterkwaliteitsvraagstukken. De modellen moeten daarom voor zowel reguliere als hoogwatersituaties geschikt zijn, en ook in droge situaties bruikbare resultaten opleveren. Ook moet het mogelijk zijn om over langjarige perioden afvoeren te genereren (RE1.01). In de basis moet de modelbouw worden uitgevoerd volgens de Good Modelling Practice (STOWA, 1999).

De basismodellen bevatten in concreto (RE1.02):

- D-Hydro 1D2DRTC hydraulische modellen (met uitwisseling tussen 1D en 2D)
- 2D grid-generatie (regulier of irreguliere mesh)
- Gekoppeld neerslagafvoer model wat passend is bij het te modelleren gebied (in de meeste gevallen waarschijnlijk WFLOW, Ernst, HBV, of Horton)

- Riool lumped als paved knoop (mogelijk in sommige gebieden aangevuld met of vervangen door riolering in 1D)
- Maatgevende Afvoer (MA) reeks stationair op 1D2D, als deze beschikbaar is in bestaande specifieke afvoerenkaart
- Koppeling met grondwatermodel IBRAHYM (MODFLOW – MetaSWAP) zodra in toekomst mogelijk

Voorafgaand aan de opdracht schrijft ON een plan van aanpak inclusief activiteitenlijst en bijbehorende tijdsplanning. Na afstemming over het plan van aanpak schrijft ON een uitgangspuntennotitie. In de uitgangspuntennotitie wordt een gebiedsbeschrijving gegeven, op basis van die kennis wordt de aanpak helder vastgelegd waarbij rekening wordt gehouden met aandachtspunten, uitgangspunten en voorwaarden binnen de verschillende onderdelen van dit project (RE1.03). Deze moet worden afgestemd met en goedgekeurd door WL.

#### **Aansluiten op huidige werkwijze**

WL heeft basisscripts beschikbaar voor het geautomatiseerd opbouwen van een model. WL streeft naar een zo uniform mogelijke werkwijze binnen de modelbouwprojecten in de ROK KAM+WST. WL eist daarom dat voor preprocessing/modelbouw stappen - waar beschikbaar - dezelfde scripts en tools worden ingezet en dat deze worden doorontwikkeld (RE1.04).

#### **Reproduceerbaar**

Het is voor WL belangrijk dat het hele proces van modelbouw en kalibratie duidelijk navolgbaar en reproduceerbaar is, van het opwerken van invoerdata en het opbouwen van het model naar kalibratieresultaat en berekende modelresultaten. Er worden geen handmatige aanpassingen doorgevoerd, alles wordt in scripts vastgelegd.

Alle data, scripts en tools die nodig zijn in de preprocessing, modelbouw en -aanpassing, kalibratie/validatie, en postprocessing van rekenresultaten moeten gestructureerd worden opgeleverd aan WL, inclusief toelichting en metadata, zodat de inhoud en opbouw van bestanden duidelijk en navolgbaar is (RE1.05). Ook moet een complete rapportage worden opgeleverd, waarin alle gemaakte keuzes en gevolgde werkwijzen van alle stappen in het proces duidelijk beschreven zijn, zoveel mogelijk visueel ondersteund door schema's, diagrammen, kaarten, figuren en tabellen (RE1.06). De eindproducten moeten voor andere gebruikers en raamcontractanten volledig inzichtelijk zijn. Alle eindproducten moeten digitaal worden aan- en opgeleverd.

De binnen de betreffende NOK gebruikte, ontwikkelde en aangepaste tools en/of scripts moeten binnen de opdracht, zonder bijkomende kosten, in de DevOps omgeving gedeeld en in de Wiki beschreven worden (RE1.07).

#### **Wiki**

Er is een Wiki webpagina op het WL-netwerk beschikbaar waarin onze werkwijze bij de preprocessing en bouw van de modellen wordt vastgelegd. Binnen elke NOK wordt deze Wiki gevuld, aangevuld of verbeterd. Nieuwe of afwijkende stappen in de modelbouw en aanpassingen van de scripts worden in de Wiki opgenomen. De ON levert tijdens elke NOK een bijdrage aan continue verbetering van de bestaande sites (RE1.08). In de Wiki wordt door ON ook per modelgebied een beschrijving van de model specifieke modelbouw punten aangemaakt.

De structuur van de Wiki is op hoofdlijnen aangemaakt, maar kan in overleg met WL nog worden verbeterd als dit wenselijk is.

### DevOps

Voor het uitwisselen van scripts tussen het waterschap en de ROK partners onderling is een Azure DevOps (Microsoft) omgeving beschikbaar in de tenant van WL, waar met behulp van (Tortoise)GIT scripts worden gedeeld, geraadpleegd en de versies worden beheerd. De gebruikte scripts uit de eerdere modelbouw raamovereenkomst zijn in de DevOps omgeving geplaatst.

ON zet aangepaste scripts meteen op de DevOps omgeving zo dat WL en andere ROK partners meteen kunnen meekijken met de ontwikkeling. Omdat de scripts gedurende de ROK in ontwikkeling blijven, moet duidelijk worden geregistreerd welke versie van een script is gebruikt voor welke NOK (RE1.09).

Om de kwaliteit van de scripts te waarborgen worden nieuwe of aangepaste scripts na oplevering gereviewd en wordt er een acceptatietest uitgevoerd. De review zal WL of één van de andere ROK partners uitvoeren. De eisen voor de acceptatietest staan in 2.1 Scripts (RE1.10).

In de volgende paragrafen worden de stappen om te komen tot het model verder toegelicht. Dit is onderverdeeld in:

- Stap 1: Datacontrole
- Stap 2: Automatiseren
- Stap 3: Modelleren
- Stap 4: Kalibreren en valideren
- Stap 5: Acceptatietests

### Stap 1: Datacontrole

Voorafgaand aan een NOK wordt het desbetreffende gebied ingemeten door WL: er worden dwarsprofielen, lengteprofielen en kunstwerken ingemeten. Hierdoor kunnen we elke NOK starten met up-to-date gegevens, al zullen hier mogelijk nog onvolledigheden of fouten in zitten.

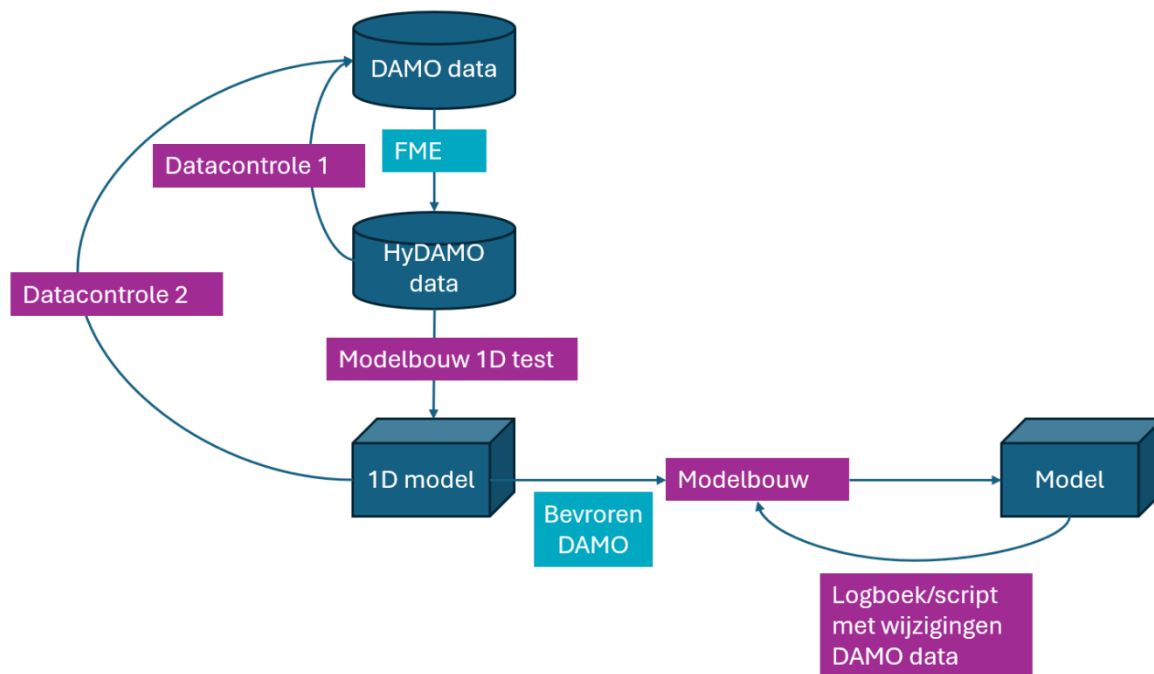
De 1D-elementen van het model worden door WL aangeleverd in HyDAMO formaat uit de kernregistratie. Op termijn zal deze informatie via het Informatieknooppunt worden aangeleverd, althans toegankelijk zijn, zodat modellen makkelijker in productie zijn te gebruiken. Deze data zijn met FME-scripts omgezet naar het juiste formaat en missende waardes zijn door WL opgevuld. In tabel 1 staat een opsomming van de door WL aan te leveren gegevens.

Tabel 1. Aan te leveren gegevens door Waterschap Limburg

Gegevens	
1.	HyDAMO HydroObject: 1D-watgangen binnen 1D modelgebied GLB in beheer Waterschap Limburg
2.	HyDAMO dwarsprofielen
3.	HyDAMO regelmiddelen bij duikers en terugslagklappen (in laag afsluitmiddelen en ook in laag regelmiddel)
4.	HyDAMO ruwheid van waterlopen als laag RuwheidProfiel met globale default waardes (ruwheidswaardes moeten daarin nog worden aangepast o.b.v. punt 11, zie paragraaf Ruwheid 1D)
5.	HyDAMO duikersifonhevel (inclusief bruggen waar geen apart profiel van is gemeten)

<b>6.</b> HyDAMO stuwen (stuw, kunstwerkopening, regelmiddel) (inclusief bodemvallen, beverdammen en het overstroombare gedeelte van overstroombare bruggen (compound structures))
<b>7.</b> HyDAMO sturing object voor niet complexe sturingen van stuwen
<b>8.</b> HyDAMO observatiepunten o.m. voor geautomatiseerde stuwen
<b>9.</b> Indeling van waterlopen van waaruit default ruwheidswaarde per categorie (gladde, normale of heringerichte beek) kan worden afgeleid
<b>10.</b> HyDAMO gemalen en pomp
<b>11.</b> HyDAMO sturing object met aan- en afslagpeilen gemalen (zie ook stuw)
<b>12.</b> HyDAMO hydraulische randvoorwaarden
<b>13.</b> HyDAMO brug met brugprofielen
<b>14.</b> Lijst met compound structures (met HyDAMO id's)
<b>15.</b> Shapefile met ligging van buffers van WL (ook nodig voor 1D)
<b>16.</b> FME-script voor het afleiden van de 2D-ruwheidskaart
<b>17.</b> Overstortlocaties met benodigde informatie voor D-HyDAMO
<b>18.</b> Rioleringsgebieden met benodigde informatie voor D-HyDAMO
<b>19.</b> Optioneel: Gegevens in HyDAMO formaat voor historische situaties om een representatief model te kunnen maken voor elke kalibratie- en validatieperiode. Alleen bij uitzonderingen nodig.

De ON controleert alle aangeleverde data van WL op schematisatiefouten (waaronder: stroomrichting duiker, missende data, missende of te veel profielen, kunstwerken onder de beekbodem, functioneren buffer, geautomatiseerde kunstwerken etc.). Hiervoor maakt ON gebruik van ten minste de validatietool van Het Waterschapshuis (HWH) waarbij WL een extra set validation rules ter beschikking stelt. Ook voert ON overige (visuele) controles uit. De geconstateerde onjuistheden in de data worden teruggekoppeld naar WL (RE1.11). In eerste instantie zal de werkwijze zo zijn dat WL de brondata op deze fouten aanpast en een nieuwe versie aanlevert met de verbeteringen erin. Het kan echter tijdens het project gebeuren dat ook correcties aan de data door de ON worden gedaan om de voortgang te waarborgen. Dat is mogelijk als de wijzigingen goed worden bijgehouden en worden teruggekoppeld aan WL.



Figuur 2. Processchema datacontrole en modelbouw Paars: actie ON. Lichtblauw: actie WL

## Stap 2: Automatiseren

De automatische modelbouw van brondata naar modelschematisatie wordt zo ontwikkeld zodat modellen snel, gemakkelijk, gebruiksvriendelijk en gestandaardiseerd kunnen worden opgebouwd. (RE1.12). Een onderdeel daarvan is het automatisch omzetten van de brondata (input data) naar een format bruikbaar voor modelbouw. Voor DAMO-data is dit geautomatiseerd en uitgevoerd door WL (zie paragraaf “data controle”), voor andere input data dient ON dit geautomatiseerd uit te voeren.

In vorige modelbouwprojecten zijn hiervoor scripts gebruikt en (verder) ontwikkeld. Dit zetten we door in deze nieuwe raamovereenkomst, om het instrumentarium te verbeteren en vergroten. In Tabel 2 is een overzicht gegeven van beschikbare scripts en tools. Reeds beschikbare scripts en tools moeten worden gebruikt en verbeterd en waar nodig moeten nieuwe scripts ontwikkeld worden voor input en modelbouw (RE1.13). Per NOK zal er een overzicht van de op dat moment beschikbare tools binnen WL verstrekt worden en welke data WL zal aanleveren in welk format. ON levert na de preprocessing alle gebruikte/verbeterde/nieuwe scripts kosteloos aan via de GIT omgeving DevOps.

Op dit moment staan de al bestaande scripts en tools in Jupyter Notebook (python) of FME. We stellen de eis dat alle automatische opbouw vanuit data naar model met FME of python scripts gedaan wordt (RE1.14). Belangrijk is hierbij dat de tools ook daadwerkelijk bij WL getest worden tijdens nadere opdrachten om problemen door softwareversies en hardware te voorkomen. ON toont aan dat alle tools bij oplevering in de omgeving van WL werken (RE1.15). Dat houdt bijvoorbeeld ook in dat de gebruikte brondata wordt opgeleverd.

Tabel 2. Overzicht tools/scripts

Toolnaam	Wat doet het	software
dtm.py	Dit script vult gaten in de tegels van het AHN op die je in een map verzameld en voegt ze samen.	python
Genereer_ruwheidskaart.fmw	Dit script genereert een 2D nikuradse ruwheidskaart voor het opgegeven modelgebied op basis van BGT, BRP en BAG gegevens.	FME
pliz_aanmaken.py	Inlezen van het 3D-lijnen bestand en wegschrijven van een .pliz bestand t.b.v. Hoge Lijnelementen	python
add_bgt_elevation.py	Dit script verhoogd een DEM gebaseerd op een shapefile met daarin een specifieke hoogte in meters.	python
create_landuse_map.ipynb	speciaal voor de Geul: This notebook takes the Dutch BGT and the Flemish and Walloon land use maps and combines this in a uniform land-use map conform the BGT standards\	Python / Jupyter notebook
Ws_limburg_tool.pyt - Maaiveldcurve	script maakt maaiveldcurve aan vanuit AHN t.b.v. 1D bergingsknopen buffers	ArcGIS Pro Python Toolbox
storagenodes.py	Script dat de buffers toevoegt aan storagenodes.ini bestand o.b.v. storagenodes.csv (output van ArcGIS script)	python
Tabulated bridges	Brugprofielen van WL (A en B profielen uit DtmLijn) omzetten naar gesloten profielen die in D-Hydro kunnen worden ingelezen.	python
network.py	Dit script maakt profielen van watergangen nabij duikers en op gewenste locaties op basis van het AHN.	python
profclip.py	Inkorten van profielen op basis van water/oever vlakken t.b.v aansluiten aan 2D grid	python
landuse.py	landgebruikskaart maken o.b.v. BRP, BGT en TOP10NL. Dit script gebruikt nog enkele handmatige stappen, waarbij verschillende bestanden aan moeten worden gemaakt.	python
catchments.py	afwateringseenheden afleiden en	python
create_laterals (deel van catchemntes.py)	Laterale stationaire afvoeren afleiden op basis van de toegeleverde specifieke afvoerenkaart	python
soil.py	Genereren van bodemklassen t.b.v. RR, input is bodemkaart shape en extent, de output is het bodemklasse raster.	python
ernst.py	Gebruikt unpaved.3b en unpaved.sep file om een unpaved.alf op te stellen. Deze file bevat de Ernst waardes op basis van unpaved.3b en unpaved.sep.	python
RWZI_effluent_neerslag_model.ipynb	RWZI effluenttool dat effluent o.b.v. neerslag genereert	Python / Jupyter notebook
meteo.py	ophalen neerslag- en verdampingsrasters uit WIWB via API.	python
crestlevelfromFews.py	Script dat stuwstanden uit FEWS (handbediende stuwen) naar csv overzet t.b.v. modelinput D-Hydro	python
modelbouwsript 1D2DRRRTC D-Hydro	Jupyter notebook om D-Hydro 1D2DRRRTC model te bouwen	Python / Jupyter notebook
Resultaten_vergelijken.ipynb	jupyter notebook om 1D resultaten D-Hydro model uit te lezen (tijdreeksen). De resultaat van 2 verschillende modellen kunnen in één grafiek worden geplot.	Python / Jupyter notebook

### Stap 3: Modelleren

Het 1D2DRR model moet geautomatiseerd met D-HyDAMO (HydroLib) o.b.v. HyDAMO bestanden opgebouwd worden (RE1.16). Hiervoor is gekozen zodat modellen makkelijk en efficiënt opgebouwd en aangepast kunnen worden waar nodig. WL beschikt over een generiek python script voor de modelbouw in Jupyter Notebook. Het meest up-to-date script wordt elke nadere opdracht ter beschikking gesteld en moet – als nodig – uitgebreid of verbeterd worden.

Er wordt binnen de NOKs zoveel mogelijk in de preprocessing opgenomen, zodat er geen onnodige modelgebiedspecifieke uitzonderingen aan het standaard modelbouwsript moeten worden toegevoegd.

Voor de modelbouw wordt de bij aanvang van de NOK meest recente versie van HydroLib/D-HyDAMO, Python en D-Hydro gebruikt (RE1.17).

Het model moet - naast via DIMR - ook via de GUI gerund en uitgelezen kunnen worden, en dezelfde resultaten geven (RE1.18). De reden hiervoor is dat binnen het waterschap grote modelaanpassingen via D-HyDAMO en DIMR verzorgd zullen worden maar het modelgebruik in projecten en de aanpassingen die daarbij horen zullen in de GUI gedaan worden. Als de GUI nog bugs of vertraging in de Deltares Software heeft waardoor dit niet mogelijk is, zien we van de GUI eis af en zal de DIMR volstaan.

Om deelgebieden nauwkeuriger te kunnen modelleren, bijvoorbeeld voor herinrichtingsprojecten, moet de resolutie van het 2D en 1D rekenrooster verfijnd kunnen worden (RE1.19).

In het modelbouw script dienen alle afzonderlijke modelcomponenten eenvoudig aan en uitgezet te kunnen worden, zoals 1D, 2D, 1D2DLinks, RR Unpaved, RR Paved, RTC, etc, zonder dat essentiële modelcomponenten missen (RE1.20).

#### **1D**

WL vraagt een model van de huidige/actuele toestand van het stroomgebied. Als deze situatie buiten door recente herinrichtingsprojecten sterk afwijkt van de situatie tijdens kalibratie-/validatieperiodes kan het zijn dat kalibratie/validatie niet goed mogelijk is. In dat geval moet een extra modelvariant worden gemaakt wat de situatie ten tijde van de kalibratie-/validatieperiode goed weergeeft (RE1.21). ON onderzoekt in een vroeg stadium van de modelbouw of er kunstwerken zijn die niet in 1D-watergang liggen maar die wel relevant zijn voor het overstromingsproces en verwerkt deze in de 2D schematisatie (RE1.21a)

#### **2D**

Het 2D grid hoeft niet per definitie voor het hele stroomgebied te worden gegenereerd, maar kan worden begrensd op basis van eerder ontwikkelde overstromingskaarten (tot T1000) die worden aangeleverd door het waterschap (RE1.22). ON dient de begrenzing van het 2D grid te bepalen op basis van deze kaarten, met een buffer van 100 meter om het inundatiegebied alsook om watergangen zonder inundatie.

WL eist een 2D-grid dat afgeknipt is langs de insteek van 1D watergangen, m.u.v. (lange) duikers en overkluizingen (RE1.23). De 1D-dwarsprofielen lopen deels over het 2D-rooster heen. Voor het 1D2D model moeten deze profielen worden afgeknipt bij de rand van het 2D-grid (RE1.23a). Er moet rekening worden gehouden met verfijning van het grid langs de 1D watergangen, bij

regenwaterbuffers en hoge lijnelementen (tenzij dit tot problemen leidt), en in stedelijk gebied binnen overstromingsgebied (RE1.23b).

ON dient hoge-lijnelementen geautomatiseerd af te leiden (RE1.24). Hiervoor is een script beschikbaar. Onderdoorgangen (zoals viaducten) waar water doorheen kan stromen dienen doorstroombaar te zijn. Dit kan door het opknippen van het hoge lijnelement, of het schematiseren van een onderdoorgang.

### **Regenwaterbuffers**

Regenwaterbuffers in 1D bereik worden in 1D-bergingsknopen geschematiseerd (RE1.25). Eveneens wordt voor elke buffer in het modelgebied het volume berekend op basis van de 1D2D schematisatie (RE1.26).

### **RTC**

Automatisch gestuurde kunstwerken moeten via modelbouwscripts als RTC worden opgenomen (RE1.27, RE1.27a, RE1.27b).

### **RR**

RR-paved wordt in D-Hydro geschematiseerd (RE1.28), en unpaved wordt meegenomen door middel van een neerslagafvoerconcept wat passend is bij de gebiedskenmerken (bijvoorbeeld Ernst, Horton, WFLOW, HBV) (RE1.29, RE1.29a, RE1.29b, RE1.29c). Dit wordt per NOK door WL voorgeschreven.

### **Riolering**

In een deel van de modellen zal ON ook gedeelten van riolering in 1D moeten opgenomen of vanuit een extern model moeten doorrekenen. Dit zal per NOK worden gespecificeerd.

### **Testruns tbv schematisatie**

Om grote fouten in het model te voorkomen is het van belang dat schematisatiefouten vroegtijdig herkend worden. Hierop moet het complete model voorafgaand aan de kalibratie gecheckt worden (RE1.30). Daarvoor dient ON om – eerst in het 1D model en later ook in het 1DRRTC model - stationaire berekeningen bij lage en gemiddelde afvoeren uit te voeren (minstens controle alle kunstwerken, RTC, buffers, waterbalans). Aanvullend vraagt WL om een licht verhoogde afvoer (circa maatgevend/specifieke afvoer) door te rekenen (RE1.30a). Dit heeft ten doel om op basis van resulterende inundaties de laatste schematisatiefouten te vinden en de schematisatie en sturing van complexe locaties te controleren.

ON moet de WL modelleur goed betrekken bij het doorlopen van de verschillende deelstappen in het modelbouwproces. ON moet daarnaast aantonen dat alles in elke processtap (elk modelbouwscript, alle geautomatiseerde wijzigingen, elk model) werkt in WL omgeving en dat het hetzelfde resultaat oplevert (RE1.31).

### **Toekomstige ontwikkelingen**

Om de visie van modelbouw van WL te bereiken zijn er nog een aantal ontwikkelingen nodig. In Noord-Limburg heeft het voor bepaalde vraagstellingen de voorkeur om te werken met een geïntegreerd grond- en oppervlaktewatermodel, omdat hier een sterke interactie is tussen het grond- en oppervlaktewatersysteem.

Beleidsvraagstukken over grondwater en droogte voeren wij op dit moment uit met het grondwatermodel IBRAHYM. Zoals beschreven in onze visie (bijlage B van de aanbestedingsleidraad) streven wij ernaar om een koppeling te realiseren tussen deze twee modelconcepten zodat een integrale systeemanalyse mogelijk is. De realisatie hiervan valt binnen de scope van deze raamovereenkomst.

Met RIBASIM bestaat de optie om het oppervlaktewater dynamisch mee te nemen in IBRAHYM. Daarnaast zal er een optie komen om met een volledige koppeling tussen D-Hydro en iMOD te rekenen.

Het bouwen van RIBASIM modellen is al gaande en valt buiten de scope van deze ROK. Zodra de software gereed is om het grondwatermodel IBRAHYM en de D-Hydro modellen volledig gekoppeld door te kunnen rekenen, willen we deze methode eventueel ook toepassen. Dit betekent dat de keuzes die we maken bij de bouw en schematisatie van de nadere opdrachten geen obstakels mogen opwerpen om in de toekomst de modellen integraal te maken door ze te koppelen aan bv. Modflow-MetaSWAP modellen (RE1.32). Ook de ontwikkelingen van het NHI moeten gevolgd worden en hun tools moeten worden gebruikt (o.a. HydroLIB).

#### Stap 4: Kalibreren en valideren

##### **Rekentijd**

ON maakt het model geschikt voor bepaalde modeldoelen zoals voor veelvoudige 1D2D berekeningen t.b.v. de Watersysteemtoets d.m.v. de stochastenmethode, voor herinrichtingsprojecten of voor voorspellingen tijdens crises (RE1.33). Daarvoor moet de rekestijd beperkt zijn. Eis is daarom dat bij T100-scenario (zie validatie) de rekestijd voor het hele model acceptabel moet zijn. WL vindt het acceptabel als de rekestijd van het T100 model op de server van WL bij een modelperiode van 5 dagen maximaal 5 uur bedraagt, dit betekent gemiddeld 1 uur rekestijd voor 24 uur modeltijd (RE1.34). Mogelijk wordt hier per NOK een ander limiet gehanteerd. Als de rekestijd niet acceptabel is moet een modelversie worden aangemaakt die wel een acceptabele rekestijd heeft en waar de kwaliteit behouden blijft. De benodigde aanpassingen om het model sneller te laten rekenen moeten vóór de kalibratie worden uitgevoerd. Als dit een onmogelijke eis zou zijn, geeft u advies hoe het model wel geoptimaliseerd kan worden voor bepaalde doelen.

##### **Sensitiviteitsanalyse**

WL wil een duidelijk beeld hebben van de gevoelige parameters in het model door middel van een sensitiviteitsanalyse (RE1.35). Hierdoor moet er een beter inzicht in de modelprocessen komen.

##### **Kalibratie**

Het is voor WL van groot belang om over een goed gekalibreerd model te beschikken. De focus ligt hierbij op een fysisch goed werkend model. De fysische processen moeten zo veel mogelijk juist in het model verwerkt zijn, (tenzij dit duidelijk ten koste gaat van modelperformance) (RE1.36) zodat het model voor zowel hoge, gemiddelde als basisafvoer goed functioneert en er betrouwbare resultaten uit het model komen.

Het model dient zowel op langjarige periodes, en voor basisafvoer, gemiddelde afvoeren en piekafvoeren gekalibreerd te worden. Deze modellen zijn klimaatadaptatiemodellen en zullen dus zowel drogere als extreme situaties goed moeten kunnen beschrijven (RE1.37, RE1.37a).

De kalibratie dient reproduceerbaar te zijn. Aanpassingen aan het model die op basis van de kalibratie worden gedaan, moeten terugvloeien in modelbouwschrift (RE1.38). Waar mogelijk moeten gekalibreerde waarden van 1D kunstwerken en watergangen worden verwerkt in DAMO (bijvoorbeeld Stuw inlaatcoëfficiënten). Hiervoor dient ON de aangepaste waarden als tabel/GIS bestand op te leveren aan WL (RE1.39).

WL laat aan de ON per nadere opdracht over wat de beste methodes voor de kalibratieprocedure zijn. Als er een automatische kalibratie wordt uitgevoerd dan moeten de gebruikte scripts of tools zodanig worden opgeleverd dat WL ze achteraf zelfstandig kan gebruiken (RE1.40).

Kalibratieresultaten dienen ten minste te worden beoordeeld met prestatie indicatoren Nash-Sutcliffe en QCUMA om te zorgen dat duidelijk is in hoeverre modelprestatie nog verbeterd, en door de waterbalans te controleren (RE1.41).

### Validatie

De validatie moet eveneens plaatsvinden voor alle drie de situaties: langjarig, basisafvoer en hoogwater (RE1.42, RE1.42a).

Ter controle op modelwerking voor en onverwachts gedrag rond kunstwerken, dient een berekening te worden gemaakt met een licht verhoogde afvoer (bijvoorbeeld 1,25 MA). ON laat de geïnundeerde locaties beoordelen door inspecteurs van WL (RE1.43). Dit heeft onder andere als doel om preventief de locaties met mogelijke wateroverlastknelpunten uit de WST al goed te doorgronden, zodat onduidelijke situaties niet pas naar voren komen nadat alle stochastische berekeningen zijn gedaan.

Verder dient na de validatie een fictief extreme gebeurtenis ( $\approx T100$ ) te worden doorgerekend om te testen hoe het model daarop reageert en of er realistische waarden worden berekend (RE1.44).

Tabel 3 geeft een overzicht van de minimaal uit te voeren modelberekeningen (RE1.45); gebaseerd op aanpak WL, inclusief type modelconcept, neerslag en randvoorwaarde.

Tabel 3. Overzicht modelberekeningen

	Berekening	Modelonderdelen	Neerslag	RVW
Stationaire testberekening (specifieke afvoer als beschikbaar)	1D		-	
Sensitiviteitsberekening	1DRR (2D RTC)			
Kalibratie langjarig	1DRRRTC		Radar	Meting
Kalibratie basisafvoer	1DRR RTC		Radar	Meting
Kalibratie middelhoge afvoeren zonder overstorten	1D2DRR RTC		Radar	Meting
Kalibratie hoogwater	1D2DRR RTC		Radar	Meting
Validatie langjarig	1DRR RTC		Radar	Meting

<i>Validatie basisafvoer</i>	1DRR RTC	Radar	Meting
<i>Validatie middelhoge afvoeren zonder overstorten</i>	1D2DRR RTC	Radar	Meting
<i>Validatie hoogwater</i>	1D2DRR RTC	Radar	Meting
<i>T100 berekeningen</i>	1D2DRR RTC	Ontwerp bui	extrapola tie
<i>Licht verhoogde afvoer</i>	1D2DRR RTC	ntb	ntb

### Stap 5: Acceptatietest

WL eist dat er geen verschil zit in de modelschematisatie en resultaten tussen het model dat door ON is gebouwd en eenzelfde model dat door WL is opgebouwd. Dit dient ter controle dat de geautomatiseerde modelopbouw bij WL op zelfde wijze werkt voor toekomstige modelversies. Om dit te toetsen gebruiken we het definitieve T100 validatie model. WL gaat met de aangeleverde (bron)data en scripts het T100 validatie model opbouwen en doorrekenen. Bij problemen met de scripts (zowel preprocessing als modelbouwsript) moet ON WL ondersteunen om de scripts bij WL werkend te krijgen (RE3.09). De resultaten (b.v. bij meetpunten 1D of inundatievlakken) worden door OG met opgeleverde resultaten van ON vergeleken. De uitkomsten moeten hetzelfde zijn. ON toont aan dat de resultaten van het waterschap hetzelfde zijn als de controleberekeningen. In geval van verschillen worden mogelijke softwarematige oorzaken onderzocht en opgelost in overleg met WL (RE1.46).

## **1.3 Watersysteemtoetsing**

### **Algemeen**

Met het basismodel dat in D-Hydro is opgebouwd wordt de watersysteemtoetsing volgens de stochastenmethode uitgevoerd (RE2.01). Daarin toetst WL niet alleen op de bescherming tegen wateroverlast (wettelijke taak), maar voert ook een bredere watersysteemanalyse uit, en genereert basismateriaal ten behoeve van het prioriteren van projecten. Dat leidt tot de volgende doelen:

- 1 Toetsen van het watersysteem aan de normen voor bescherming tegen wateroverlast, zodat norm overschrijdende wateroverlastknelpunten vastgesteld worden met als subdoelen:
  - 1.1 Bepaling en duiding van de oorzaak van het knelpunt
  - 1.2 Bepaling van de omvang van de wateropgave en de schade van de knelpunt
- 2 In verband met crisisbeheersing & waterveiligheid vraagt WL inzicht in het veiligheidsrisico. Dit betreft inzicht in laagfrequente, extreme inundatie in het beheergebied tot een herhalingsstijd van 1000 jaar met bijbehorende optredende waterdiepten en stroomsnelheden.
- 3 Inzicht in de kwetsbaarheid van panden voor overstroming om hoog risico-objecten te kunnen identificeren.

Daarnaast levert ON extra inzicht op basis van de uitgevoerde stochasteberekeningen. Dat behelst:

- Inzicht bieden in maatgevende stochastencombinaties die inzetbaar zijn binnen projecten, voor herhalingsstijden T10, T25, T50 en T100 voor het huidige klimaat en het klimaat in 2050;
- Het uitvoeren van nadere analyses als gevolg van niet herkenbare of onzekere rekenresultaten als uitkomst van het beheerdersoordeel.

Evenals bij de modelbouw, vindt WL het belangrijk dat ook de werkwijze van de watersysteemtoets zo uniform mogelijk wordt uitgevoerd. Op die manier kunnen kaartresultaten, stochasteberekeningen en statistieken, en conclusies op gebied van systeemgedrag door WL goed in perspectief worden geplaatst en onderling worden vergeleken. Deze werkwijze is in ontwikkeling

en wordt mede gebaseerd op ervaringen uit twee recente pilotprojecten. In de loop van deze raamovereenkomst kan de werkwijze nader worden vastgesteld of aangepast. De ON dient actief bij te dragen aan deze doorontwikkeling. Hiervoor is het nodig dat ROK partners ook tijdens de watersysteemtoetsing onderling kennis uitwisselen en hun aanpak afstemmen. WL zal hierin in de basis faciliteren door het aanbieden van een TEAMS omgeving. Ook zullen specifiek ervaringen en werkwijzen van voorgaande NOK's in de uitvraag van een nieuwe NOK worden aangeboden.

Indien voor het uitvoeren van de watersysteemtoets enigerlei scripts worden gemaakt of gebruikt, moeten deze binnen deze raamovereenkomst gratis ter beschikking worden gesteld en informatie hierover wordt vastgelegd op de Wiki en DevOps (RE2.02).

De volgende onderdelen zijn momenteel onderwerp van nadere afstemming en kennisontwikkeling. Deze lijst is niet-limitatief. Van ONs wordt verwacht dat zij hierop kunnen meebewegen en waar mogelijk bijdragen aan standaardisatie:

- De aanpak voor bepaling van de stochasten, met in het bijzonder:
  - o De wijze van kanstoedeling van het ontvangende buitenwater cq. de monding van beek in o.a. de Maas;
  - o Toepassing voor seizoens- en ruimtelijk-gedifferentieerde begroeiingsgraad als stochast;
  - o Toepassing gebiedsreductie en de kanstoedeling bij grote herhalingstijden;
- afstemming over format en invulling van de database met hoogwaterstatistiek (en afvoer- en snelheidsstatistiek) waarmee te herleiden is welke stochastensetcombinaties tot welke herhalingskans leiden.
- de werkwijze om een set van maatgevende stochasten af te leiden die bruikbaar zijn binnen projecten om maatregel-effectstudies uit te voeren cq. ontwerpen op te stellen.

De toetsing moet voldoen aan de Standaard werkwijze van STOWA<sup>1</sup>.

WL vraagt de ON om aan het begin van elke nadere opdracht een uitgangspuntennotitie te schrijven. In de uitgangspuntennotitie wordt de aanpak helder vastgelegd waarbij rekening wordt gehouden met aandachtspunten, uitgangspunten, en voorwaarden binnen de verschillende onderdelen van dit project (RE2.03). Het beschrijft tevens wanneer welke informatie door het waterschap moet worden aangeleverd. Deze moet worden afgestemd met en goedgekeurd door WL.

ON is verantwoordelijk voor het volledig borgen en voor eigen rekening nemen van (overdracht van) werkwijze (toolings, Wiki, DevOps), opgedane gebiedskennis en modelspecifieke aandachtspunten (RE2.04).

In de volgende paragrafen worden de stappen om te komen tot het model verder toegelicht. Dit is onderverdeeld in:

- Stap I: Rekenmodel gereed maken

---

<sup>1</sup> STOWA, 2011-31, Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor Regionale Wateroverlast

- Stap II: Uitwerken stochasten
- Stap III: Toepassen stochastenmethode
- Stap IV: Bepalen wateropgave

### Stap I: Rekenmodel gereed maken

In deze stap wordt het beschikbare D-Hydro rekenmodel gereed gemaakt om de stochastenmethode uit te voeren. Daarvoor wordt in de basis het hele instrumentarium van modelbouwscripts en D-Hydro modelschematisatie gebruikt dat bij het bouwen is opgesteld. ON mag er in principe van uitgaan dat dit model geschikt is om de watersysteemtoets uit te voeren, met de door het waterschap gevraagde kwaliteit en een beoogde performance van 1 uur rekenen voor een werkelijk tijd van 24 uur. Dat is het resultaat van voorgaande Stap 5: acceptatietest bij het bouwen van het model.

Voor stroomgebieden waarvoor ON alleen de WST uitvoert geldt dat een uitgebreide controle en verificatie dient te gebeuren. De eisen die specifiek gelden voor het enkel uitvoeren van de WST (en dus niet voor de KAM+WST combinaties) zijn hieronder gemarkeerd met een asterisk (\*).

#### **1. Startfase: overdracht en opstart**

1.1. Er vindt een startoverleg plaats tussen WL en ON, waarin projectmatige zaken worden afgestemd.

1.2. WL levert alle benodigde data en informatie aan voor het kunnen opbouwen van het D-Hydro basismodel, te weten:

- Packages met te gebruiken versies van o.a. Python, Hydrolib Core en Hydrolib D-Hydamo;
- Modelbouwscripts (via DevOps);
- Datasetten en aanvullende documentatie (o.a. Wiki en rapportages);
- D-Hydro modelschematisatie inclusief rekenresultaten ten behoeve van het uitvoeren van controleberekeningen.

1.3. ON maakt zich het model en de scripts zelfstandig eigen aan de hand van aangeleverde documentatie, scripts en tools. (RE2. 05\*)

#### **2. Reproduceerbaarheid en basiscontrole**

2.1. Er vindt een inhoudelijk werkoverleg modeloverdracht plaats tussen modellers van OG en ON om gebied-, scripting-, kalibratie, en modelspecifieke aandachtspunten over te dragen (RE2.06\*)

2.2. ON toont stapsgewijs aan dat het D-Hydro model gereproduceerd kan worden op basis van de geleverde bestanden en scripts (RE2.07\*), waarbij ON ten minste aantoont dat:

- De scripts functioneren en het verwachte resultaat oplevert;
- Het een D-Hydro modelschematisatie oplevert dat correct draait in eigen rekenomgeving.

2.3. ON toont - voor ten minste een normale en hoogwater afvoer - aan dat:

- het D-Hydro model dezelfde rekenresultaten produceert als de door OG uitgevoerde controleberekening op rekenpuntniveau als op rekensnelheid;
- dat alle modelcomponenten, randvoorwaarden en objecten correct functioneren (RE2.08\*).

Als dat het geval is, dan accepteert de ON het model als basis voor aanpassingen aan en toepassing voor de berekeningen.

2.4. Bij afwijkende resultaten onderzoekt, achterhaald en verhelpt ON in afstemming met OG deze verschillen (RE2.09\*).

### 3. Updaten modelbouwscrip ts en D-Hydroversie (indien gewenst)

3.1. Indien door WL gewenst, voert ON een update c.q. verbetering door aan de modelbouwscrip ts zodat deze met de meest recente (software)versies van o.a. D-Hydamo, en Python compatible is (RE2.10\*);

3.2. Bevindingen worden door ON in de WIKI en DevOps-omgeving doorgevoerd. Benodigde aanpassingen aan datasets worden door ON aan OG goed geïdentificeerd (RE2.011)

3.3. ON voert een berekening uit om te vergelijken of de meest actuele versie van D-Hydro dezelfde rekenresultaten oplevert als de versie van D-Hydro ten tijde van uitvoering van de modelbouw, dit ten minste voor een normale en hoogwater afvoer (T100 validatie bui) inclusief controle op correct functioneren van modelcomponenten, randvoorwaarden en objecten;

3.4. Op basis van het resultaat beoordeelt WL of de nieuwe versie van D-Hydro wordt gebruikt.

### 4. Modelactualisatie (indien nodig)

4.1. Indien sinds oplevering van het model fouten zijn ontdekt of revisiemetingen zijn uitgevoerd, actualiseert ON het model (RE2.12).

4.2. Aanpassingen aan de modelschematisatie worden uitsluitend via modelbouwscrip ts uitgevoerd (RE2.13).

4.3. ON levert de aangepaste scrip ts en gewijzigde bestanden (zoals HyDAMO) goed gedocumenteerd en geïdentificeerd terug aan WL (RE2.14).

4.4. Eventuele wijzigingen worden gedeeld via de DevOps-omgeving en beschreven in de Wiki.

4.5. ON voert een controleberekening uit om te verifiëren dat het aangepaste model logische rekenresultaten produceert, die in lijn zitten van de door OG eerder aangeleverde rekenresultaten. (RE2.15).

Het resultaat is een door ON en WL geaccepteerd rekenmodel, dat optioneel is geactualiseerd en geschikt is voor het uitvoeren van de stochastenmethode.

## Stap II: Uitwerken Stochasten

### Stochastenmethode

Om hoogwaterstanden en -statistiek te berekenen schrijft WL de stochastenmethode voor. Hierbij wordt de werkwijze gehanteerd zoals beschreven door STOWA<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> S. Bosch, H. Hakvoort, F. Diermanse, C. Verhoeve, 2006, Verantwoord omgaan met de nieuwe neerslagstatistiek <https://edepot.wur.nl/9897>

De stochastenmethode: Een groot aantal hydrologische gebeurtenissen met elk een bepaalde frequentie van vóórkomen wordt gesynthetiseerd. De gebeurtenissen bestaan uit combinaties van doorgaans onafhankelijk veronderstelde stochasten. Middels een hydrologische simulatie wordt voor elke gebeurtenis de resulterende piekafvoer of -waterstand bepaald. De frequenties en piekwaterstanden van alle synthetische gebeurtenissen worden gecombineerd om overschrijdingskansen van waterstanden en debieten te bepalen.

WL gaat ervan uit dat minimaal voor de volgende stochasten een methode wordt bepaald:

- Neerslag (duur, volume, patroon);
- Initiële bodemberging;
- Waterstand monding waterloop;
- Begroeiingsgraad van waterlopen;
- Initiële berging glastuinbouwbasins (indien van toepassing);
- Seizoen (stuwstand).

Relevante uitgangspunten voor uitwerking van de stochastenmethode zijn:

- Faalmechanismen van assets (bijvoorbeeld het niet-functioneren van een stuw of gemaal) worden niet meegenomen als stochast;
- Inzichten in de inundatiekansenkaarten worden opgedaan voor het huidige en een neerslagsituatie met klimaatverandering;
- Toetsing van het gebied vindt plaats conform huidige situatie: er wordt niet getoetst met autonome of toekomstige ontwikkelingen;
- Er vindt toepassing van het maaiveldcriterium plaats voor ten minste midden en noord Limburg;
- Stochastenmethode wordt met het beschikbare D-Hydro modelinstrument uitgevoerd, waarbij verschillende afvoerconcepten het 1D systeem kunnen voeden, waaronder:
  - o meetreeksen doordat de afvoer grotendeels uit het buitenland komt en er geen RR concept beschikbaar is,
  - o verschillende RR concepten zoals Ernst, WFLOW, HBV en HORTON.

WL heeft nog geen vastgestelde stochastenset of aanpak voor de verschillende stroomgebieden. Wel zijn ervaringen en aanpakken beschikbaar uit de eerdere uitgevoerde pilots voor de Oostrumsche Beek-Loobeek en voor de Geul. De stochastensets zullen door ON moeten worden onderzocht en bepaald, zowel kwantitatief (welke factoren zijn het meest bepalend) als kwalitatief (wat zijn juiste klasseindelingen en kansverdelingen van deze stochasten). De ON stelt verschillende stochastensets samen die passend zijn voor het gebied, en een goede spreiding weergeven rekening houdend met de eerder opgedane ervaringen en aanpak (RE2.16).

ON moet de benodigde inzet door het waterschap voor het uitwerken van de stochasten zoveel mogelijk beperken. In een Plan van Aanpak ten behoeve van totstandkoming NOK, beschrijft de ON hoe groot de benodigde inspanning van WL is.

Tijdens uitvoering van de NOK wordt een werksessie georganiseerd door de ON om het voorstel voor de stochasten met het Waterschap te bespreken waarbij ON moet zorgen dat WL ook grondig begrip heeft van stochasten (RE2.17). ON legt alles onderbouwd in een rapportage vast, ondersteund door analyse, figuren en tabellen. OG dient akkoord te geven op deze rapportage. (RE2.18)

### **Modelaanpassing Stochastenmethode**

ON maakt het modelinstrumentarium gereed voor toepassing van de stochastenberekeningen waarbij te denken valt aan aanpassen stuwstanden, instellen initiële bodemberging, het aanpassen van ruwheden van beeklopen en het bepalen van de randvoorwaarden.

Deze modelaanpassingen worden door ON goed geduid en gedocumenteerd vastgelegd. Aan ON de afweging om modelaanpassingen voor het gereedmaken van de modelschematisaties voor uitvoering van de stochastenberekeningen via modelbouwscripts of via handmatige acties uit te voeren (RE2.19)

Bij toepassing van script, dienen deze aan de WIKI en DevOps te worden toegevoegd.

### **Stap III: Toepassen Stochastenmethode**

Het uitvoeren van de stochastenberekeningen dient de contractant zelf uit te voeren: het waterschap stelt geen computerreken capaciteit ter beschikking (RE2.20). Uitgangspunt is dat er ca. 2000 berekeningen moeten worden uitgevoerd per NOK.

### **Opstellen van kaartbeelden**

De inundatiekansenkaarten zoals vermeld in Tabel 4 worden opgesteld voor verschillende combinaties van herhalingstijden, klimaatscenario's en tijdshorizonnen. Op deze kaarten moet per locatie inzichtelijk zijn wat de bijbehorende waterdiepte is bij inundatie (RE2.21).

Deze vlakdekkende kaarten worden opgebouwd op basis van de rekenresultaten van het 1D2D-model. Hierbij levert ON een inundatiekansenkaart waarin de berekende waterdiepte is geïnterpoleerd naar het onderliggende maaiveldniveau (subgridniveau, AHN), met behoud van volume (RE2.22). Dit is essentieel om goed te kunnen beoordelen hoe groot de opgave is en of er water in panden kan komen te staan.

Daarnaast geldt:

- Interpolatie van 1D-resultaten naar het 2D-rooster is niet toegestaan.
- Kaarten worden geleverd voor herhalingstijden variërend van T10 tot T1000 en voor de huidige situatie, 2050 en 2100, conform de opgave in Tabel 4.

Tabel 4. Op te leveren inundatiekansenkaarten

Inundatiekansenkaart	Neerslag-klimaat	Landgebruik	Dwarsprofielen	
T10	Huidig	Huidig	Actueel	4 kaarten t.b.v. vaststellen knelpunten watersysteemtoets
T25	Huidig	Huidig	Actueel	
T50	Huidig	Huidig	Actueel	
T100	Huidig	Huidig	Actueel	
T10	2050 Wh center *	Huidig	Actueel	4 kaarten t.b.v. vaststellen omvang in de toekomst
T25	2050 Wh center *	Huidig	Actueel	
T50	2050 Wh center *	Huidig	Actueel	
T100	2050 Wh center *	Huidig	Actueel	
T500	Huidig	Huidig	Actueel	2 kaarten t.b.v. inzicht in knelpunten waterveiligheid
T1000	Huidig	Huidig	Actueel	
T100 **	2100	Huidig	Actueel	1 kaart voor 'water en bodem sturend'

\* Het klimaatscenario zal nog wijzigen als gevolg van besluitvorming door OG over het te hanteren klimaatscenario

\*\* Er wordt 1 specifieke inundatiekansenkaart voor een T100 in 2100 gevraagd.

### Afleiden statistieken

Voor het volledige modelgebied dienen per rekenpunt (1D én 2D) de volgende statistieken te worden bepaald (RE2.23):

- De maximale waterstand en waterdiepte per stochastenrealisatie.
- De maximale afvoer en maximale stroomsnelheid per stochastenrealisatie.
- De bijbehorende statistische analyse van deze parameters, waarbij voor waterstand, afvoer en stroomsnelheid overschrijdingskansen en - curves worden bepaald voor herhalingstijden van circa T=1 tot T=1000

Aandachtspunt hierbij is dat bij hogere waterstanden het beekdal gaat meestromen. Dit moet worden meegenomen in de bepaling van het totale doorstroomoppervlak en daarmee het debiet. Het model (D-Hydro) moet zodanig worden ingeregeld en voorbereid dat op relevante locaties een betrouwbaar afvoerresultaat en de bijbehorende statistiek kunnen worden bepaald (RE2.23a).

### Opslaan in een database (inclusief gebruikersvriendelijkheid)

Alle resultaten zoals hierboven beschreven moeten op gestructureerde wijze worden opgeslagen in een toegankelijke database. Deze database bevat per rekenpunt:

- De maximale waarden van waterstand, waterdiepte, stroomsnelheid en afvoer.
- De onderliggende stochastenrealisaties (identificeerbaar per scenario).
- De afgeleide statistieken zoals frequenties of overschrijdingskans.

De database moet zodanig zijn ingericht dat deze met gangbare software eenvoudig te openen, raadplegen en analyseren is, in afstemming met WL. WL moet er zelfstandig overschrijdingskansgrafieken mee kunnen maken per locatie (RE2.24).

Bij voorkeur worden de resultaten ook ruimtelijk ontsloten in een interactieve viewer (RE2.25), waarin:

- De inundatiekansenkaarten met op te vragen waterdiepte direct zichtbaar zijn.
- Overschrijdingskansgrafieken van rekenpunt kunnen worden opgevraagd.

Het waterschap heeft binnen de pilot voor de Geul kennis gemaakt met de Nieuwe Stochastentool van HydroConsult, waarin door Siebe Bosch enkele verbeteringen zijn doorgevoerd. Deze is in onze eigen IT-omgeving geïnstalleerd en het betreft de versie door Iconica overnieuw gecompileerd en wordt aangeboden op onderstaande GITHUB-pagina<sup>3</sup>.

### **Waterveiligheidskaart**

In het geval van ernstige wateroverlast en overstromingen kan er ook een veiligheidsrisico optreden. Hoge waterstanden in combinatie met hoge stroomsnelheden kunnen namelijk dermate bedreigend zijn dat er een risico aanwezig is dat mensen of materieel door de stroom kunnen worden meegesleurd. WL vraagt een samengestelde, vlakdekkende veiligheidsrisicokaart op te stellen, wat een product (vermenigvuldiging) is van de optredende waterdiepte en bijbehorende optredende stroomsnelheid behorende bij ten minste het T10, T25, T50, T100, T500, T1000 stochastenresultaat alsook de T100 2100 situatie (RE2.26)

### **Resultaten stochastenmethode accepteren**

Om te beoordelen of de toepassing van de stochastenmethode is geslaagd, vergelijkt ON de resultaten van de berekeningen en afgeleide waterstandskansen en afvoerkansen met de bij ON bepaalde waterstand- en afvoerstatistiek, die gebaseerd is op langjarige meetreeksen in het watersysteem.

ON toont de mate van overeenkomst aan voor verschillende herhalingstijden en voor verschillende (meet)locaties en bespreekt deze in het overleg 'Beoordeling en accorderen rekenresultaten t.b.v. beheerdersoordeel' (RE2.27).

Indien resultaten als niet betrouwbaar worden beschouwd, doet ON een voorstel op welke wijze de betrouwbaarheid van rekenresultaten te vergroten waarna ON besluit deze aanpak al dan niet op te volgen (RE2.28).

## Stap IV: Bepalen wateropgave

### **Toetsingskaarten**

Door de inundatiekansenkaarten te confronteren met de provinciale normeringskaart worden de toetsingskaarten verkregen (RE2.29) die aangeven op welke locatie niet wordt voldaan aan welke norm. WL vraagt alleen toetsingskaarten op basis van de eerste 8 inundatiekansenkaarten (T10-T25-T50-T100) uit Tabel 4, inclusief de daarin laatst genoemde inundatie-kansenkaart.

### **Knelpuntenkaart**

De toetsingskaarten zijn het resultaat van modelberekeningen en GIS analyses. Ze kunnen daarom artefacten bevatten en zijn niet zonder meer te beschouwen als de definitieve knelpuntenkaarten. Berekeningen kunnen afwijken van de in praktijk ervaren knelpunten. Een oordeel van specialisten en gebiedsbeheerders van het waterschap (kortweg: beheerdersoordeel) is noodzakelijk om de definitieve knelpuntenkaarten te maken.

---

<sup>3</sup> <https://github.com/JohnGorter/DeNieuweStochastentool>

WL organiseert het beheerdersoordeel en gaat uit van 2 werksessies cq. dagdelen per watersysteemtoets op kantoor in Roermond waarbij de contractant de (totstandkoming van de) toetsingskaarten presenteert en het oordeel van aanwezigen (ruimtelijk) vastlegt. ON zorgt ook voor de verslaglegging en past de toetsingskaarten aan naar concept-knelpuntenkaarten. Het resultaat is een concept-knelpuntenkaart dat een GIS formaat heeft met daarin ten minste vastgelegd het knelpuntgebied, het identificatie knelpunt (Modelmatig, Praktijk of Vastgesteld) en aanvullende informatie zoals de aard en omvang, mogelijke oorzaak waarom het faalt en daarmee het ophalen van oplossingsrichtingen (op hoofdlijnen) (RE2.30). Het modelmatig bepalen van oplossingsrichtingen valt buiten de scope.

Aan ON wordt gevraagd aanbevelingen te doen op welke wijze de knelpunten die als Modelmatig zijn getypeerd (i.e. niet-plausibele knelpunten), te kunnen analyseren, onderzoeken en eventueel verbeteren. (RE2.31)

Nadat de concept-knelpuntenkaart is opgesteld en door ON tekstueel goed en volledig is ingevuld, analyseert ON of er na de toepassing van het maaielveldcriterium nog steeds sprake is van een knelpunt. Tot slot voegt ON nog per knelpuntlocatie toe wat de maximaal behaalde bescherming is (RE2.32). Dit resultaat wordt aan ON opgeleverd ter aanvullende interne beoordeling en accordering (RE2.33)

### **Aanvullende analyses**

#### Kwetsbare panden

Voor de T25 en T100 beschermingsnorm gebieden voor stedelijk gebied, vragen wij nog een extra analyse uit te voeren cq. GIS-kaart te leveren. Het betreft een kaart waarin alle panden zijn opgenomen, en waar middels een GIS-exercitie is bepaald of het water wel of niet het pand kan instromen. De drempel hiervoor ligt op 15 cm en hiervoor dient het bij het waterschap beschikbare Pythonscript te worden gebruikt. Deze kaarten moeten voor de situaties T10, T25 en T100 worden gemaakt. (RE2.34)

#### Schade per knelpunt

Voor elk wateroverlastknelpunt dient de schade die het knelpunt veroorzaakt, berekend te worden (RE2.35). De schade is belangrijk voor het waterschap om de aanpak van knelpunten te prioriteren. Hiervoor vraagt WL om per knelpuntgebied zowel de absolute schade per te hanteren herhalingstijd als de jaarlijkse gemiddelde schade te bepalen op basis van de Waterschadeschatter. Tevens is er aandacht nodig voor het omgaan met de schadefunctie en duur van inundatie, het seizoen van inundatie en de te gebruiken inundatiebeelden (T10, T25, T100 en bv T1000). De aanpak en uitgangspunten moeten in de uitgangspuntennotitie haar plek krijgen. Deze schade per knelpunt moet aan de knelpuntenkaart worden toegevoegd.

#### Omvang van opgave

De omvang van de opgave wordt per knelpuntgebied bepaald:

- het gebied in hectare waar de inundatiefrequentie niet aan de norm voldoet;
- het volume water in het gebied waar de inundatiefrequentie niet aan de norm voldoet in m<sup>3</sup> (RE2.36)

Deze omvang per knelpunt moet aan de knelpuntenkaart worden toegevoegd.

### **Vergroten systeeminzicht**

Extra inundatiekansenkaarten genereren

ON zorgt ervoor dat WL op basis van de op te leveren databases, zelfstandig aanvullend inundatiekansenkaarten kan genereren (RE2.37)

Bepalen stochastencombinaties voor het ontwerpproces

Van de uitgebreide dataset van stochasteberekeningen dient ON een analyse uit te voeren en een selectie te maken van enkele stochastencombinaties die maatgevend zijn voor het betreffende modelgebied, die representatief zijn voor te minste een T10, T25, T50 en T100 afvoer, en die het hele spectrum dekken qua zomer en wintersituaties, en lange en korte buien (RE2.38).

Dit geeft als resultaat een subset van stochasten die OG kan inzetten om op doelmatige wijze binnen projecten maatregel-effectrelaties door te rekenen.

Inzicht modelmatige knelpunten

Het beheerdersoordeel levert inzicht op welke knelpuntlocaties als Modelmatig zijn getypeerd. Bij modelmatige knelpunten kan ON binnen de NOK opdracht krijgen om de aanbevelingen op te volgen en uit te voeren.

## 2 Eindproducten

Deze paragraaf beschrijft de minimaal te leveren eindproducten.

### 2.1 Algemeen

#### Rapportages

Rapportage worden geleverd in Microsoft Word en PDF-versie (RE3.01)

Correspondentie, rapportage en verslaglegging in de WIKI vindt plaats in het Nederlands (RE3.02).

Tekst in scripts in het Nederlands of Engels (RE3.03).

#### GIS data

WL gebruikt in de nabije toekomst alle projectinformatie, inclusief rekenresultaten, via het Informatie Knooppunt (IKP)<sup>4</sup> voor allerlei informatieproducten om tot integrale beelden en intelligence te komen, inclusief het gebruik van conceptuele- en AI-modellen. GIS-bestanden vormen een essentieel onderdeel van de overdracht en archivering aan het IKP. Om integratie in het IKP mogelijk te maken, moeten resultaten voldoen aan specifieke standaarden qua formaat, structuur en metadata.

De ON levert de resultaten (vector, rasters e.d.) in een voor GIS geschikt formaat op (RE3.04), en wel zodanig dat deze direct kunnen worden opgenomen in het IKP van Waterschap Limburg. Hierbij denken we in de basis aan:

1. **Bestandsformaat:** bestanden worden geleverd in gangbare GIS-formaten zoals ESRI shapefile (.shp), GeoPackage (.gpkg), GeoTIFF (.tif) of NetCDF (.nc), afhankelijk van het type data (vector/raster);
2. **Projectie:** alle bestanden zijn geprojecteerd in het officiële coördinatensysteem van het waterschap (bijv. EPSG:28992 – RD New), tenzij anders overeengekomen;
3. **Structuur en naamgeving:** bestandsnamen, laagnamen en kolomnamen zijn eenduidig, beschrijvend;
4. **Metadata:** alle bestanden worden voorzien van metadata zoals verderop beschreven;
5. **Bestandsorganisatie:** data wordt logisch gestructureerd aangeleverd (bijv. in mappen per scenario of peildatum).
6. **Overdracht:** de resultaten worden digitaal aangeleverd via een overeengekomen overdrachtsmethode (zoals SharePoint, FileTransfer)

#### Metadata

De ON levert van de definitieve modellen en de definitieve rekenresultaten (o.a. vector- en rasterbestanden) een duidelijke en volledige metadata-omschrijving (RE3.05). Deze metadata bevat in ieder geval de volgende elementen:

- **Bestandsinformatie:** naam van het bestand, datum laatste wijziging, korte samenvatting en doel van vervaardiging.
- **Technische specificaties:** ruimtelijke resolutie, gebruikte coördinatenstelsel/projectie,

---

<sup>4</sup> <https://www.waterschaplimburg.nl/actueel/2023/waterschap-limburg-start/>

- **Herkomst en kwaliteit:** herkomst van de data, gebruikte bronbestanden, volledigheid en eventuele bewerkingen.
- **Modelinformatie:** indien van toepassing, naam van het gebruikte modelinstrumentarium en versie, toegepaste scenario's of parameters.
- **Kolom- of attribuut informatie:** indien van toepassing, een korte beschrijving van de betekenis van de gebruikte kolommen of rasterwaarden.

De metadata wordt op zodanige wijze aangeleverd dat de resultaten reproduceerbaar, toetsbaar en overdraagbaar zijn voor derden. De vorm (bijv., Excel, JSON, XML of andere gangbare standaard) wordt afgestemd op het type resultaat en de voorkeuren van WL, zodat deze ook verwerkt kunnen worden in het IKP. Het IKP verwerkt ook de semantiek van de data.

De hierboven genoemde set metadata-velden vormt als basis. WL behoudt zich het recht voor om deze set tijdens de looptijd van de overeenkomst aan te vullen of te wijzigen, mits dit redelijkerwijs uitvoerbaar is binnen de opdracht.

## Scripts

De aangepaste of nieuwe scripts moeten aan de volgende eisen voldoen (RE3.08).

### ***Eisen preprocessing/postprocessing/watersysteemtoets scripts***

#### 1. Herbruikbaarheid en overdraagbaarheid

Scripts worden zo opgebouwd dat ze herbruikbaar zijn door derden, zonder dat kennis van de oorspronkelijke opzet vereist is. Dit betekent:

- Documentatie (zie hieronder)
- Zo minimaal mogelijk specifieke hard-coded oplossingen.
- De bijbehorende yml-file (inclusief python versie, hydrolib en hydrolib-core versie) noemen en op DevOps opslaan.
- Er mogen geen externe niet openbare bibliotheken/dll's/pakketten worden gebruikt die niet vrij beschikbaar zijn.
- Logische volgorde code, script opdelen in logische hapklare blokken.
- Scripts maken gebruik van de typing module van python. Met de typing module wordt aangegeven welke input data een functie nodig heeft en welke output data uit de functie komt rollen.
- Scripts bevatten configureerbare parameters - in de preprocessing scripts bovenaan met duidelijke toelichting wat ze bevatten en van welk type elk parameter is en wat de opties zijn als deze beperkt zijn. Voorbeelden zijn: pad (string) naar een input bestand, een resolutie (float) invullen voor het rekenrooster, type ruwheid zoals "manning", "strickler" of "chezy".

#### 2. Documentatie via comments en op Wiki

- Elk script bevat bovenaan een header met minimaal: naam van script, doeleinde, input, output en waar de output in modelbouwsript gebruikt wordt, afhankelijkheden (packages, o.m. D-Hydro versies, DHydamo en Hydrolib versies, kan via verwijzing naar yml file), en auteur/datum.
- Bij elk blokje/functie die iets belangrijks doet wordt minimaal het doeleinde, input en output beschreven.

- Bij elke functie moet een docstring aanwezig zijn.
- Indien meerdere scripts samen één proces beschrijven staat in de documentatie de volgorde en de werking toegelicht.
- Bovendien komt er dezelfde beschrijving plus een korte toelichting op wat het script doet in de WIKI KAM van WL te staan.

### 3. Foutafhandeling

- Scripts bevatten basis-foutafhandeling en waar mogelijk duidelijke foutmeldingen.

### 4. Versiebeheer

- Elk script dat binnen een NOK wordt gebruikt wordt aan het begin door de ON van de NOK omgezet naar de nieuwste softwareversies (python, hydrolib). ON test binnen de NOK de correcte werking van de upgrade. Op deze manier houden we de scripts up to date.
- Scripts worden opgeslagen in de Repository Klimaatadaptatiemodellen binnen DevOps omgeving van WL. DevOps verzorgt het versiebeheer. De werkwijze hoe adviesbureaus en WL samenwerken op DevOps binnen de ROK moet worden gevolgd.
- Uiterlijk bij oplevering van een NOK moeten alle aangepaste of nieuw gemaakte scripts via een pull request worden aangeboden aan de main branch. WL checkt en geeft goedkeuring.
- Bij oplevering van een NOK wordt een lijst met de gebruikte versies van de preprocessing scripts en van het modelbouwsript opgeleverd aan WL. Hierbij worden voor elk preprocessing-script de metadata van input die is gebruikt (naam, bron en datum van inputbestanden) en over de outputbestanden (naam, pad, datum en waarvoor het wordt gebruikt) aangegeven.

### 5. Codekwaliteit

- De code voldoet aan de conventies van PEP8 en bevat geen 'hard-coded' paden of waarden tenzij expliciet gedocumenteerd.
- De code wordt getest met voorbeelddata voordat deze wordt opgeleverd.

### 6. Externe afhankelijkheden

- Alle benodigde externe libraries of tools worden gespecificeerd in een requirements-bestand (environment.yml o.i.d.).

### ***Eisen modelbouwsript (modelgenerator)***

Voor het modelbouwsript gelden de volgende eisen aanvullend op de eisen voor de preprocessing-scripts:

#### 1. Herbruikbaarheid en overdraagbaarheid

- De configureerbare parameters en inputdata van het modelbouwsript staan in een apart configuratiebestand (config.ini) zoals het ook al in het basismodelbouwsript is toegepast.
- Indeling van het modelbouwsript moet duidelijk zijn en met tussenkoppen worden aangegeven. De processtappen worden met tekst toegelicht in het script.
- Fouten in de inputdata mogen niet hard-coded in het modelbouwsript gecorrigeerd worden om het script herbruikbaar voor andere modelgebieden te houden.

- Als gebied-specifieke delen in het modelbouwsript noodzakelijk zijn dan moeten ze duidelijk te onderscheiden zijn van de generieke delen.

## 2. Documentatie

- Elk parameter en inputbestand in het configuratie bestand is duidelijk toegelicht in een apart document dat via de Wiki te benaderen is. Hierin staat wat de parameters en inputbestanden bevatten, uit welk preprocessing (of ander bron) ze vandaan komen en van welk type elk parameter is en de mogelijke opties als deze beperkt zijn.

## 3. Overig

- Waar mogelijk en zinvol wordt het resultaat van tussenstappen geprint, waar nodig met figuren.

ON moet WL bij problemen helpen met het testen van het modelbouwsript maar ook met de preprocessingcripts op de modellerswerkplekken bij WL. (RE3.09)

WL behoudt zich het recht voor om benoemde werkwijze en eisen tijdens de looptijd van de overeenkomst aan te vullen of te wijzigen, mits dit redelijkerwijs uitvoerbaar is binnen de opdracht.

ON gaat werken binnen de randvoorwaarden en visie van de (informatie)architectuur van het waterschap, zodat de integratie met het IKP wordt geborgd (RE3.010).

## **2.2 Modelbouw**

De op te leveren eindproducten voor de modelbouw zijn hieronder opgesomd en betreffen ten minste (RE3.06):

- Rapportage, waaronder:
  - Uitgangspuntennotitie
  - Technische rapportage, met daarin minimaal de onderdelen:
    - Generieke beschrijving modelbouw
    - Kalibratie- en validatieresultaat inclusief prestatieindicatoren
    - Aanbevelingen
    - Finale versies met naamgeving en padverwijzing van (input)data, scripts, software(versies),
    - Logboek met goed geduide en beschreven modelmatige verbeteringen, die niet zijn teruggekoppeld in de brondata
- Rekenmodel:
  - Alle definitieve rekenmodellen
- Rekenresultaten:
  - Kalibratieresultaat incl. inundatiekaarten
  - Validatieresultaat incl. inundatiekaarten
  - T100 rekenresultaat en inundatiekaart
- Scripts
  - Alle in de opdracht gebruikte, gemaakte of aangepaste scripts & tools in FME, Python & Jupyter Notebook of overig;
- Wiki-pagina met specifieke modelbeschrijving per NOK

- Aangevulde wiki-pagina's met toelichting voor onderdelen waar nog geen werkinstructie beschikbaar was
- JSON-document per model met daarin de relevante data en metadata voor verwerking in het IKP, met ten minste:
  - Identificatie en beschrijving
  - Versiebeheer
  - Governance data
  - Verwijzingen naar documentatie zoals hierboven genoemd

## 2.3 Watersysteemtoets

De op te leveren digitale eindproducten voor de watersysteemtoets betreffende tenminste (RE3.07):

### *Rapportages*

- Plan van Aanpak
- Uitgangspuntennotitie
- Rapportage Stochasten
- Eindrapportage met samenvatting, conclusies en aanbevelingen

### *(Reken)resultaten*

Er worden losse GIS producten gevraagd. Het betreft ten minste onderstaand aantal producten. Op verzoek of bij nieuwe inzicht kunnen dit er meer worden.

- 22 inundatiekansenkaarten voor:
  - T10, T25, T50, T100 voor het huidig en toekomstig klimaat,
  - T500 en T1000 huidige klimaat,
  - T100 situatie in het klimaat 2100.
- Van alle sets hierboven geldt:
  - Eén set met inundatiekansenkaarten op basis van de originele output voordat interpolatie heeft plaatsgevonden op 2D-rekencelniveau
  - Eén set met inundatiekansenkaarten waarbij de berekende waterdiepte is geïnterpoleerd naar het onderliggende maaiveldniveau (subgridniveau, AHN), met behoud van volume.
- 8 toetsingskaarten.
- 3 kwetsbaarheidskaarten.
- 6 veiligheidsrisicokaarten (T10, T25, T50, T100, T500, T1000 en een T100 situatie in het klimaat 2100)
  
- Database afvoeren en -statistiek.
- Database stroomsnelheden en -statistiek.
- Database hoogwaterstanden en -statistiek.
  
- Definitieve knelpuntenkaart waarin per knelpunt ten minste omvang en oorzaak is aangegeven inclusief duiding, waarin de te vullen tabellen nader worden afgestemd.
  
- Schaderaming met absolute schade per doorgerekende herhalingstijd en bepaling van de gemiddelde verwachte jaarlijkse schade

- Kaart met gehanteerde duur van inundatie bij de verschillende herhalingsstijden t.b.v. bepaling van de schadebedragen
- Model en tools, zodat het waterschap eventueel zelf de stochastische berekening kan herhalen.
- JSON-document per model met daarin de relevante data en metadata voor verwerking in het IKP, met ten minste:
  - Identificatie en beschrijving
  - Versiebeheer
  - Governance data
  - Verwijzingen naar documentatie zoals hierboven genoemd

## 2.4 Facturering

In Tabel 5 is aangegeven per facturatiemoment, wat de acceptatievoorwaarde.

Tabel 5. Facturatietabel met toelichting op acceptatievoorwaarde

KAM	Omschrijving	Acceptatievoorwaarden / Extra nieuwe ROK
30%	Na afronding uitgangspunten en gebiedsbeschrijving	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Opleveren extra validatieregels</li> <li>– Eerste datacontrole</li> <li>– Uitgangspunten zijn akkoord</li> </ul>
25%	Na afronding modelbouw	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Datacontrole opleveren</li> <li>– Model kan volledig geautomatiseerd worden opgebouwd</li> <li>– Scripts voor preprocessing en modelbouw in DevOps incl. Data en toelichting (zie eisen scripts RE1.10),</li> <li>– Gevulde Wiki</li> <li>– Review door Deltares voltooid en verwerkt</li> <li>– Review door WL/ROK Partner voltooid en verwerkt</li> </ul>
25%	Na afronding kalibratie en validatie;	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kalibratieresultaten zijn verwerkt in modelbouwsript</li> <li>– Kalibratie- en validatieproces is goed doorlopen</li> </ul>
20%	Na afronding rapportage KAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Modelbouwsript bij WL geeft gelijke resultaten (T100 validatie, kalibratiemodellen)</li> <li>– Eindrapportage is opgeleverd waarin alle stappen zo zijn beschreven dat deze reproduceerbaar zijn.</li> <li>– Voor levering van de rapportages is minimaal 1 volledige concept-versie door WL beoordeeld en zijn opmerkingen door ON verwerkt</li> <li>– Voor levering van de resultaten (modellen, rekenresultaten en geo-data) zijn de meta-data door WL geaccepteerd</li> </ul>

WST	Omschrijving	Acceptatievoorwaarde
10%	Na Stap I: Gereed maken model	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Een door ON en WL geaccepteerd rekenmodel, dat optioneel is geactualiseerd en geschikt is voor het uitvoeren van de stochastische methode.</li> <li>– Aangepaste scripts voor modelbouw in DevOps incl teruggekoppeld data en toelichting (zie eisen scripts</li> </ul>

		RE1.10)
25%	Na Stap II: Uitwerking stochasten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stochastenset is uitgewerkt en door WL goedgekeurd</li> <li>– Afgeronde werksessie met WL</li> </ul>
20%	Na Stap III: Toepassen Stochastenmethode	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Goedgekeurde resultaten stochastenmethode</li> </ul>
25%	Na Stap IV: Bepalen wateropgave	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Knelpuntenkaart met aangevulde attributvelden</li> </ul>
20%	Na oplevering van alle resultaten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Voor levering van de rapportages is minimaal 1 volledige concept-versie door WL beoordeeld en zijn opmerkinge door ON verwerkt.hebben minimaal na verwerking van opmerkingen door ON.</li> <li>– Voor levering van de resultaten (modellen, rekenresultaten en ge-data) zijn de meta-data door WL geaccepteerd</li> </ul>

## 3 Lijst van programma van Eisen

### 3.1 Samenwerking, kennisoverdracht en ontwikkelingen binnen de ROK

Num.	Onderwerp	Programma van Eisen - ROK - onderdeel samenwerking	Eis	Wens
RE0.01	Samenwerking	Samenwerking tussen de ROK partners vindt ten minste plaats conform opsomming van onderdelen zoals benoemd in tekst (RE0.12)	X	
RE0.02	Samenwerking	De doorlooptijd is maximaal 7 maanden voor de modelbouw en 7 maanden voor de watersysteemtoets		X
RE0.04	Ontwikkelingen	Alle scripts die in de modelbouw als bij uitvoering van de watersysteemtoets worden ontwikkeld, gebruikt of verbeterd, worden zonder bijkomende kosten opgeleverd aan WL.	X	
RE0.03	Samenwerking	Het team van ON bestaat uit tenminste: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1 Projectleider (&gt;5 jaar relevante werkervaring)</li> <li>○ 1 Senior hydroloog/modelleur (&gt;5 jaar relevante werkervaring)</li> <li>○ 1 Junior modelleur (&gt;2 jaar relevante werkervaring)</li> </ul>	X	
RE0.05	Samenwerking	ON faciliteert het projectoverleg in termen van plannen van meetings, voorbereiden van meetings, en het verslagleggen van overleggen	X	
RE0.06	Samenwerking	Elk NOK bevat een startoverleg en een eindoverleg met evaluatie en lessons learned	X	
RE0.07	Samenwerking	Tijdens de modelbouw vinden er (twee)wekelijkse stand-ups plaats, waarbij elke tweede stand-up de projectleider van ON aansluit.		
RE0.08	Samenwerking	Naast de reguliere online stand-ups vinden de volgende <u>modelbouw-overleggen</u> fysiek plaats: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Startoverleg</li> <li>• Veldbezoek</li> <li>• Samenwerkdag Datacontrole</li> <li>• Samenwerkdag Kalibratie en Validatie</li> <li>• Eindoplevering model(bouwscripts)</li> </ul>	X	
RE0.09	Samenwerking	Tijdens de <u>watersysteemtoets</u> gaan we uit van een frequent overleg tussen projectleiders van ON en WL	X	
RE0.10	Samenwerking	Er vinden tijdens de watersysteemtoets minimaal de volgende overleggen plaatsvindt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modeloverdracht</li> <li>• Regelmatig werksessies waaronder minimaal: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Stochasten; toelichting op aanpak en te hanteren stochasten</li> <li>○ Beheerdersoordeel voor het vaststellen van</li> </ul> </li> </ul>	X	

		<p>knelpunten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Overleg beoordeling van de stochastische berekeningen en inundatiekansenkaarten</li> <li>• Eindoverleg met evaluatie en lessons learned</li> </ul>		
<b>RE0.11</b>	Ontwikkelingen	Alle scripts die in de modelbouw als bij uitvoering van de watersysteemtoets worden ontwikkeld óf gebruikt, worden zonder bijkomende kosten opgeleverd aan WL.	X	

### 3.2 Modelbouw

Num.	Onderwerp	Programma van Eisen - ROK - onderdeel modelbouw	Eis	Wens
<b>RE1.01</b>	Algemeen	De modellen moeten voor hoge, gemiddelde en droge afvoersituaties, evenals langjarige perioden geschikte resultaten opleveren.	X	
<b>RE1.02</b>	Algemeen	De modellen worden in D-Hydro ontwikkeld en bevatten 0D, 1D, 2D, RR, RTC, gekoppeld neerslagafvoermodel, paved, stationaire afvoer op 1D2D.	X	
<b>RE1.03</b>	Algemeen	De ON schrijft aan begin van het project – na de eerste afstemmingsoverleggen met WL - een uitgangspuntennotitie.	X	
<b>RE1.04</b>	Algemeen	De werkwijze bouwt voort op de huidige beschikbare scripts en aanpak.	X	
<b>RE1.05</b>	Modelbouw – algemeen	Alle data, scripts en tools die nodig zijn om te komen van brongegevens naar modelinvoer, en van modelrun naar modelresultaat en nabewerking, worden gestructureerd opgeleverd aan WL, inclusief toelichting en metadata.	X	
<b>RE1.06</b>	Modelbouw – algemeen	Het modelleerproces dat in het project gevolgd wordt, moet volledig inzichtelijk en reproduceerbaar zijn, van brongegevens naar kalibratieresultaat en berekende modelresultaten (er worden geen handmatige aanpassingen doorgevoerd, alles wordt in scripts vastgelegd). Dat wordt bereikt door een goed logboek, goed gedocumenteerde workflows en scripts en een heldere en complete rapportage, waarin alle gemaakte keuzes en gevolgde werkwijzen van alle stappen in het proces duidelijk beschreven zijn, zoveel mogelijk visueel ondersteund door schema's, diagrammen, kaarten, figuren en tabellen.	X	
<b>RE1.07</b>	Modelbouw - algemeen	Alle gebruikte tools/scripts voor zowel modelbouw als watersysteemtoets opnemen en beschrijven in de DevOps/GitHub en in de Wiki.	X	
<b>RE1.08</b>	Modelbouw - algemeen	Aanvullen van de Wiki van WL met de modelleersteps voor zowel de generieke werkwijze als model-specifieke onderdelen.	X	

<b>RE1.09</b>	Modelbouw - algemeen	Er wordt geregistreerd welke versie van scripts wordt gebruikt voor de definitieve modelbouw	X	
<b>RE1.10</b>	Modelbouw - algemeen	Scripts moeten voldoen aan de in hoofdstuk 2.1 Algemeen/Scripts genoemde eisen.	X	
<b>RE1.11</b>	Data	Controle van aangeleverde brondata op schematisatie fouten door de validatietool van Het Waterschapshuis, inclusief terugkoppeling ervan aan WL. Data-verbeteringen die niet door WL worden gedaan maar door ON, worden duidelijk geregistreerd.	X	
<b>RE1.12</b>	Modelbouw – algemeen	De automatische modelbouw van brondata naar modelschematisatie wordt zo ontwikkeld zodat modellen snel, gemakkelijk, gebruiksvriendelijk en gestandaardiseerd kunnen worden opgebouwd.	X	
<b>RE1.13</b>	Modelbouw – algemeen	Binnen WL reeds beschikbare tools moeten gebruikt worden en waar nodig moeten nieuwe tools ontwikkeld worden voor input en modelbouw.	X	
<b>RE1.14</b>	Modelbouw – algemeen	De werkwijze en de stappen van de modelbouw moet worden vastgelegd in scripts in Python (Jupyter Notebook) of FME.	X	
<b>RE1.15</b>	Modelbouw – algemeen	ON toont aan dat alle tools bij WL bij oplevering correct functioneren.	X	
<b>RE1.16</b>	Modelbouw – algemeen	Het model moet geautomatiseerd met D-HyDAMO (Hydrolib ) o.b.v. HyDAMO bestanden opgebouwd worden.	X	
<b>RE1.17</b>	Modelbouw – algemeen	Gebruikmaken van de bij aanvang van het project nieuwste beschikbare versies van D-Hydro, Hydrolib/D-HyDAMO en Python	X	
<b>RE1.18</b>	Modelbouw – algemeen	Het model moet zowel via DIMR als via de GUI te runnen en uit te lezen zijn. Modelberekeningen binnen de GUI geven dezelfde (of zeer vergelijkbare) resultaten als modelberekeningen via de DIMR. Als de GUI nog bugs of vertraging in de Deltares Software heeft waardoor dit niet mogelijk is, zien we van de GUI eis af en zal de DIMR volstaan.	X	
<b>RE1.19</b>	Modelbouw - 1D2D	Binnen het model moet de resolutie van het 2d en 1d rekengrid flexibel verfijnd kunnen worden waar nodig, zonder gevolgen voor modelperformance. De gebiedsgrootte en de 1D resolutie en 2D grid resolutie moet schaalbaar zijn.	X	
<b>RE1.20</b>	Modelbouw – algemeen	Het wisselen tussen afzonderlijke modelcomponenten (zoals 1D, 2D, 1D2DLinks, RR Unpaved, RR Paved, RTC, etc,) model moet eenvoudig mogelijk zijn zonder dat essentiële modelcomponenten missen.	X	
<b>RE1.21</b>	Modelbouw—1D2D	Als de huidige toestand van het watersysteem sterk afwijkt van de toestand tijdens de kalibratieperiode,	X	

		wordt naast een model van de huidige situatie, ook een extra modelvariant gemaakt voor de kalibratieperiode.		
<b>RE1.21a</b>	Modelbouw – 1D2D	ON onderzoekt in een vroeg stadium van de modelbouw of er kunstwerken zijn die niet in 1D-watergang liggen maar die wel relevant zijn voor het overstromingsproces. Het betreft hier o.a. tunnels. ON neemt deze locaties door met WL en verwerkt ze in de 2D-component van de modelschematisatie.	X	
<b>RE1.22</b>	Modelbouw – 1D2D	Het 2D grid omvangt tenminste het gebied wat bij een T1000 kans heeft om te overstromen en tenminste 100 meter rond watergangen.	X	
<b>RE1.23</b>	Modelbouw – 1D2D	Het 2D grid wordt afgeknipt langs de insteek van 1D watergangen. Bij lange duikers/overkluizingen moet het 2D grid over de watergang doorlopen zodat stroming over 2D mogelijk is.	X	
<b>RE1.23a</b>	Modelbouw – 1D2D	Profielen van 1D watergangen worden afgeknipt op de rand van het 2D-grid.	X	
<b>RE1.23b</b>	Modelbouw – 1D2D	Het 2D grid wordt verfijnd: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Langs 1D watergangen</li> <li>• In regenwaterbuffers</li> <li>• Bij hogelijnelementen</li> <li>• In stedelijk overstromingsgebied</li> </ul>	X	
<b>RE1.24</b>	Modelbouw – 1D2D	Genereer hoge lijn-elementen op geautomatiseerde wijze. Tunnels/Onderdoorgangen moeten doorstroombaar zijn. In hogelijnelementen van buffers moet ook de noodoverlaat van de buffer gerepresenteerd zijn.	X	
<b>RE1.25</b>	Modelbouw – 1D2D	Regenwaterbuffers in 1D bereik worden in 1D-bergingsknopen geschematiseerd met een waterstandsvolume tabel (maaiveldcurve). ON maakt waterstandsvolume tabel aan.	X	
<b>RE1.26</b>	Modelbouw - 1D2D	ON berekent voor iedere buffer in het modelgebied het volume op basis van de 1D2D modelschematisatie bij volledige vulling, vergelijkt dit met het gemeten volume van WL en legt de vergelijking voor aan WL.	X	
<b>RE1.27</b>	Modelbouw – RTC	Automatisch gestuurde kunstwerken moeten via modelbouwscripts als RTC worden opgenomen	X	
<b>RE1.27a</b>	Modelbouw – RTC	RTC: De eenvoudige geautomatiseerde kunstwerken moeten via D-HyDAMO in het model worden opgenomen. De complexe sturingen worden op een andere manier toegevoegd aan de modelbouw. ON is verantwoordelijk voor het testen en afregelen van de kunstwerksturing.	X	
<b>RE1.27b</b>	Modelbouw – RTC	ON moet de sturingsregels controleren en testen en de gain factors van PID controllers optimaliseren. Er mogen	X	

		geen schommelingen rondom de kunstwerken met complexe sturing optreden.		
<b>RE1.28</b>	Modelbouw – RR	Gerioleerd gebied wordt in RR als verharde knopen (paved) meegenomen.	X	
<b>RE1.29</b>	Modelbouw – RR	Genereer de RR-afwateringsgebieden automatisch met een script (in GIS programma of als het werkt eventueel met dtm2cat script) zodat het resultaat reproduceerbaar is.	X	
<b>RE1.29a</b>	Modelbouw – RR	Overstorten die buiten het 1D modelgebied liggen moeten zodanig in model worden opgenomen dat rekening wordt gehouden met de reistijd van het overstortwater tot aan het 1D model.	X	
<b>RE1.29b</b>	Modelbouw – RR	Het verharde gebied buiten het rioleringsgebied kan als onverhard braakliggend land meegenomen worden om demping te creëren. Neem dit over indien nodig bij de gekozen neerslag-afvoer methode.		x
<b>RE1.29c</b>	Modelbouw – RR	ON genereert belasting van RWZI op het watersysteem t.b.v. T100 scenario's, gebruikmakend van het bestaande RWZI tool script als opgenomen in DevOps.	X	
<b>RE1.30</b>	Modelbouw - algemeen	Er moet vóór de kalibratie gecontroleerd worden op schematisatiefouten.		
<b>RE1.30a</b>	Modelbouw - algemeen	ON voert na controle van de brongegevens en bewerking tot modeldata, ook uitgebreide controles uit op de gegenereerde modelinvoer, vooral met plausibiliteitschecks bij lage, gemiddelde én een hoge afvoer. Hierbij worden tenminste alle kunstwerken, RTC en buffers gecontroleerd.	X	
<b>RE1.31</b>	Modelbouw - algemeen	ON moet aantonen dat alle scripts, wijzigingen en modellen werken in de WL-omgeving en hetzelfde/juiste resultaat geven. ON levert het ontwikkelde modellen na elke fase (1D, 1DRR, 1DRTCRR, 1D2DRRRTC) op aan het waterschap, zodat het waterschap het model zelf tussentijds kan opbouwen en controleren.	X	
<b>RE1.32</b>	Modelbouw – algemeen	Keuzes die worden gemaakt bij de bouw en schematisatie van de nadere opdrachten mogen geen obstakels vormen om in de toekomst de modellen integraal te maken door ze te koppelen aan bv. Modflow-MetaSWAP modellen.		x
<b>RE1.33</b>	Modelbouw – algemeen	Het model is achteraf inzetbaar voor een tijdreeksanalyse (langjarige periode) en de stochasten methode (veel berekeningen), en voor voorspellingen tijdens hoogwatercrises.	X	
<b>RE1.34</b>	Kalibratie en validatie	Eis is dat bij T100 scenario de rekestijd voor het hele model (1D2DRRRTC) acceptabel moet zijn. Acceptabel	X	

		vinden we als de rekentijd van het T100 model op de server van WL bij een modelperiode van 5 dagen maximaal 5 uur bedraagt, dit betekent gemiddeld 1 uur rekentijd voor 24 uur modeltijd.		
<b>RE1.35</b>	Kalibratie en validatie	Middels een sensitiviteitsanalyse wordt de gevoeligheid van parameters gepeild voor de kalibratie.	X	
<b>RE1.36</b>	Modelbouw – algemeen	De fysische processen moeten zo veel mogelijk juist in het model verwerkt zijn, tenzij dit duidelijk ten koste gaat van modelperformance.	X	
<b>RE1.37</b>	Kalibratie/validatie	Het model moet gekalibreerd en gevalideerd worden voor langjarige periode, basisafvoeren en piekafvoeren. Alle beschikbare waterstand- en afvoermetingen moeten worden meegenomen. De kalibratieperiodes en -gebeurtenissen worden in overleg met het waterschap bepaald.	X	
<b>RE1.37a</b>	Kalibratie/validatie	De kalibratie op piekafvoeren wordt gesplitst in twee stappen. Eerst een kalibratie gefocust op lage en middelhoge afvoeren waar de overstorten nog geen rol spelen en daarna een kalibratie bij een piekafvoer waar de overstorten wel in werking zijn getreden.	X	
<b>RE1.38</b>	Kalibratie/validatie	Aanpassingen aan het model die op basis van de kalibratie worden gedaan, moeten terugvloeien in modelbouwsript	X	
<b>RE1.39</b>	Kalibratie/validatie	Eventuele gekalibreerde waarden voor 1D kunstwerken en watergangen worden opgeleverd als tabel/GIS bestand, zodat WL deze kan verwerken in DAMO.	X	
<b>RE1.40</b>	Kalibratie/validatie	Als er een geautomatiseerde kalibratie wordt uitgevoerd, dan worden gebruikte scripts en tools zodanig opgeleverd aan WL dat deze zelfstandig kunnen worden gebruikt. Dit is kosteloos.	X	
<b>RE1.41</b>	Kalibratie/validatie	Kalibratieresultaten dienen ten minste te worden beoordeeld met Nash Sutcliffe en QCUMA, en door de waterbalans te controleren.	X	
<b>RE1.42</b>	Kalibratie/validatie	Validatie vindt plaats voor zowel langjarige afvoeren, basisafvoeren en hoogwaterafvoeren	X	
<b>RE1.42a</b>	Kalibratie/Validatie	ON toetst de berekeningsresultaten met debietmeetstations, waterstandsmetingen inundatiekaarten van eerdere hoogwaters, veldkennis, incidentele debietmetingen en waterstandsmetingen.	X	
<b>RE1.43</b>	Kalibratie/validatie	Het model wordt doorgerekend met een licht verhoogde afvoer (bijvoorbeeld 1,25 MA). De resulterende inundaties worden besproken met WL-inspecteurs. Bevindingen (schematisatiefouten, modelwerking) worden verbeterd.	X	
<b>RE1.44</b>	Kalibratie/validatie	Aan het eind van de validatie wordt een fictief extreme	X	

		gebeurtenis doorgerekend (ca. T100), waarmee ON test of dit realistische waarden oplevert.		
<b>RE1.45</b>	Kalibratie/validatie	Minimaal uit te voeren berekeningen conform Tabel 3 uit de Scope.	X	
<b>RE1.46</b>	Acceptatietest	Bij de controleberekening aan het eind van het project zorgt ON ervoor dat de modelbouw en modelresultaten hetzelfde resultaat leveren in het systeem van WL, als in het systeem van ON. Als de GUI hierbij andere resultaten geeft dan de DIMR dan wordt met de DIMR gerekend.	X	

### 3.3 Watersysteemtoets

De eisen die specifiek gelden voor het enkel uitvoeren van de WST (en dus niet voor de NOK's waar bet bouwen en het toetsten door dezelfde ON worden uitgevoerd) zijn hieronder gemarkeerd met een asterisk (\*).

Nr	Onderdeel	Omschrijving	Eis	Wens
<b>RE2.01</b>	Algemeen	Met het basismodel dat in D-Hydro is opgebouwd wordt de watersysteemtoetsing volgens de stochastenmethode uitgevoerd.	X	
<b>RE2.02</b>	Algemeen	Vervaardigde scripts moeten binnen deze raamovereenkomst gratis ter beschikking worden gesteld en informatie hierover vastleggen op de Wiki en DevOps	X	
<b>RE2.03</b>	Algemeen	De ON schrijft aan begin van het project – na de eerste afstemmingsoverleggen met WL - een uitgangspuntennotitie.	X	
<b>RE2.04</b>	Algemeen	Voor stroomgebieden waar opdrachtgever de KAM + WST uitvoert, is ON verantwoordelijk voor het volledig borgen en voor eigen rekening nemen van (overdracht van) werkwijze (toolings, Wiki, DevOps), opgedane gebiedskennis en modelspecifieke aandachtspunten.	X	
<b>RE2.05*</b>	Rekenmodel gereed maken	ON maakt zich het model en de scripts zelfstandig eigen aan de hand van aangeleverde documentatie, scripts en tools.	X	
<b>RE2.06*</b>	Rekenmodel gereed maken	Er vindt een inhoudelijk <u>werkoverleg modeloverdracht</u> plaats tussen modellers van OG en ON om gebied-, scripting-, calibratie, en modelspecifieke aandachtspunten over te dragen	X	
<b>RE2.07*</b>	Rekenmodel gereed maken	ON toont stapsgewijs aan dat het D-Hydro model gereproduceerd kan worden op basis van de geleverde bestanden en scripts	X	
<b>RE2.08*</b>	Rekenmodel gereed maken	ON toon aan dat het D-Hydro model voor ten minste een normale en hoogwater afvoer: <ul style="list-style-type: none"> <li>• dezelfde rekenresultaten produceert als de</li> </ul>	X	

		<p>door OG uitgevoerde controleberekening op rekenpuntniveau als op rekensnelheid;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>dat alle modelcomponenten, randvoorwaarden en objecten correct functioneren</li> </ul>		
<b>RE2.09*</b>	Rekenmodel gereed maken	Bij afwijkende resultaten onderzoekt, achterhaald en verhelpt ON in afstemming met OG deze verschillen	X	
<b>RE2.10*</b>	Rekenmodel gereed maken	ON voert een update cq. verbetering door aan de modelbouwsript zodat deze met de meest recente (software)versies van o.a. D-Hydamo en Python compatible is		X
<b>RE2.11</b>	Rekenmodel gereed maken	Bevindingen worden door ON in de WIKI en DevOps-omgeving doorgevoerd. Benodigde aanpassingen aan datasets worden door ON aan OG goed geduid teruggekoppeld	X	
<b>RE2.12</b>	Rekenmodel gereed maken	Voorafgaand aan het uitvoeren van de watersysteemtoets wordt het model geactualiseerd (revisiemetingen, modelfouten)	X	
<b>RE2.13</b>	Rekenmodel gereed maken	Aanpassingen aan de D-Hydro modelschematisatie worden enkel via modelbouwscripts uitgevoerd	X	
<b>RE2.14</b>	Rekenmodel gereed maken	ON levert de aangepaste scripts en gewijzigde bestanden (zoals HyDAMO) goed gedocumenteerd en geduid terug aan OG	X	
<b>RE2.15</b>	Rekenmodel gereed maken	ON voert een controleberekening uit om te verifiëren dat het aangepaste model logische rekenresultaten produceert, die in lijn zitten van de door OG eerder aangeleverde rekenresultaten.	X	
<b>RE2.16</b>	Uitwerken Stochasten	ON stelt verschillende stochastensets samen die passend zijn voor het gebied, en een goede spreiding weergeven rekening houdend met de eerder opgedane ervaringen en aanpak.	X	
<b>RE2.17</b>	Uitwerken Stochasten	ON bespreekt en licht in werksessie toe de bepaling van stochasten zodat OG grondig begrip krijgt voor afleiding en bepaling stochasten, klasseindeling en frequentie cq. kansenbepaling.	X	
<b>RE2.18</b>	Uitwerken Stochasten	ON stelt rapportage op van stochastenmethode waarop OG akkoord moet geven.	X	
<b>RE2.19</b>	Uitwerken Stochasten	Aan ON de afweging om modelaanpassingen voor het gereedmaken van de modelschematisaties voor uitvoering van de stochasteberekeningen via modelbouwscripts of via handmatige acties uit te voeren	X	
<b>RE2.20</b>	Toepassen Stochastenmethode	Het uitvoeren van de stochasteberekeningen dient de contractant zelf uit te voeren: het waterschap stelt geen computerreken capaciteit ter beschikking	X	

<b>RE2.21</b>	Toepassen Stochastenmethode	Er worden vlakdekkende inundatiekansenkaarten opgesteld conform tabel 4 waarin per locatie inzichtelijk wat bijbehorende waterdiepte is, waarbij recht wordt gedaan aan het gebruikte 1D2D rekenmodel en rekenresultaat, waarbij ook de inundatiekansen van elke 2D rekencel wordt afgeleid.	X	
<b>RE2.22</b>	Toepassen Stochastenmethode	ON levert inundatiekansenkaarten waarin de waterdiepte is geïnterpoleerd naar het onderliggende maaiveldniveau (subgridniveau, AHN), met behoud van volume (RE2.22)	X	
<b>RE2.23</b>	Toepassen Stochastenmethode	Er wordt voor waterstand, afvoer en stroomsnelheid overschrijdingskansen en - curves bepaald voor herhalingsstijden van circa T=1 tot T=1000	X	
<b>RE2.23a</b>	Toepassen Stochastenmethode	Het model (D-Hydro) moet zodanig worden ingeregeld en voorbereid dat op relevante locaties een betrouwbaar afvoerresultaat en de bijbehorende statistiek kunnen worden bepaald	X	
<b>RE2.24</b>	Toepassen Stochastenmethode	Alle resultaten moeten op gestructureerde wijze worden opgeslagen in een toegankelijke database die zodanig is ingericht dat deze met gangbare software eenvoudig te openen, raadplegen en analyseren is waarmee overschrijdingskansgrafieken kunnen worden gemaakt	X	
<b>RE2.25</b>	Toepassen Stochastenmethode	De resultaten worden ook ruimtelijk ontsloten in een interactieve viewer (), waarin: <ul style="list-style-type: none"> <li>• De inundatiekansenkaarten direct zichtbaar zijn.</li> <li>• Overschrijdingskansgrafieken per rekenpunt kunnen worden opgevraagd.</li> </ul>		X
<b>RE2.26</b>	Toepassen Stochastenmethode	Er wordt een samengestelde, vlakdekkende veiligheidsrisicokaart opgesteld wat een product (vermenigvuldiging) is van de maximaal optredende waterdiepte en maximaal optredende stroomsnelheid behorende bij ten minste het T10, T25, T50, T100, T500, T1000 stochastenresultaat alsook de T100 2100 situatie (RE2.26)	X	
<b>RE2.27</b>	Toepassen Stochastenmethode	ON toont de mate van overeenkomst aan voor verschillende herhalingsstijden en voor verschillende (meet)locaties en bespreekt deze in het overleg 'Beoordeling en accorderen rekenresultaten t.b.v. beheerdersoordeel' met ON (RE2.27)	X	
<b>RE2.28</b>	Toepassen Stochastenmethode	Indien resultaten van stochastenmethode als niet betrouwbaar worden beschouwd, doet ON een voorstel op welke wijze de betrouwbaarheid van rekenresultaten te vergroten waarna ON besluit deze	X	

		aanpak al dan niet op te volgen		
RE2.29	Bepalen wateropgave	Inundatiekansenkaarten worden getoetst op basis van de provinciale normeringskaart waaruit een toetsingskaart wordt gemaakt	X	
RE2.30	Bepalen wateropgave	De toetsingskaarten samen met de opbrengsten uit het beheerdersoordeel worden verwerkt tot concept-knelpuntenkaart welke ten minste bevat het knelpuntgebied, de identificatie knelpunt (Modelmatig, Praktijk of Vastgesteld) en aanvullende informatie zoals de aard en omvang, mogelijke oorzaak waarom het faalt en daarmee het ophalen van oplossingsrichtingen (op hoofdlijnen).	X	
RE2.31	Bepalen wateropgave	Verbetervoorstellen worden opgesteld voor de knelpunten die als Modelmatig zijn getypeerd (i.e. niet-plausibele knelpunten) om ze te kunnen analyseren, onderzoeken en eventueel verbeteren	X	
RE2.32	Bepalen wateropgave	ON analyseert of er na toepassing van het maaiveldcriterium nog steeds sprake is van een vastgesteld knelpunt en voegt aan alle knelpuntlocaties de maximaal behaalde bescherming toe.	X	
RE2.33	Bepalen wateropgave	Het aangepaste concept-knelpuntenkaart wordt aan ON opgeleverd ter aanvullende interne beoordeling en accordering (RE2.33)	X	
RE2.34	Bepalen wateropgave	ON voert GIS analyse uit om te bepalen bij welke panden water binnenstroomt, op basis van binnen WL beschikbaar Pythonscript voor T10, T25 en T100.	X	
RE2.35	Bepalen wateropgave	Voor de knelpuntgebieden uit de knelpuntenkaart wordt een schade raming gemaakt met absolute schade als de jaarlijks gemiddeld schade op basis van de Waterschadeschatter.	X	
RE2.36	Bepalen wateropgave	Voor de knelpuntgebieden uit de knelpuntenkaart wordt de omvang van de wateropgave bepaald, uitgedrukt in m <sup>2</sup> en m <sup>3</sup>	X	
RE2.37	Bepalen wateropgave	ON maakt afzonderlijke inundatiekansenkaarten met het onderscheid naar het seizoen		X
RE2.38	Bepalen wateropgave	ON bepaald een subset van stochastencombinaties in te zetten voor het ontwerpproces die maatgevend zijn voor het betreffende modelgebied, die representatief zijn voor te minste een T10, T25, T50 en T100 afvoer, en die het hele spectrum dekken qua zomer en wintersituaties, en lange en korte buien (RE2.38)		X

### 3.4 Eindproducten

<b>RE3.01</b>	Rapportages	Rapportage worden geleverd in Microsoft Word en PDF-versie	X	
<b>RE3.02</b>	Rapportages	Correspondentie, rapportage en verslaglegging in de WIKI vindt plaats in het Nederlands	X	
<b>RE3.03</b>	Rapportages	Tekst in scripts in het Nederlands of Engels	X	
<b>RE3.04</b>	GIS Data	Alle kaartbeelden dienen digitaal als GIS bestand te worden opgeleverd, zodat het Informatieknooppunt deze kan verwerken, inclusief de bijbehorende metadata.	X	
<b>RE3.05</b>	Meta-data	De definitieve modellen en de definitieve rekenresultaten (o.a. vector- en rasterbestanden) worden geleverd met een duidelijke en volledige metadata-omschrijving, zodat het Informatieknooppunt deze kan verwerken.	X	
<b>RE3.06</b>	Modelbouw	ON leveren ten minste de eindproducten van de modelbouw zoals beschreven in paragraaf 2.2 , zodat het Informatieknooppunt deze kan verwerken, inclusief de bijbehorende metadata.	X	
<b>RE3.07</b>	Watersysteemtoets	ON leveren ten minste de eindproducten van de watersysteemtoets zoals beschreven in paragraaf 2.3, zodat het Informatieknooppunt deze kan verwerken, inclusief de bijbehorende metadata.	X	
<b>RE3.08</b>	Scripts	ON levert de scripts volgens de eisen beschreven in paragraaf 2.1 - Scripts	X	
<b>RE3.09</b>	Scripts	ON moet WL bij problemen helpen met het testen van het modelbouwsript en de preprocessingscripts bij WL.	X	
<b>RE3.10</b>	Algemeen	ON gaat werken binnen de randvoorwaarden en visie van de (informatie-)architectuur van het waterschap, zodat de integratie met het IKP wordt geborgd	X	