



Kennisprogramma Natte Kunstwerken
Kennisplan 2018

*Vervangings- en renovatieopgave
natte kunstwerken in Nederland*

Kennisbijdrage:

Kunstwerken in netwerkmodellen

Aanzet tot functioneel ontwerp voor
database Baseline Kunstwerken

Auteurs

Otto Weiler (Deltares)

Herbert Berger (Rijkswaterstaat)

kenmerk : KpNK-2018-SKW-01b002
versie : 1.0
datum publicatie : 15 juli 2019



In het **Kennisprogramma Natte Kunstwerken** (KpNK) werken Deltares, MARIN, Rijkswaterstaat en TNO samen aan de kennisontwikkeling om de vervangings- en renovatieopgave bij natte kunstwerken (stuwen, sluizen, gemalen en stormvloedkeringen) efficiënt en kostenbesparend aan te pakken.

Deltares

MARIN



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

TNO

Voor het kennisprogramma wordt er jaarlijks een inhoudelijk **Kennisplan** inclusief bijbehorend financieringsplan opgesteld. Andere partijen (zoals waterschappen en marktpartijen) worden nadrukkelijk uitgenodigd om deel te nemen.

Meer informatie over het Kennisprogramma Natte Kunstwerken vindt op www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl waar ook de onderzoeksresultaten ter beschikking worden gesteld.

NKWK

De samenwerking binnen het Kennisprogramma Natte Kunstwerken vormt de uitwerking van de onderzoekslijn “Toekomstbestendige Natte Kunstwerken” binnen het **Nationaal Kennisplatform voor Water en Klimaat** (NKWK). Dit kennisplatform brengt Nederlandse overheden, kennisinstellingen en bedrijven bij elkaar om samen te werken aan pilots, actuele vraagstukken en lange termijnontwikkelingen op gebied van water- en klimaatvraagstukken.

Meer informatie staat op www.waterenklimaat.nl.

Voor vragen met betrekking tot het rapport kunt u terecht bij de auteurs:

Otto Weiler - otto.weiler@deltares.nl

Herbert Berger - herbert.berger@rws.nl

Voor vragen over Kennisprogramma Natte Kunstwerken en Kennisplan 2018 kunt u terecht bij:

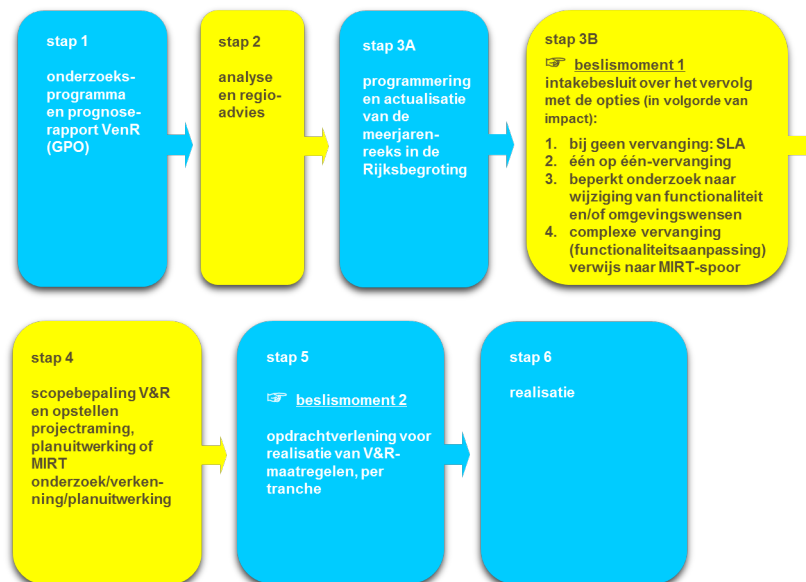
Maarten van der Vlist - maarten.vander.vlist@rws.nl



Voorwoord

Sluizen, stuwen, gemalen en stormvloedkeringen zijn belangrijke assets van beheerders zoals Rijkswaterstaat en de waterschappen. Een groot deel van deze natte kunstwerken bereikt komende decennia het einde van de (technische) levensduur waarvoor het is ontworpen. Er dient zich dan ook een aanzienlijke vervangings- en renovatieopgave van deze kunstwerken aan.

De laatste jaren wordt steeds meer gezocht naar mogelijkheden om levensduur van kunstwerken te verlengen, en om bij einde levensduur (noodzakelijke) ingrepen aan gebiedsontwikkelingen en/of functionele/netwerk ontwikkelingen te koppelen. Rijkswaterstaat heeft daartoe als asset manager een vernieuwde werkwijze voor het Vervanging en Renovatie (VenR) proces opgesteld, welke de basis vormt voor de inrichting van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (zie Figuur 1).



Figuur 1. Vernieuwde RWS-werkwijze Vervanging en Renovatie.

In het Kennisprogramma Natte Kunstwerken wordt kennis ontwikkeld die bijdraagt aan de verschillende stappen binnen deze vernieuwde VenR-werkwijze, met als focuspunten stap 1 (prognoserapport) en stap 2 (regio-analyse en -advies). Het prognoserapport richt zich op de (einde) technische levensduur, het regio-advies brengt met name de relatie object-netwerk-gebied in kaart.

Het onderzoek in het Kennisprogramma Natte Kunstwerken vindt plaats langs de onderstaande 3 onderzoekssporen en heeft tot doel om een effectieve en efficiënte aanpak van de vervanging- en renovatie-opgave en nieuwbouw van natte kunstwerken mogelijk te maken:

- bestaand object
 - inzicht in (einde) technische levensduur
 - levensduurverlenging
- object-systeem
 - inzicht in (einde) functionele levensduur en object-systeemrelaties
- nieuw(e) object/objectonderdelen
 - toepassen innovaties
 - inspelen op toekomstige ontwikkelingen.



Kennisprogramma Natte Kunstwerken *Kennisplan 2018*

Sinds enkele jaren is er het Nationaal Kennisplatform voor Water en Klimaat (NKWK). Hieronder lopen diverse onderzoekslijnen. Eén van de onderzoekslijnen is “Toekomstbestendige Natte Kunstwerken”. Voor het praktisch laten functioneren van deze onderzoekslijn is er een Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken en een Kennisprogramma Natte Kunstwerken opgesteld:

- Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken. De partijen die momenteel binnen deze overeenkomst samenwerken aan onderwerpen rondom de vervangings- en renovatieopgave bij natte kunstwerken zijn Deltares, MARIN, Rijkswaterstaat en TNO.
- In het kader van de bovengenoemde Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken en de 3 onderzoekssporen van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken wordt er jaarlijks een inhoudelijk Kennisplan inclusief bijbehorend financieringsplan opgesteld.

Naast de genoemde partijen zijn en worden andere partijen nadrukkelijk uitgenodigd om deel te nemen aan de Samenwerkingsovereenkomst Natte Kunstwerken en/of het Kennisplan. Inzet kan zowel in kind en/of financieel zijn. In het Kennisplan 2018 is er binnen het kader van Kennisprogramma Natte Kunstwerken samengewerkt met Acotec BV, Arcadis en ArcelorMittal.

Resultaten uit het Kennisprogramma Natte Kunstwerken worden gedeeld met de gehele sector, onder andere via de website www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl.

De hierop volgende samenvatting heeft betrekking op het onderliggende onderzoeksrapport “Kunstwerken in netwerkmodellen”. Dit onderzoek is geleid door Deltares in het kader van het Kennisplan 2018. In verband met de Algemene Verordening Gegevensbescherming is het originele Deltares rapport ten behoeve van het publiceren op de website alleen qua persoonsgegevens, maar niet qua inhoud aangepast.



Samenvatting

Kunstwerken in netwerkmodellen

Aanzet tot functioneel ontwerp voor database Baseline Kunstwerken

Hieronder vindt u een kennisbijdrage van het werkpakket 'Kunstwerken in netwerkmodellen' uit het kennisplan 2018. De bijdrage – geleid door Deltares – omvat de samenvatting van het gelijknamige onderzoek en het volledige onderzoeksverslag in de vorm van een onderzoeksrapport.

Aanleiding

Netwerkmodellen zijn schematiseringen van (een deel van) een bepaald gebied, bijvoorbeeld een deel van het Hoofdwatersysteem. In de huidige praktijk is de schematisering van de kunst- en regelwerken (in het vervolg kunstwerken) in de netwerkmodellen niet altijd optimaal. Enerzijds sluit de schematisering van kunstwerken niet altijd aan op de werkelijkheid, anderzijds ontbreekt het aan een consistente werkwijze voor het opnemen hiervan in de bestaande (netwerk)modellen van het watersysteem. Dit komt ten eerste doordat kennis vanuit verschillende disciplines moet samenkomen: kennis met betrekking tot het watersysteem en kennis met betrekking tot het functioneren van het kunstwerk. Ook is informatie over kunstwerken niet altijd makkelijk te vinden, en kunnen er bij het opnemen ervan in een netwerkmodel (afhankelijk van het doel daarvan) veel verschillende keuzes gemaakt kunnen worden.

Tegelijkertijd zien we in de praktijk dat bestaande netwerkmodellen worden ingezet voor de beantwoording van een steeds bredere range aan vragen. De kans dat de schematisering van een of meer kunstwerken in dat netwerkmodel dan niet bedoeld (en dus geschikt) is voor de beantwoording van een specifieke vraag neemt daarmee toe. Dit leidt tot grotere kansen op foutieve antwoorden en suboptimale oplossingen.

Onderzoeksvraag (WAT)

Gezien de complexiteit en diversiteit van kunstwerken en de grote hoeveelheid gegevens die nodig is om de constructie en het functioneren ervan goed te omschrijven is er behoefte aan een gestructureerde en ondersteunende werkwijze om te komen tot goede schematiseringen van kunstwerken in de netwerkmodellen. Vanuit de ambitie dat kunstwerken op een optimale wijze in alle netwerkmodellen voor alle voorkomende toepassingen zijn geschematiseerd, is ervoor gekozen om voor deze ondersteunende werkwijze een aanvulling op 'Baseline' te ontwikkelen: de bestaande database met bijbehorende routine voor het genereren van netwerkmodellen voor (delen van) het Hoofdwatersysteem. Deze aanvulling, 'Baseline-Kunstwerken', heeft betrekking op de kenmerken van de kunstwerken in het hoofdwatersysteem.

Dit onderzoek heeft daarom de volgende vraagstelling: Hoe kan een functioneel ontwerp eruit zien voor Baseline Kunstwerken, in het bijzonder voor de database. In vervolg daarop kan dan gewerkt worden aan:

- Een beschrijving van de werkwijze, te zijner tijd te vatten in een routine, waarmee vanuit de database een kunstwerk kan worden beschreven in het netwerkmodel.
- Een beschrijving (op hoofdlijnen) van de rollen en verantwoordelijkheden van betrokken partijen.
- Een beslisdocument voor RWS voor het gaan ontwikkelen van Baseline-Kunstwerken, inclusief een raming voor de ontwikkeling en de kosten voor Beheer en Onderhoud.



Onderzoeksaanpak en -methode (HOE)

De globale aanpak bevatte o.a. de onderstaande taken, die (geheel of gedeeltelijk) zijn uitgevoerd:

1. Korte beschrijving van de typen rekenmodellen en schematiseringen in gebruik bij/voor RWS. Daarbij aandacht te besteden aan de actuele ontwikkelingen en ambities en de rol die kunstwerken daarin spelen.
2. In kaart brengen huidige 'Baseline' en werkwijze daaromheen.
3. In kaart brengen typologie van kunstwerken in en grenzend aan het Hoofdwatersysteem.
4. Inventariseren welke (typen) vragen er worden aan netwerkmodellen worden gesteld.
5. Op een rij zetten van kenmerken van de software D-HYDRO (1D / 2D / 3D).

Onderzoeksresultaten en synthese

De oorspronkelijke intentie was om te beginnen met het in kaart brengen van diverse aspecten in relatie tot de doelstelling (zie aanpak). In de eerste project overleggen ontstond daarbij al snel de behoefte om het overleg breder te trekken, en ook ontwikkelaars en gebruikers van de huidige Baseline te betrekken bij de ontwikkeling, evenals mensen die nu actief zijn in het opzetten van de netwerkmodellen.

In een workshop zijn zeer relevante inzichten ontstaan, waardoor een heroriëntatie nodig werd:

- *Wat betreft de ambitie en de scope van het project / de database:* de gedetailleerdheid van de beschrijving van de geometrie van de kunstwerken in de database zou moeten worden afgestemd op de netwerkmodellen in D-Flow FM.
- *Wat betreft het opnemen van data versus het verwijzen naar externe data:* de database is straks leidend; beheerders zullen gegevens naar die database moeten gaan toeleveren; dit is waar de database voor wordt opgezet: om duidelijkheid te krijgen over de situatie die we met het netwerkmodel willen beschrijven.
- *Over sturing van kunstwerken:* verzamel wat je tegenkomt, maar neem het nog niet op in een database (overweeg te zijner tijd aansluiting op data over sturing zoals die in het Instrument voor Waterpeilbeheer (IWP) beschikbaar is).
- *Over de aanpak bij het definiëren van de database:*
 - De initieel gekozen aanpak lijkt niet effectief: een discussie daarover is waarschijnlijk nooit 'klaar'; begin daarom bij de kunstwerken zelf, dan kan de schematisering daarna zoveel mogelijk vragen beantwoorden.
 - Het hydraulisch gedrag van een kunstwerk moet in het netwerkmodel beschreven worden voor de hele range van afvoeren; voor een stuw of een spuisluis gaat dit van nul (= lekdebiet) tot aan de geheel geopende situatie.
 - Werk aan de definitie van de database vanuit twee kanten:
 - vanuit de kunstwerken: verken en rubriceer de bestaande kunstwerken in Nederland, en breng hun kenmerken (afmetingen) in kaart;
 - vanuit de formuleringen: wat is er per type formulering aan invoerparameters nodig; en check of alle bestaande, relevante kunstwerken adequaat beschreven kunnen worden met de beschikbare formuleringen.

De heroriëntatie betekende een onderbreking van de projectuitvoering, en een wijziging in de doelstelling van het project. De belangrijkste stap werd om eerst een nieuwe marsroute te bepalen, waarbij de volgende taken/tussenstappen zijn geïdentificeerd die de weg naar het doel langer lijken te maken:



1. Inventarisatie van de benodigde gegevens;
2. opstellen van een functionele specificatie van de database (dit was het doel voor 2018);
3. een beschrijving van de werkwijze (te zijner tijd te vatten in een routine), waarmee vanuit de database een schematisering van een kunstwerk kan worden gegenereerd;
4. een beschrijving (op hoofdlijnen) van de rollen en verantwoordelijkheden van betrokken partijen: degenen die de data aanleveren en invoeren in de database, degenen die er een netwerkmodel mee genereren, de sturing van het kunstwerk implementeren, de kalibratie uitvoeren en er (project-specifieke) berekeningen mee doen;
5. een beslisdokument voor RWS voor het gaan ontwikkelen van een Baseline-Kunstwerken, inclusief een raming voor de ontwikkeling en de kosten voor Beheer en Onderhoud;
6. het (laten) ontwikkelen van de database;
7. daarna: het (laten) ontwikkelen van de routine voor het automatisch omzetten van de gegevens in de database naar een schematisering van een kunstwerk.

Uiteindelijk is geconcludeerd dat de beste aanpak richting de ambitie zal zijn om te beginnen op een kleinere schaal: een verkennende fase waarin geprobeerd wordt van een beperkt aantal kunstwerken (die tezamen een representatief beeld vormen van het areaal aan kunstwerken in Nederland) de essentiële gegevens te verzamelen en ordenen. Om daarmee toe te werken naar een mogelijke structuur van de database, zonder daarvoor de software te ontwikkelen.

Evaluatie en vooruitblik

In 2018 is de ambitie geformuleerd om ten behoeve van een uniforme en ondersteunende werkwijze een aanvulling op 'Baseline' te ontwikkelen: de bestaande database met bijbehorende routine voor het genereren van netwerkmodellen voor (delen van) het Hoofdwatersysteem. Gezien de complexiteit en diversiteit van kunstwerken, en de grote hoeveelheid gegevens die nodig is om het kunstwerk en het functioneren ervan goed te omschrijven, zal realisatie van een dergelijke database een grote inspanning vereisen. Er zijn vragen gerezen omtrent de benodigde mate van detail van de gegevens in deze database, en omtrent de omgang met gegevens over de sturing van kunstwerken.

Het bleek dat dergelijke vragen moeilijk vooraf te voorzien zijn van een goed antwoord. Om die reden is ervoor gekozen om te beginnen met het beschouwen van een beperkt aantal kunstwerken in een verkennende fase (zie onderzoeksresultaten). Deze aangepaste aanpak (in 2019) moet leiden tot een beeld van de te ontwikkelen database, van de eenduidigheid van een daaruit af te leiden schematisering van een kunstwerk en van de rollen van de betrokken partijen. Daarmee zal ook een idee ontstaan van de haalbaarheid van de gestelde ambities.



Kennisprogramma Natte Kunstwerken
Kennisplan 2018

Kunstwerken in netwerkmodellen

Kennisprogramma Natte Kunstwerken 2018



Kunstwerken in netwerkmodellen

Kennisprogramma Nette Kunstwerken 2018

Otto Weiler

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Resultaten 2017	1
1.3 Ambitie op langere termijn en doelstelling 2018	2
1.4 Verloop van het project in 2018	3
1.5 Leeswijzer	3
2 Aanpak	5
3 Netwerkmodellen, toepassingen, Baseline en kunstwerken	7
3.1 Typen modellen en toepassingen (Taken 1 en 4)	7
3.2 Baseline en werkwijze (Taak 2)	9
3.3 Typologie van kunstwerken (Taak 3)	10
3.4 Rekenen aan kunstwerken in D-Flow (Taak 5)	14
4 Heroriëntatie	17
4.1 Workshop mei 2018	17
4.2 Heroriëntatie	18
4.3 Voorstel aanpak vervolg	19
5 Samenvatting en conclusie	21
6 Referenties	23
Bijlage(n)	
A Kunstwerken in Baseline	A-1
B Typologie van kunstwerken	B-1
C Presentaties Workshop mei 2018	C-1

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Het in dit rapport beschreven onderzoek is een voortzetting van onderzoek in 2017 [1] en maakt, net als vorig jaar, deel uit van het Kennisprogramma Natte Kunstwerken, voor 2018 beschreven in [2]. Het Kennisprogramma is de praktische uitwerking van de NKWK¹-onderzoekslijn 'Toekomstbestendige Natte Kunstwerken'. In het kennisprogramma werken momenteel Deltares, TNO, Marin en RWS samen aan onderwerpen op het gebied van natte kunstwerken (stuwten, sluisen, gemalen en stormvloedkeringen).

Een groot deel van deze kunstwerken bereikt in de komende decennia het einde van de technische levensduur. Er dient zich dan ook een aanzienlijke vervangings- en renovatieopgave van deze kunstwerken aan [3]. Een opgave die niet alleen technisch van aard is, maar die ook rekening moet houden met het functioneren van het kunstwerk in het watersysteem.

Een van de drie hoofdonderwerpen in het Kennisprogramma Natte Kunstwerken betreft de relatie object - systeem. Dit betreft de vragen en eisen die het (water-)systeem stelt aan een kunstwerk en de mate waarin het kunstwerk aan die vragen en eisen tegemoet kan komen, waarmee het kunstwerk (mede) het functioneren van het (water-)systeem bepaalt. Deze aspecten spelen een grote rol bij het beoordelen van de functionele levensduur van een kunstwerk en eveneens bij het beoordelen van varianten voor een aanpassing, vervanging of renovatie van een kunstwerk.

Om het functioneren van een kunstwerk in een watersysteem te onderzoeken is het zeer wenselijk dat het kunstwerk goed beschreven kan worden in een rekenmodel voor het watersysteem. Hoewel dit niet nieuw is, blijkt dat dit in de huidige praktijk nog niet zo goed gaat als wenselijk is.

1.2 Resultaten 2017

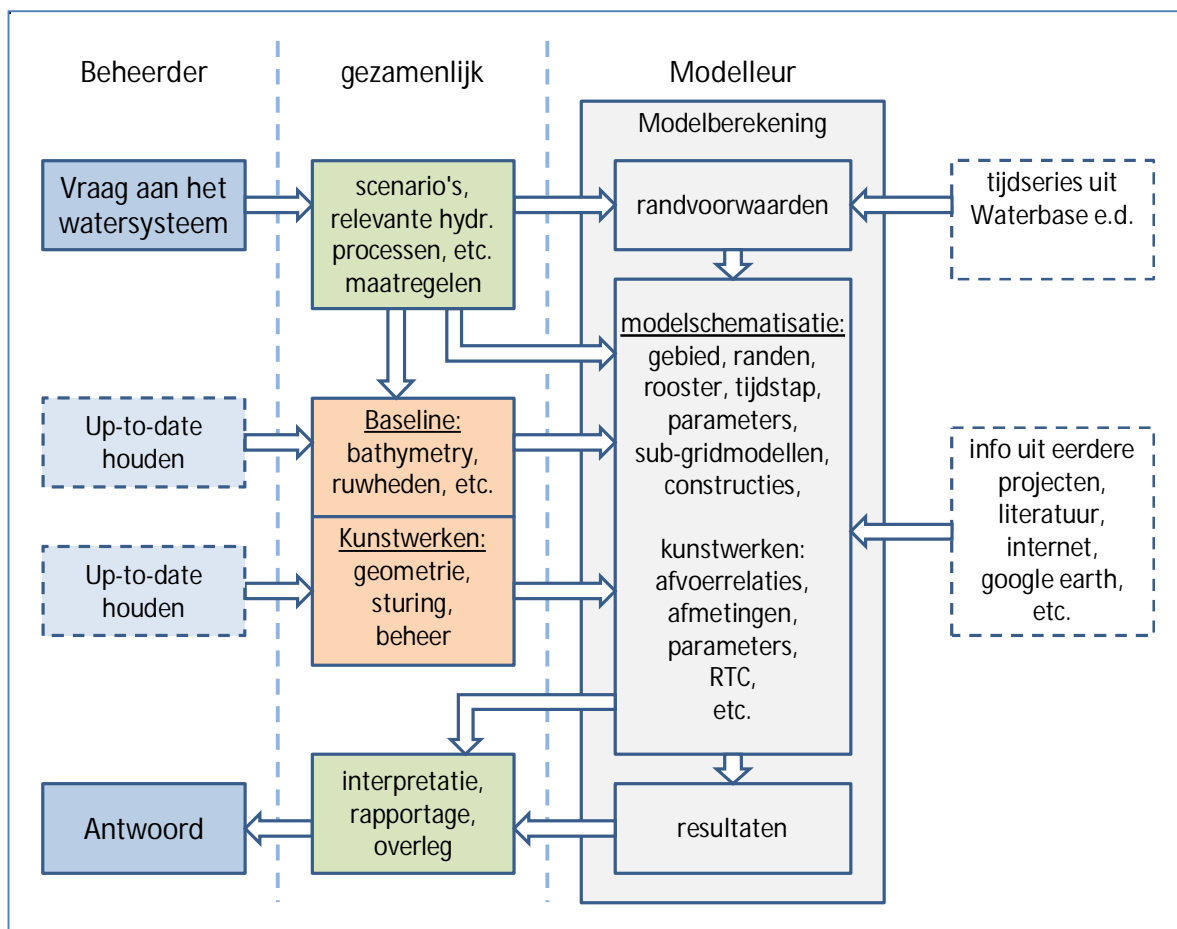
In 2017 is voor dit onderwerp een eerste rapport opgesteld [1]. In dat rapport worden een aantal voorbeelden behandeld van beperkingen aan de huidige werkwijze en de oorzaken en gevolgen daarvan. Belangrijke aspecten zijn dat informatie over kunstwerken niet altijd makkelijk te vinden is, en dat er bij het opnemen ervan in een modelschematisatie veel verschillende keuzes gemaakt kunnen worden, afhankelijk van het doel van die modelschematisatie. Beperkingen in geld en tijd hebben er vaak toe geleid dat de beschrijving van een kunstwerk in een modelschematisatie 'beperkt' is (hoewel steeds goed genoeg voor het specifieke doel). Van een modelschematisatie wordt echter vaak impliciet verwacht dat er ook andere vragen mee te beantwoorden zijn. Dat is nu ook expliciet de ambitie van de 6^e generatie modellen waaraan nu wordt gewerkt (zie Paragraaf 3.1). Onder deze 'andere vragen' vallen ook de vragen die aan de orde kunnen zijn bij het beschouwen van de relatie object - systeem: vragen omtrent de functionele levensduur en vragen omtrent aanpassing, vervanging of renovatie van een kunstwerk.

¹ Nationaal Kennisplatform Water en Klimaat

Deze ambitie vraagt om een meer gedetailleerde beschrijving van de kunstwerken, waarvoor meer informatie nodig is, die vervolgens op een nader uit te werken manier moet worden omgezet in een schematisatie van het kunstwerk. Gezien de complexiteit en diversiteit van kunstwerken en de grote hoeveelheid gegevens die nodig is om de constructie en het functioneren ervan goed te omschrijven is er behoefte aan een gestructureerde en ondersteunde werkwijze om te komen tot goede schematisaties van kunstwerken in de modelschematisaties.

1.3 Ambitie op langere termijn en doelstelling 2018

Na overleg hierover binnen RWS en Deltares is ervoor gekozen om ten behoeve van zo'n ondersteunde werkwijze een aanvulling op 'Baseline' te ontwikkelen: de bestaande database met bijbehorende routine voor het genereren van modelschematisaties voor (delen van) het Hoofdwatersysteem. Deze aanvulling, 'Baseline-Kunstwerken', heeft betrekking op de kenmerken van de kunstwerken in het hoofdwatersysteem. Het streefbeeld voor de beoogde werkwijze en de plaats daarin van een Baseline-Kunstwerken is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 1: streefbeeld toekomstige werkwijze met Baseline-Kunstwerken

Naast het beschouwen van bestaande kunstwerken kan op dezelfde manier ook een aanpassing aan een kunstwerk of een nieuw kunstwerk worden opgenomen in een modelschematisatie van een watersysteem: het aangepaste of nieuwe kunstwerk kan (desgewenst) opgenomen worden in de Baseline-Kunstwerken (vergelijkbaar met de opzet

tijdens Ruimte voor de Rivier), op basis waarvan de schematisatie kan worden aangepast en berekeningen kunnen worden gedaan.

Bij het schrijven van het Plan van Aanpak voor 2018 [2] is als doel gesteld om te komen tot een functioneel ontwerp voor een Baseline-Kunstwerken, en dan specifiek voor de database. In vervolg daarop kan dan gewerkt worden aan:

- Een beschrijving van de werkwijze, t.z.t. te vatten in een routine, waarmee vanuit de database een modelschematisatie kan worden gegenereerd.
- Een beschrijving (op hoofdlijnen) van de rollen en verantwoordelijkheden van betrokken partijen: degenen die de data aanleveren, invoeren in de database, er een schematisatie mee genereren, de sturing van het kunstwerk implementeren, de kalibratie uitvoeren en er (project-specifieke) berekeningen mee doen
- Een beslisdokument voor RWS voor het gaan ontwikkelen van Baseline-Kunstwerken, inclusief een raming voor de ontwikkeling en de kosten voor Beheer en Onderhoud

De omschrijving van de doelstelling voor dit jaar en volgende jaren maakt duidelijk dat de weg tot aan een succesvol werken met de te ontwikkelen Baseline-Kunstwerken nog een lange weg zal zijn.

1.4 Verloop van het project in 2018

Zoals beschreven in het Plan van Aanpak [2] was de intentie om te beginnen met het in kaart brengen van diverse aspecten in relatie tot de doelstelling. Dat betrof de typen modellen en schematisaties in gebruik bij RWS, Baseline, typen kunstwerken, soorten van vragen die gesteld worden aan de modellen en kenmerken van de hydrodynamische software.

In de eerste projectoverleggen ontstond daarbij al snel de behoefte om het overleg breder te trekken, en ook ontwikkelaars en gebruikers van het huidige Baseline te betrekken bij de ontwikkeling, alsmede mensen die nu actief zijn in het opzetten van gebiedsschematisaties. Vanuit die gedachte is een Workshop opgenomen in het Plan van Aanpak om met elkaar van gedachten te wisselen. In het overleg gedurende de Workshop zijn zeer relevante inzichten ontstaan, waardoor een heroriëntatie nodig werd.

De heroriëntatie betekende een onderbreking van de projectuitvoering, en een wijziging in de doelstelling van het project. Het belangrijkste doel werd om eerst een nieuwe marsroute te bepalen.

1.5 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt de Aanpak beschreven: de delen uit het Plan van Aanpak die zijn uitgevoerd en de stappen die zijn voortgekomen uit de Workshop. In Hoofdstuk 3 worden de resultaten beschreven die voortkomen uit de taken uit het Plan van Aanpak voor zover uitgevoerd. In Hoofdstuk 4 worden de Workshop en de inzichten daaruit behandeld, leidend tot een voorstel voor een aanpak voor het vervolg in 2019.

2 Aanpak

Het Plan van Aanpak bevatte o.a. de onderstaande taken, die (geheel of gedeeltelijk) zijn uitgevoerd. Deze taken behelzen een verkenning van de aspecten die van belang zijn voor de netwerkmodellen, hoe men die nu opzet (vanuit het bestaande Baseline), welke kunstwerken men zoal kan (of: wil) beschrijven, de vragen die men dan met die netwerkmodellen wil kunnen beantwoorden en hoe de software daarmee omgaat. Per taak is aangegeven in welk mate de taak is uitgevoerd en waar in dit rapport de bevindingen zijn beschreven.

1. Korte beschrijving van de typen modellen en schematisaties in gebruik bij/voor RWS, waaronder WAQUA-modellen, het Landelijk SOBEK-Model (LSM) en het Distributiemodel (DM, onderdeel van het Landelijk Hydrologisch Model LHM). Daarbij aandacht te besteden aan de actuele ontwikkelingen en ambities met die modellen en de rol die kunstwerken in die modellen spelen.

Deze taak is uitgewerkt in Paragraaf 3.1 van dit rapport.

2. In kaart brengen huidige 'Baseline' en werkwijze daaromheen:
 - a. aard van opzet, structuur en info in Baseline,
 - b. rollen en verantwoordelijkheden van beheerders (RD's) t.a.v. inhoud Baseline
 - c. huidige werkwijze met een routine van 'Baseline' naar een modelschematisatie in 2D en van daar naar 1D en 3D;
 - d. daarin expliciet maken (als voorbeeld vanuit de huidige Baseline naar de uitbreiding voor kunstwerken): relaties tussen info in database en hydraulica van het model (b.v.: ruwheid van bodem en terrein: welke info zit er in de database zit en hoe wordt daarmee gerekend)
 - e. ervaringen in het huidige gebruik

Deze taak is gedeeltelijk uitgewerkt in Bijlage A en in Paragraaf 3.2 van dit rapport.

3. Typologie van kunstwerken in en grenzend aan het hoofdwatersysteem
 - a. review van bestaande indelingen en documenten;
 - b. daarin opnemen de constructies die nu al beschreven worden in Baseline, zoals vaste overlaten, kribben en brugpijlers;
 - c. compleet maken met o.a. stuwen, schutsluizen, spuisluisen, stormvloedkeringen, vistrappen en energiecentrales;

Deze taak is uitgewerkt in Bijlage B en in Paragraaf 3.3 van dit rapport.

4. Welke (typen) vragen worden er gesteld:
 - a. maak een 'long list' van mogelijke vragen
 - b. welke daarvan vragen om berekeningen met een netwerkmodel
 - c. wat zijn daarbij, per type kunstwerk, de te beschrijven hydraulische processen
 - d. is er enige groepering mogelijk, b.v. wat is (op het eerste gezicht) geschikt voor 1D, wat voor 2D en welke processen vragen om een 3D-model
 - e. gevolgen voor database en routine

Deze taak is gedeeltelijk uitgewerkt in Paragraaf 3.1 van dit rapport, in samenhang met de behandeling van de typen modellen en schematisaties van RWS.

5. Kenmerken van de software: D-HYDRO (1D / 2D / 3D)
 - a. typische toepassingen en daarvoor te beschrijven hydraulische processen (zelfde als 4c hierboven, nu vanuit de software), roosterafmetingen, tijdstappen, sub-grid formuleringen, etc.
 - b. kenmerken van de beschrijving van kunstwerken in D-HYDRO:
 - i. welke typen kunstwerken worden er onderscheiden
 - ii. hydraulische aspecten: formuleringen, parameters, kalibratie
 - iii. sturing: D-RTC: sturingsregels en referentielocaties
 - c. gevolgen voor database en tool

Deze taak is gedeeltelijk uitgewerkt in Paragraaf 3.4 van dit rapport.

Zoals gesteld werd al snel duidelijk dat er behoefte was aan een breder overleg, waarop een workshop is georganiseerd. Deze workshop en de heroriëntatie die daarop volgde zijn het onderwerp van Hoofdstuk 4.

3 Netwerkmodellen, toepassingen, Baseline en kunstwerken

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de verkenningen zoals benoemd in Hoofdstuk 2. Zoals ook daar is gesteld: niet alle vragen zijn volledig uitgewerkt zoals daar geformuleerd vanwege de nieuwe inzichten die ontstonden.

3.1 Typen modellen en toepassingen (Taken 1 en 4)

De typen modellen en toepassingen zijn onder te verdelen in een aantal categorieën, die van elkaar verschillen in de tijd- en ruimteschaal, in samenhang met de aard van de vragen die moeten worden beantwoord.

Modellen van heel Nederland

De modellen die heel Nederland beschrijven zijn de modellen met de laagste ruimtelijke en temporele resolutie. Deze modellen maken onderdeel uit van het NHI, het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium [5]. Daaronder vallen het Nationaal Watermodel (NWM) [6] (voorheen aangeduid als het Deltamodel [7]), het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) en het recente model QWAST (Quick Water Allocatie Scan Tool) [8]. In dergelijke modellen worden zeer lange tijdreeksen (tot aan honderd jaar) doorgerekend met een tijdstap van 1 tot 10 dagen. (Op basis van de uitkomsten van dit model worden o.a. uitspraken gedaan over natuur en landbouw.) Door de lage resolutie in ruimte en tijd, betreft de berekening vooral de verdeling van water, niet zozeer de hydrodynamica.

Het Landelijk Hydrologisch Model berekent de lozingen (o.a. door regenval) en de onttrekkingen (o.a. voor het doorspoelen van polders) van en naar de rivieren en kanalen zoals beschreven in het Landelijk Sobek Model (LSM). Met (o.a.) die gegevens kan het LSM dan rekenen aan de waterstanden en afvoeren: daarin wordt wel de hydrodynamica beschouwd, en is de beschrijving van de kunstwerken dus ook relevant. De tijdstap in dat model is dan in de orde van 1 tot 10 minuten. (Op basis van de uitkomsten van dit model worden o.a. uitspraken gedaan over temperatuur, scheepvaart en ecologie.)

In het LSM gaat het primair om de berekening van debieten en waterstanden. Voor delen van West-Nederland zijn er ook modellen waarmee zoutindringing wordt berekend. Het betreft 1D-modellen waarin dus ook de kunstwerken in 1D worden beschreven in termen van waterstand, debiet en (voor sommige delen van Nederland) zout.

Modellen van delen van Nederland

Als we de modellen beschouwen die niet heel Nederland maar een deel van Nederland beslaan, komen we bij een voor RWS belangrijke groep schematisaties: de 2D WAQUA-modellen, o.a. gebruikt voor de berekeningen voor de waterveiligheid. Deze modellen van de zogenaamde 5^e generatie gaan vervangen worden door modellen van de 6^e generatie, en daarmee gaan berekeningen uitgevoerd worden met de nieuwe hydrodynamische software D-Flow FM.

Aan het begin van het proces van het maken van die schematisaties zijn functionele specificaties opgesteld [9]. Dat document biedt op veel punten inzicht in wat er van die schematisaties wordt verwacht, en daarmee wat er van kunstwerken wordt verwacht. Een

aantal onderwerpen die in dat rapport aan bod komen worden hieronder kort aangeduid (in de bewoordingen zoals gebruikt in dat rapport):

- Paragraaf 2.2 (van [9]) bevat een lijst van waterlichamen waarvoor modellen gemaakt moeten worden;
- Paragraaf 2.3 gaat over toepassingen van de modellen en de eisen, wensen en verwachtingen die daarmee samenhangen, die zijn verzameld binnen RWS; onder de wensen wordt ook aandacht gevraagd voor de sturing van kunstwerken;
- Paragraaf 3.4 gaat over kunstwerken en overlaten;
 - er wordt gesproken over D-RTC als generieke module voor sturing, maar ook gaat het over de afvoerrelaties; “Daarnaast is het ook wenselijk om de te gebruiken coëfficiënten en werking van kunstwerken te bespreken met experts. Zodat deze op een betere manier in de modellen worden meegenomen dan in de vijfde generatie het geval is, waar meestal de default instellingen zijn toegepast.”
 - in het tweede deel van de paragraaf gaat het over overlaten: (lijnelementen die op roosterlijnen liggen), en over de overgang op de Villemonte - formulering voor het bepalen van de relatie tussen waterstanden en afvoer over een overlaat.
- In paragraaf 3.5 (processen) wordt gesproken over ‘pilottoepassingen’, waarin vooral aandacht wordt besteed aan stroomsnelheden en waterstanden; later zullen ook meer processen moeten kunnen worden beschouwd
- Als laatste wordt hier Paragraaf 7.4 aangehaald: “...de prioritering van zesde-generatie modelschematisaties komt vanuit WBI2023, waarin de wens is uitgesproken om modellen voor alle watersystemen uiterlijk 2020 in D-HYDRO ter beschikking te hebben.”

3D-modellen

Voor het beantwoorden van bepaalde vragen die spelen in een bepaald gebied kan een 3D-model nodig zijn. Dit is het geval als er sprake is van stratificatie door temperatuur of zoutconcentratie, soms met gevolgen voor de waterkwaliteit. Dergelijke modellen zijn in het algemeen toegespitst op specifieke problemen in het betreffende gebied. Meer nog dan bij 2D-modellen is daarbij steeds een afweging te maken tussen de omvang van het beschreven gebied, de resolutie (in ruimte en tijd) en de resulterende rekentijd. De (meestal) lange rekestijden en de veelheid aan te maken keuzes in modelopzet en instellingen leiden ertoe dat dit specialistische modellen zijn, waarvan het gebruik vaak beperkt blijft tot de vraagstelling waarvoor het model is opgezet. Kunstwerken kunnen daarin een bijzondere rol spelen, bijvoorbeeld waar het gaat over de zoutindringing door schut- en spuisluisen naar het achterliggend gebied of door onttrekking en lozing van koelwater voor energiecentrales of fabrieken.

Detailmodellen (CFD)

Voor de volledigheid worden hier ook de CFD-modellen genoemd (Computational Fluid Dynamics). Dit zijn zeer gedetailleerde modellen van de stroming rond en door een kunstwerk, bedoeld om specifieke lokale processen te onderzoeken en/of krachten op de constructie. Er wordt gerekend met een zeer hoge ruimtelijke resolutie en met zeer kleine tijdstappen. Het rekendomein wordt daarbij noodzakelijkerwijs beperkt gehouden tot de directe omgeving van het kunstwerk. Gezien de focus op lokale processen vallen deze modellen niet onder de term ‘netwerkmodellen’, maar ze kunnen wel een rol spelen bij vragen inzake Vervanging en Renovatie.

Operationele modellen

Operationele modellen zijn er voor een aantal doelen. Voor de voorspelling van de rivierafvoer en bijbehorende waterstanden maak RWS gebruik van 1D-modellen in Sobek (die overigens worden afgeleid van de WAQUA-modellen; zie Paragraaf 3.2). In het voorspellen van afvoeren en waterstanden spelen de kunstwerken een grote rol, en ook de sturing daarvan. Daarnaast worden er 2D-modellen gebruikt voor de voorspelling van o.a. waterstanden op meren, zoals het IJsselmeer. Operationele modellen zijn er ook voor de stofverspreiding bij calamiteuze lozingen, en voor operationeel peilbeheer op meren en kanalen in IWP (Instrument voor waterpeilbeheer).

Samenvattend

De modellen die heel Nederland beslaan zijn (tot op heden) vooral gericht op waterverdeling; iets dat relevant is bij lage afvoeren. Daarnaast bestaan er 1D- (en een aantal 2D-)modellen voor de operationele voorspelling van o.a. waterstanden en afvoer. De 2D-modellen voor delen van het watersysteem zijn (tot op heden) vooral gericht op waterveiligheid: de 6^e generatie modellen zullen ook als eerste voor die toepassing worden gebruikt, maar de ambitie is om deze modellen veel breder in te gaan zetten, en daarvoor moeten die modellen dus ook geschikt gemaakt worden. Tenslotte zijn er 3D-modellen voor bijzondere gebieden waarin stratificatie een rol speelt en CFD-modellen voor het beschouwen van de details van stroming rond en door een kunstwerk.

De 1D, 2D en 3D-modellen en ook de CFD-modellen kunnen ook een rol spelen bij vraagstukken rondom Vervanging en Renovatie, vraagstukken omtrent de eisen die het (water-)systeem stelt aan een kunstwerk en de mate waarin het kunstwerk aan die eisen tegemoet kan komen. Voor een deel van die vragen zullen 1D-modellen geschikt zijn, voor sommige zullen 2D-modellen nodig zijn, en voor weer andere zelfs 3D-modellen of CFD-modellen. Die keuze zal afhangen van welke processen er door het model beschreven moeten worden om het functioneren van het kunstwerken te kunnen beoordelen.

3.2 Baseline en werkwijze (Taak 2)

Bijlage A bevat een korte omschrijving van de opbouw van Baseline: welk soort bestanden bestaan er, wat staat daarin en hoe zijn die bestanden opgebouwd. Wat daaruit duidelijk wordt is dat er in die bestanden al bepaalde kunstwerken zitten, en wel de vaste constructies zoals overlaten, kades en kribben: constructies waarvan de invloed op de waterbeweging wordt beschreven met een afvoerrelatie.

Voor andere kunstwerken, beweegbare constructies zoals stuwen, worden wel de locaties aangeduid (met een lijn), maar er worden verder geen kenmerken of aspecten benoemd: dit is wat er nog ontwikkeld moet worden. Per kunstwerk zou het type benoemd kunnen worden, verwijzend naar de toe te passen afvoerformulering, vervolgens de voor die formulering benodigde afmetingen en coëfficiënten, en tenslotte aspecten die te maken hebben met de sturing ervan. Hiermee is het startpunt voor de ontwikkeling, en de verbinding met het bestaande Baseline, geïdentificeerd.

Een ander relevant aspect is dat 1D modellen worden gemaakt o.b.v. 2D modellen: het in een 1D-model aan te houden dwarsprofiel volgt uit de bodemligging in 2D. Voor kunstwerken (met name de beweegbare constructies) geldt dit echter niet: kunstwerken zijn nu juist vooral beschikbaar in 1D (Sobek) en nog maar beperkt in 2D.

Het lijkt niet heel moeilijk om de omschrijving in de database zo op te zetten dat daar direct een 1D-model van gemaakt zou kunnen worden. Voor een 2D-model wordt het iets lastiger: daar moet de totale afvoer over (b.v.) een stuw worden verdeeld over meerdere cellen naast elkaar (dwars op de rivier). Kijkend in de stroomrichting moet de afvoerrelatie (voor een deel van de totale afvoer) worden gedefinieerd tussen twee aangrenzende roostercellen (een bovenstrooms, een benedenstrooms). Ook dit is nog redelijk rechttoe rechtaan, zolang het rooster goed is uitgelegd op het betreffende kunstwerk, d.w.z. dat de begrenzingen van dat kunstwerk (b.v. de pijlers tussen delen van een stuw) samenvallen met snijpunten van roostercellen (of geacht mogen worden daarmee samen te vallen).

Maar er is een belangrijk verschil tussen 1D en 2D modellen: in 1D modellen worden alle hydraulische verliezen beschreven in de afvoercoëfficiënt, maar in 2D is dat niet zo: daar vind een deel van de dissipatie (energievernietiging, gerelateerd aan de hydraulische verliezen) plaats in het benedenstroomse gebied en wordt dit opgelost op het rooster; dat deel moet dus niet in de coëfficiënt zitten. Dit aspect is vooral relevant bij het uitwerken van de kalibratie, middels de afvoercoëfficiënten, die dus anders zullen zijn voor 1D en 2D, en in 2D afhankelijk kunnen zijn van de resolutie van het rooster. Dit zal nadere aandacht vragen.

Dat zelfde aspect speelt ook in een 3D-model; daar wordt de dissipatie energie alleen in het horizontale vlak, maar ook in het verticale vlak deels opgelost in het rekenmodel benedenstrooms van het kunstwerk, en dat zal aanleiding geven tot een weer andere afvoercoëfficiënt in de afvoerrelatie voor het kunstwerk zelf.

De informatie omtrent de geometrie van een kunstwerk die beschikbaar is voor een 1D- of een 2D-model zal in de basis ook geschikt zijn voor een 3D-model. Het debiet moet dan niet alleen worden verdeeld over cellen naast elkaar, maar ook over cellen boven en onder elkaar. Dat veronderstelt dat de stroming door een kunstwerk zich binnen die laag blijft bewegen, dus dat het water zich ter plaatse van het kunstwerk min of meer horizontaal beweegt. Dat is mogelijk niet altijd het geval. Het kan dus zijn dat voor een goede schematisatie van een kunstwerk in een 3D-model meer nodig is. Wat dat is, en hoe daarmee om te gaan is nog niet op voorhand te zeggen. Dat hoeft echter nog niet persé consequentie te hebben voor de aard van de informatie in de database.

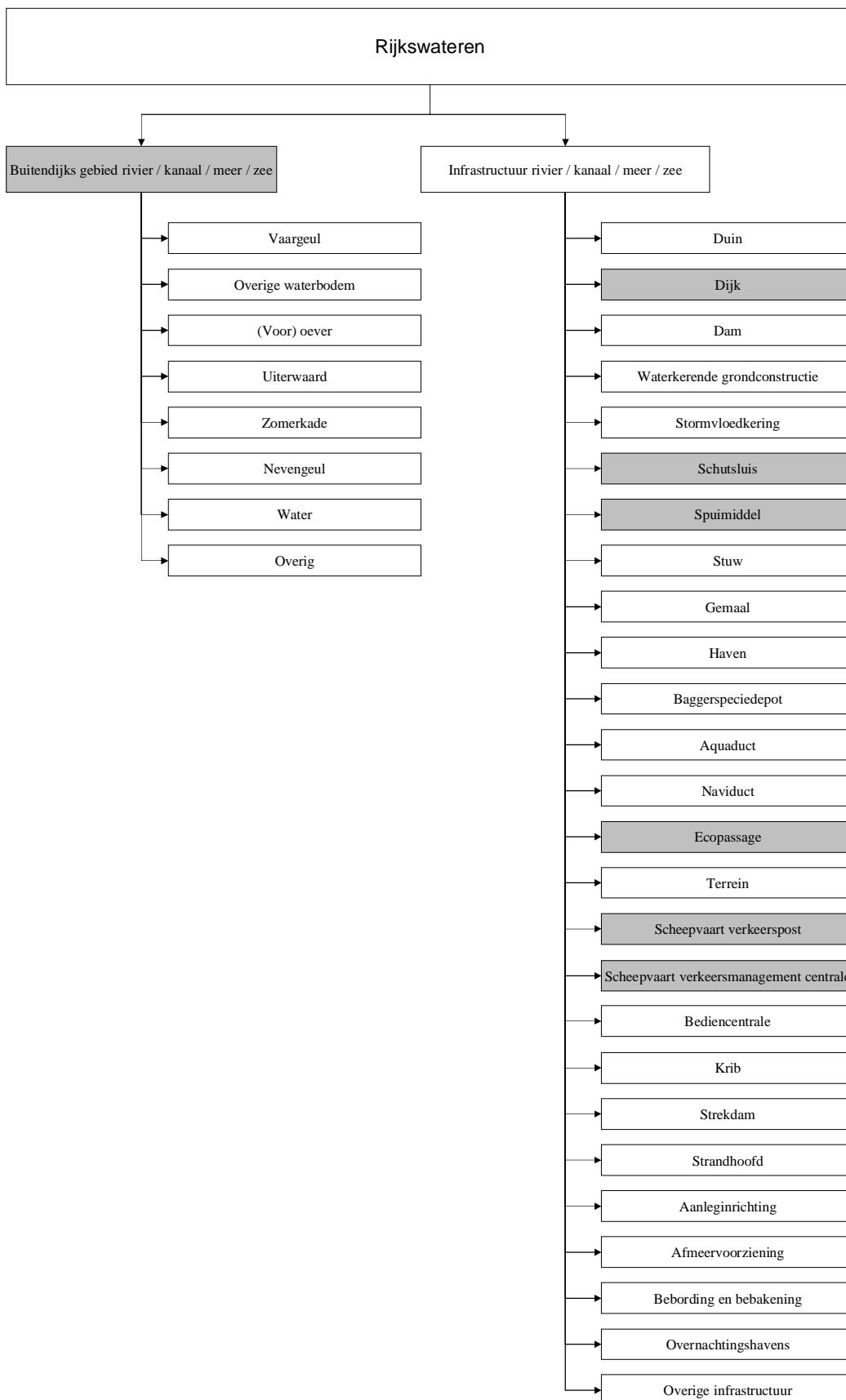
De mate van detail voor het maken van een CFD model is van een andere orde dan wat er nodig is voor een 1D-, 2D- of 3D-(netwerk)model. Voor het opzetten van een CFD-model zullen tekeningen (evt. autocad-bestanden of vergelijkbaar) nodig zijn. Het lijkt niet zinnig om een database te ontwikkelen die in staat is om die mate van detail te bevatten. Eventueel zou de database wel dergelijke bestanden kunnen bevatten.

3.3 Typologie van kunstwerken (Taak 3)

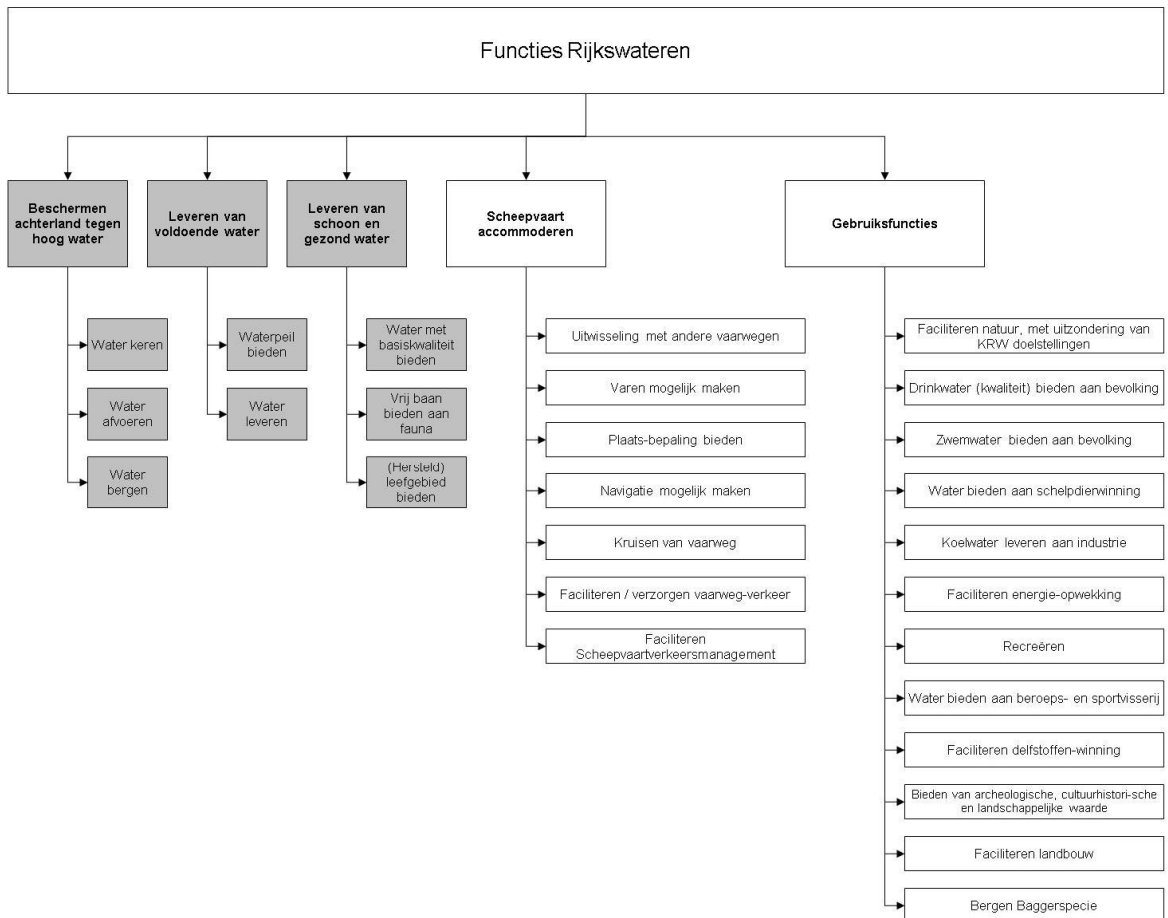
Er bestaat in Nederland (en daarbuiten) een enorme verscheidenheid aan kunstwerken. Hydraulische functies, bijvoorbeeld het handhaven van een waterstand, kunnen op verschillende manieren worden gerealiseerd, met een stuw of met een spuisluis. En binnen zulke categorieën zijn weer vele varianten in de uitvoering daarvan: een overstortende stuw (b.v. de Poirée-stuwen in de Maas) of een onderlossende stuw (b.v. de vizierstuwen in de Nederrijn) of mengvormen daarvan (b.v. de Stony-schuiven die onderdeel uitmaken van de stuwen in de Maas). Er is daarom behoefte aan een typologie: een indeling in soorten en subsoorten, waarmee een verbinding wordt aangebracht tussen (aan de ene kant) het werkelijke object, naar (aan de andere kant) de te hanteren afvoerrelatie. Daartussenin zit de rubricering en naamgeving naar functie en naar de manier waarop die functie wordt gerealiseerd.

Bij de ontwikkeling van D-Flow FM is ook aandacht besteed aan de kunstwerken: de verzameling kunstwerken in SOBEK is geordend naar een aantal 'hoofdtypen', waaraan ook namen zijn gegeven [10]. Deze namen zijn verbonden aan de afvoerrelatie die wordt gebruikt bij het berekenen van de afvoer op basis van (o.a.) de waterstanden aan weerszijden. In dat memo worden per type ook voorbeelden gegeven van concrete kunstwerken, met foto's, maar die beperkte set aan voorbeelden is daarmee niet compleet (dat was ook niet het doel van dat memo).

Een meer complete lijst van kunstwerken is gevonden in de Basisspecificatie Rijkswateren van 2015 [11], later opgevolgd door de Basisspecificatie Rijkswaterstelsel van augustus 2017 [12]. Met name de eerdere versie van dit document [11] bevat een voor ons doel bruikbare uitsplitsing naar objecten, zie Figuur 3.1, en ook naar functies, zie Figuur 3.2.



Figuur 3.1 Objectenboom Rijkswateren, Figuur 2-1 uit [11]



Figuur 3.2 Functieboom Rijkswateren, Figuur 2.6 uit [11]

De uitsplitsing naar objecten, onderverdeeld in 'Buitendijksgebied' en 'Infrastructuur' gaat vergezeld van definities van de genoemde objecten, waaronder de kunstwerken. Deze definities zijn uitgangspunt geweest bij het opzetten van een typologie zoals uitgewerkt in Bijlage B.

N.B. In dat memo is onderscheid gemaakt naar vaste constructies en beweegbare constructies. Op basis van de behandeling van de kunstwerken in de software, zie [10] en Paragraaf 3.4, lijkt het wenselijk om in een volgende versie hiervan een verdere rubricering door te voeren, te weten:

- water door een koker:
 - duiker, siphon of hevel, of door een gemaal, of energiecentrale
- water over een drempel, een 'lijnelement':
 - vast: coupure, krib, overlaat, kade, 'regelwerk' (bv Pannerden);
 - beweegbaar: een stuw (bv. Poirée), inlaat Veessen;
- water onder een verticaal beweegbare schuif:
 - stuw (b.v. Nederrijn), spuisluis, keersluis, stormvloedkering;
- water langs een horizontaal beweegbare schuif:
 - Maeslantkering, keersluis met roldeur (Zwartsluis, Meppelerdiepsluis);
- water door een schutsluis (schutdebiet);
- brugpijler(-s).

In genoemde Basisspecificaties ([11] en [12]) worden vervolgens zogenaamde koppeltabellen gepresenteerd: welke objecten spelen een rol bij welke functie. In 2015 [11] is dit nog een enigszins overzichtelijke tabel, in 2017 [12] wordt deze tabel al zeer omvangrijk, waarbij dan ook wordt aangegeven dat hij nog niet compleet is.

Voor dit project was dit een belangrijke aanwijzing dat de gekozen insteek, zoals omschreven in Hoofdstuk 2, zou kunnen vastlopen: het redeneren vanuit functies (lees voor dit project: vragen aan het netwerkmodel) naar objecten (kunstwerken) zou kunnen uitmonden in een overvloed aan details.

3.4 Rekenen aan kunstwerken in D-Flow (Taak 5)

Zoals hierboven al gesteld: ten behoeve van de ontwikkeling van D-Flow FM is de verzameling kunstwerken in SOBEK is geordend naar een aantal 'hoofdtypen', waaraan ook namen zijn gegeven [10]. Het resultaat van die ordening is hieronder weergegeven. (De tabel en de toelichting zijn integraal overgenomen uit [10], zij het dat de naam NGHS (Next Generation Hydrodynamic Software) is vervangen door D-Flow.)

Tabel 3.1 Tabel uit [10] : de voorgestelde indeling van kunstwerken in typen en de naamgeving daarvan

Lees de tabel als volgt. De modelleur wil een kunstwerk modelleren. Hij kiest dit in de eerste kolom (real world). In de tweede kolom is een voorstel gedaan met welk D-Flow-object hij dit kunstwerk kan modelleren. De derde kolom bevat nadere toelichting.

real world	Naam in D-Flow	toelichting
Stuw (weir) overlaat met het karakter van kunstwerk, ook niet beweegbare stuw	Weir	Beweegbaar. De Weir wordt 'gesnapt' naar het 1D-netwerk of cel-randen. Water stroomt over het kunstwerk heen. Er wordt een kunstwerkformule toegepast.
Overlaat (low weir, rock ramp, river bottom slide, sill, groyne/krib, overlooppunt op een zomerdijk)	Fixed weir	Niet beweegbaar. Alleen 2D/3D, polyline (met hoogte) die 'gesnapt' wordt naar cel-randen (geen kunstwerk, maar meer een onderdeel van het elevation model), andere numerieke afhandeling dan weir, maar wel met een kunstwerkformule, eenvoudigere input.
Sluisdeur (gate), onderlaat, orifice	Gate 1D: gated weir 2D: 2D gate	Beweegbaar (horizontaal en/of verticaal). Water stroomt onder het kunstwerk door of ertussen door. Een gate kan ook overtoppen. Gate moet een beweegbare crest level én een beweegbare gate hebben (horizontaal en verticaal)
Kering (flood barrier)	<i>geen specifiek kunstwerk</i>	<i>de modelleur moet een kering samenstellen uit de beschikbare kunstwerkobjecten (compound, composite)</i>
Intake / outfall (energiecentrale)	Intake / outfall	lateral source/sink gekoppeld (bypass), geen kunstwerkformule, maar laterale onttrekking. In SOBEK3 ook wel als lateralen gekoppeld met sturingsregel (D-RTC).
Gemaal	Pump (alleen 1D, graag ook in 2D)	heeft een aan- en afslagpeil, zit net als een weir in het kanaal. In SOBEK 3 (tot 3.2) is aan-/afslagpeil geen onderdeel van de pomp zelf! (wordt gemodelleerd met D-RTC)
Brug	Bridge (alleen 1D)	
Current Deflection Wall (CDW)	CDW	niet beweegbaar, zie toelichting Delft3D
Duiker met een klep (RWS: inlaatsluis)	Culvert	niet beweegbaar, open of deels dicht.
Orifice (gesloten profiel)	orifice (pipe flow)	Een klep in gesloten profiel

In het memo [10] wordt vervolgens per type in een uitwerking aangegeven welke kenmerken / attributen (parameters) nodig zijn om een berekening te kunnen maken: dit betreft o.a. de hoofdafmetingen van de kunstwerken.

Zoals blijkt uit de toelichting boven de tabel zal de modelleur een ‘type’ moeten kiezen. Dit zal ook een rol spelen bij het opzetten van de database: met wat er wordt ingevuld in die database moet die keuze gemaakt worden; alleen dan kan gewaarborgd worden dat de gegevens in de database op eenduidige en reproduceerbare wijze worden omgezet naar een modelschematisatie. Of dit, gezien de grote diversiteit in de bestaande kunstwerken, een haalbare doelstelling is, is eigenlijk nog maar de vraag, en deze vraag is mede aanleiding tot de heroriëntatie zoals in dit rapport beschreven.

Verder ontbreekt in deze lijst de schutsluis. Tot op heden is een schutdebiet, voor zover relevant, ingebracht als een pomp: het grote gemak daarvan is dat hierbij direct het debiet is voor te schrijven. Op veel plaatsen zal dat een adequate beschrijving leveren. Echter, daar waar een schutsluis een verbinding vormt tussen een kanaal of meer (zoet, vast waterpeil) en een rivier (waterstand afhankelijk van rivierafvoer) of buitenwater (zoutwater, getij) is dit debiet niet vast, en kan er bovendien sprake zijn van zoutindringing. Hiervoor wordt gewerkt aan de zogenaamde Zeesluisformulering [13]. Het is de bedoeling dat deze formulering t.z.t. wordt ingebracht in D-Flow om het schutdebiet en de zoutindringing te berekenen op basis van de randvoorwaarden (waterstanden en zoutgehalten), de afmetingen van de sluis(kolk(-en) en de schutoperatie.

4 Heroriëntatie

4.1 Workshop mei 2018

In de loop van de tijd, werkend aan de aspecten zoals benoemd in Hoofdstuk 2 en uitgewerkt in Hoofdstuk 3, werd het voor de direct betrokkenen bij RWS en Deltares steeds duidelijker dat bij het realiseren van een uitbreiding op Baseline erg veel aspecten een rol zouden kunnen spelen. Dit betrof o.a. de complexe relatie tussen de functies en de objecten in het watersysteem, te beschrijven in netwerkmodellen (zie Paragraaf 3.3) en ook de complexiteit in typen kustwerken en daarbij te hanteren parameters (zie Paragraaf 3.4).

Om daar een beter beeld van te krijgen ontstond de behoefte aan een breder overleg, waarbij meer mensen die een rol spelen bij Baseline en bij netwerkmodellen zouden moeten aanschuiven. Het gesprek zou moeten gaan over de ambities van RWS met de 6^e generatie modellen en de ambities in de projecten onder het Kennisprogramma Natte Kunstwerken versus de mogelijkheden (wat kan er nu al wel) en de 'uitdagingen' (wat kan er nu nog niet) met kunstwerken in de software en in de netwerkmodellen. Dit zou moeten bijdragen aan een efficiënte en effectieve voortgang in het project.

Bij het contact leggen met een bredere kring betrokkenen bleek dat er twee documenten beschikbaar zijn, beiden opgesteld in opdracht van c.q. in samenwerking met RWS en beiden met de status concept. Het betreft: "Keringen en regelwerken in Watermodellen ten behoeve van Veiligheid" van juli 2014 [14] en "Kunstwerken in Watermodellen" van augustus 2016 [15]. In deze twee documenten is al heel veel informatie over de kunstwerken bijeengebracht (in zekere zin zijn ze al te beschouwen als een database). Echter, het feit dat ze nog de status 'concept' hebben geeft aan dat er nog gezocht wordt naar de definitieve vorm om deze gegevens vast te leggen, beschikbaar te maken en te onderhouden.

Op 24 mei 2018 is een Workshop gehouden, waarbij de volgende personen aanwezig waren:

Vanuit RWS:

- Herbert Berger, WVl
- Roel Burgers, WVl
- Yann Friocourt, WVl
- Martin Scholten, WVl
- Sacha de Goederen, WNZ
- Zaïd Bashir, WVl

Vanuit Deltares:

- Jaco Stout, DSC
- Aukje Spruyt, ZWS
- Jurjen de Jong, ZWS
- Tommaso Boschetti, HYE-H2I
- Otto Weiler, HYE-H2I
- Erik Ruijgh, HYE-H2I

Tijdens de workshop is gediscussieerd aan de hand van twee presentaties, opgenomen in Bijlage C: de eerste vanuit het project, en de tweede, als voorbeeld case, over het schematiseren van een van de stuwen in de Maas. De discussie is samengevat in een 3^e presentatie, ook opgenomen in Bijlage C.

Enkele punten uit die samenvatting zijn hieronder kort opgesomd:

Over de ambitie en de scope van het project / de database:

- de gedetailleerdheid van de beschrijving van de geometrie van de kunstwerken in de database af te stemmen op de netwerkmodellen in D-Flow FM; (dus niet alle details van de geometrie die je eventueel zou willen meenemen in een CFD-model; daarvoor b.v. een verwijzing naar tekeningen van het kunstwerk).

Over het opnemen van data versus het verwijzen naar externe data (o.a. tekeningen):

- de database is straks leidend; beheerders zullen gegevens naar die database moeten gaan toeleveren; dit is waar de database voor wordt opgezet: om duidelijkheid te krijgen over de situatie die we met het netwerkmodel willen beschrijven;

Over sturing van kunstwerken:

- verzamel wat je tegenkomt, maar neem het nog niet op in een database;
 - overweeg t.z.t. aansluiting op data over sturing zoals die beschikbaar is in IWP;

Over de aanpak bij het definiëren van de database:

- de initieel gekozen aanpak, redenerend vanuit doelen, vragen en te beschrijven processen, lijkt niet effectief: een discussie daarover is waarschijnlijk nooit 'klaar'; begin daarom bij de kunstwerken zelf, dan kan de schematisatie daarna zoveel mogelijk vragen beantwoorden;
- het hydraulisch gedrag van een kunstwerk (vaak een debiet op basis van waterstanden) moet beschreven worden voor de hele range van afvoeren; voor een stuw of een spuisluis gaat dit van nul (= lekdebet) tot aan de geheel geopende situatie;
- werk aan de definitie van de Database vanuit twee kanten:
 - vanuit de kunstwerken: verken en rubriceer de bestaande kunstwerken in Nederland, en breng hun kenmerken (afmetingen) in kaart;
 - vanuit de formuleringen: wat is er per type formulering aan invoerparameters nodig; en check of alle bestaande, relevante kunstwerken adequaat beschreven kunnen worden met de beschikbare formuleringen.

4.2 Heroriëntatie

De verschillende overleggen en de workshop hebben geleid tot een beter beeld van de uitdagingen die verbonden zijn aan dit project; uitdagingen die vragen om het heroverwegen van de gekozen aanpak: waar willen naar toe, en hoe komen we daar.

De doelstelling kan in het kort als volgt omschreven worden: te komen tot **een goede beschrijving van kunstwerken in de netwerkmodellen**, op de eerste plaats de kunstwerken van RWS in het Hoofdwatersysteem. Hierbij is het ontwikkelen van een database, Baseline-Kunstwerken, voorgesteld als een middel om dit doel te bereiken.

Maar wanneer is die beschrijving 'goed'? Er zijn een aantal aspecten geïdentificeerd die daarbij een rol spelen:

- de beheerders moeten in staat gesteld worden de juiste gegevens van de kunstwerken aan te leveren en te onderhouden; dat vraagt om een gestructureerde database;

- vanuit de database moet het mogelijk zijn om op eenduidige wijze een modelschematisatie te maken in D-Flow, in 1D, 2D of 3D;
- met die modellen moeten uiteenlopende vragen kunnen worden beantwoord: vragen die uiteenlopen in omstandigheden (hoge of lage afvoer) en functies (veilig, voldoende, schoon en vlot) maar ook vragen aangaande Vervanging en Renovatie.

De onderstreepte woorden vragen daarbij weer om een nadere uitwerking, en daarbij zijn al een paar vragen naar voren gekomen, waaronder (1) de keuze door de beheerder van het type kunstwerk, doorwerkend naar de te gebruiken afvoerrelatie, en (2) over wat er nodig is in de beschrijving van een kunstwerk voor het beantwoorden van uiteenlopende vragen (zie de koppeltabellen tussen object en functie).

Nog los daarvan, om het doel te bereiken zijn gaandeweg een aantal taken / tussenstappen geïdentificeerd, waarmee de weg naar het doel langer lijkt te worden:

- 1 Inventarisatie van de benodigde gegevens;
- 2 opstellen van een functionele specificatie van de database (dit was het doel voor 2018);
- 3 een beschrijving van de werkwijze (t.z.t. te vatten in een routine), waarmee vanuit de database een modelschematisatie kan worden gegenereerd;
- 4 een beschrijving (op hoofdlijnen) van de rollen en verantwoordelijkheden van betrokken partijen: degenen die de data aanleveren en invoeren in de database, degenen die er een schematisatie mee genereren, de sturing van het kunstwerk implementeren, de kalibratie uitvoeren en er (project-specifieke) berekeningen mee doen;
- 5 een beslisdokument voor RWS voor het gaan ontwikkelen van een Baseline-Kunstwerken, inclusief een raming voor de ontwikkeling en de kosten voor Beheer en Onderhoud;
- 6 het (laten) ontwikkelen van de database;
- 7 daarna: het (laten) ontwikkelen van de routine voor het automatisch omzetten van de gegevens in de database naar een modelschematisatie.

En tenslotte is er nog het aspect van de sturing van de kunstwerken: cruciaal voor bepaalde modellen / toepassingen, maar nog complexer dan de kunstwerken zelf.

Al met al is geconcludeerd dat de kans groot is dat de uitvoering van dit traject vast zou ophopen op iets dat nu nog niet in beeld is. Daarom is geconcludeerd dat de beste aanpak nu is om te beginnen op een kleinere schaal: een verkennende fase waarin geprobeerd wordt van een beperkt aantal kunstwerken de essentiële gegevens te identificeren (dus nog zonder daarvoor software te ontwikkelen). Dit moet leiden tot een beeld van de te ontwikkelen database, van de eenduidigheid van een daaruit af te leiden modelschematisatie en van de rollen van de betrokken partijen. Daarmee zou ook een idee ontstaan van de haalbaarheid van het gestelde doel.

4.3 Voorstel aanpak vervolg

In een bespreking op 29 november 2018 is deze aanpak doorgenomen. Hieronder worden een aantal aspecten kort aangeduid. In het Plan van Aanpak voor 2019 zal een en ander nader worden uitgewerkt.

Selectie kunstwerken:

Een beperkte selectie te maken van de kunstwerken waarvan we de geometrie en het gebruik (sturing) goed willen beschrijven. Die keuze te baseren op:

- hoe cruciaal zijn de kunstwerken in het systeem;
- hoe makkelijk is het de benodigde informatie te vinden;
- de totale selectie kunstwerken zou een dwarsdoorsnede moeten geven van de belangrijkste typen en functies in het Hoofdwatersysteem;
- we beschrijven in beginsel de volledige complexen (voorbeeld: stuw + schutsluis + gemaal + vistrap + WKC)

Doelen en mate van detail:

De kunstwerken verschillen van elkaar in hun doel of doelen (met name: hun bijdrage aan het functioneren van het watersysteem) en daarmee verschilt de mate van detail die nodig is om dat functioneren van het kunstwerk te beschrijven.

- Om daarbij de gedachten te bepalen worden de volgende gebruiksdoelen geformuleerd voor de (uiteindelijk) te maken modelschematisaties:
 - met de huidige geometrie en sturing van de kunstwerken: het berekenen van waterstanden, afvoeren en stofverspreiding over het hele bereik aan afvoeren;
 - hiermee ook: bepalen van 'einde functionele levensduur'; d.w.z. het opzoeken van de grenzen onder andere randvoorwaarden (o.a. hogere of lagere afvoeren); eventueel met aanpassing van de besturing van het kunstwerk;
 - verkennen van opties voor vervanging/renovatie/onderhoud: wat kan er bereikt worden met een verandering in het kunstwerk zelf (geometrie, vormgeving, afvoercoëfficiënt).
- Na te denken over de mate van detail in de beschrijving zoals op te nemen in een database c.q. op te nemen in de modelschematisatie. Bijvoorbeeld: hoe modelleer je de stuw bij Grave? Elk schot apart (5 m breed)? Dat lijkt niet zinnig gezien het rekenrooster voor de 6e generatiemodellen (cellen van orde 20m breed). Het andere extreem is: de hoogte beschrijven over de hele breedte van de stuw, maar wat gooi je dan aan informatie weg? Welke informatie is nodig om welke functie te beschrijven c.q. welke vraag te beantwoorden?

Door aan de slag te gaan met een beperkt aantal kunstwerken zou een beeld moeten ontstaan van welke informatie er per kunstwerk nodig is en waar dat door bepaald wordt. Dit zou moeten leiden tot een beeld van de database en van de taak van de beheerders: wat zouden ze moeten aanleveren, om welke vragen te kunnen beantwoorden.

Als voornemen is uitgesproken om begin 2019 hier direct een begin mee te maken om na ca. 3 maanden een eerste evaluatie te doen op basis waarvan de acties in de rest van het jaar verder kunnen worden bepaald.

5 Samenvatting en conclusie

In 2018 is de ambitie geformuleerd om ten behoeve van een uniforme en ondersteunde werkwijze een aanvulling op 'Baseline' te ontwikkelen: de bestaande database met bijbehorende routine voor het genereren van modelschematisaties voor (delen van) het Hoofdwatersysteem. Gezien de complexiteit en diversiteit van kunstwerken en de grote hoeveelheid gegevens die nodig is om de constructie en het functioneren ervan goed te omschrijven zal realisatie van een dergelijke database een grote inspanning vereisen. Er zijn vragen gerezen omtrent de benodigde mate van detail van de gegevens in een dergelijke database, en omtrent de omgang met gegevens over de sturing van kunstwerken.

Het bleek dat dergelijke vragen moeilijk vooraf te voorzien zijn van een goed antwoord. Om die reden is ervoor gekozen om te beginnen met het beschouwen van een beperkt aantal kunstwerken, die tezamen een representatief beeld vormen van het areaal aan kunstwerken in Nederland. Van die kunstwerken zullen de relevante gegevens worden verzameld en geordend om daarmee toe te werken naar een mogelijke structuur van de database. Daarbij zal ook meer duidelijkheid ontstaan over de taak van de beheerder: welke informatie moet er worden aangeleverd om welke vragen te kunnen beantwoorden.

6 Referenties

- [1] "Schematisatie van Kunst- en Regelwerken in numerieke modellen - Werken aan een generieke methode", Migena Zagonjoli, Ida de Groot - Wallast, Remi van der Wijk, 11200741-002, Deltares, december 2017
- [2] "Kennisprogramma Natte Kunstwerken, Kennisplan 2018", Definitief, 20 maart 2018
- [3] "Prognose rapport: Zie n:\Teams\Marktteams\Kunstwerken\Prognoserapport_VenR_2016_21_feb_2017.pdf"
- [4] Memo: "Kunstwerken in Netwerkmodellen - Plan van Aanpak - KpNK 2018", Otto Weiler, 11200741-002-HYE-0004, Deltares, 19 april 2018
- [5] <http://www.nhi.nu/nl/>
- [6] <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/applicaties-per/watermanagement/watermanagement/nationaal-water/>
- [7] "The Delta Model for Fresh Water Policy Analysis in the Netherlands", Geert Prinsen, Frederiek Sperna Weiland, Erik Ruijgh, Water Resources Management, January 2015
- [8] "Validatie QWAST-Nederland, Quick Water Allocatie Scan Tool voor inzet in Knelpuntenanalyse 2.0", Corine ten Velden, Peter Gijsbers, 11200588-025, Deltares, voorlopig, juni 2017
- [9] "Advies voor algemeen functioneel ontwerp voor de 6e-generatie modellen van RWS", A. Spruyt et al., 1230071-011, Deltares, december 2016
- [10] Memo "Naamgeving kunstwerken D-Flexible Mesh", B. Becker, 1205718-000-DSC-0093-v10, Deltares, maart 2017
- [11] "Basisspecificatie Rijkswateren", RWS-GPO, Versie 5.2, december 2015
- [12] "Basisspecificatie Rijkswatersysteem", RWS-GPO, Versie 5.6, augustus 2017
- [13] "Zoutindringing door schutsluizen, overzicht projecten en aanzet formulering t.b.v. netwerkmodellen, Kennisprogramma Natte Kunstwerken 2017", Otto Weiler, 11200741-003, Deltares, juni 2018
- [14] "Keringen en regelwerken in Watermodellen ten behoeve van Veiligheid", Martin Scholten (RWS-WVL), Aukje Spruyt (Deltares), David Kerkhoven, (Deltares), Deltares ref. 1209448, Juli 2014
- [15] "Kunstwerken in Watermodellen", J. Groenenboom, D. Kerkhoven, 1230072, Deltares, Augustus 2016

A Kunstwerken in Baseline



Memo

Datum 14 juni 2019	Ons kenmerk 11200741-000-HYE-0005	Aantal pagina's 14
Contactpersoon Tommaso Boschetti	Doorkiesnummer +31(0)88 335 7347	E-mail Tommaso.Boschetti@deltares.nl
Onderwerp Kunstwerken in Baseline		

1 Inleiding

Baseline 5 is een combinatie van een ArcGIS extensie en een geografische database, bedoeld voor de opslag, het raadplegen, het bewerken en het presenteren van riviergegevens die worden gebruikt bij het uitvoeren van berekeningen met hydraulische modellen, zoals Waqua, Delft3D en SOBEK.

In Baseline worden de ruimtelijke gegevens zo opgeslagen dat een adequate geografische beschrijving van een gebied wordt verkregen. Deze gebiedsbeschrijving wordt vervolgens door middel van een aantal conversie functies, onderdeel van Baseline, omgezet in verschillende invoerbestanden voor Waqua, SOBEK, Delft3D of SWAN.

Alle functies zijn erop gericht om op eenduidige wijze ruimtelijke gegevens om te kunnen zetten naar hydraulische model-schematisatie bestanden. Op basis van hoogtegegevens is het bijvoorbeeld mogelijk om een digitaal hoogtemodel aan te maken. Een ander voorbeeld is de mogelijkheid om op basis van ecotopenkaarten een initiële waarde voor de ruwheid van het winterbed te bepalen. Door het formaliseren van procedures en het goed gedocumenteerde datamodel is een hoge graad van reproduceerbaarheid van de schematisaties verkregen.

2 Baseline en stromingsmodellen

In dit Hoofdstuk worden de verschillende hydraulische modellen geïntroduceerd waar Baseline gebruikt wordt voor het aanmaken van de invoerbestanden. Vier modellen zijn hier toegelicht: Sobek, Waqua, Delft3D en SWAN.

2.1 Sobek

Sobek is een numeriek programma voor het simuleren van waterbeweging, sedimentbeweging, waterkwaliteit en zoutbeweging in 1 dimensie in geschematiseerde open waterlopen. Het watersysteem dient in Sobek te worden gedefinieerd als een stelsel van knopen en takken die op een logische manier aan elkaar gekoppeld is.

Een essentieel onderdeel van de model schematisatie is de weergave van de riviergeometrie. Deze driedimensionale geometrie moet op een verantwoorde en reproduceerbare wijze worden

omgezet naar representatieve dwarsdoorsneden voor trajecten langs de as van de rivier. Met behulp van ruimtelijke gegevens opgeslagen in Baseline, een bijbehorende Waqua berekening en de Baseline functie "*Waq2Prof*" kunnen dwarsprofielen worden gegenereerd in een formaat dat door Sobek gebruikt kan worden. De rivier wordt daartoe in vakken opgedeeld en voor ieder vak wordt een, over de lengte (Δx , gemeten over de rivieras) gemiddeld, dwarsprofiel gegenereerd. Samen met aanvullende kenmerken als ruwheden, laterale instroming en stuwen kan vervolgens een Sobek model worden gebouwd.

2.2 Waqua

Waqua is een hydrodynamisch simulatiesysteem voor het berekenen van de waterbeweging, waterkwaliteit, temperatuur en het sedimenttransport in 2 dimensies. De software wordt doorgaans gebruikt voor de berekening van één of meerdere van de voorgenoemde parameters in grote wateren als zeeën, meren of rivieren.

Voor 2D modellen is een accurate schematisatie van de geometrie essentieel. Om betrouwbare modelresultaten te verkrijgen, is het noodzakelijk dat de 2D geometrie op een verantwoorde en reproduceerbare wijze wordt omgezet in een model schematisatie.

Met Baseline worden Waqua-bestanden gegenereerd die bruikbaar zijn voor het opbouwen van het Waqua model.

In feite worden verschillende gebiedskenmerken getransformeerd naar Waqua-roosterlocaties (m,n coördinaten en u,v richtingen) zodat ze in Waqua te importeren zijn.

2.3 Delft3D

Delft3D is een softwarepakket met verschillende modules zoals een 2D- en 3D-stromingsmodule, een 2D-golfmodule, een 3D-waterkwaliteits- en slibtransportmodule en een 2D-morfologische module.

De verwerking van gebiedsgegevens naar Delft3D wijkt nauwelijks af van die naar Waqua. Enige verschil zijn de andere modelbestanden en het ontbreken van het kunstwerken "object" voor Delft3D.

In feite worden verschillende gebiedskenmerken op een vergelijkbare manier als voor Waqua getransformeerd naar Delft3D roosterlocaties (m,n-coördinaten en u,v-richtingen) zodat ze in Delft3D te importeren zijn.

2.4 SWAN

SWAN is een numeriek golfmodel voor de simulatie van golven in diep, matig en ondiep water. Het pakket kan gebruikt worden om de golfvorming, voortplanting en niet-lineaire golf-golf interactie te simuleren.

De verwerking van gebiedsgegevens van Baseline naar SWAN beperkt zich tot overlaten en bodemhoogte. In feite, zoals voor de al beschreven modellen, worden verschillende gebiedskenmerken getransformeerd naar SWAN invoergegevens (bodemhoogte en golf reducerende obstakels) zodat ze in SWAN te importeren zijn.

3 Baseline: database en bestanden

De Baseline database is een gestructureerde verzameling mappen waarin Baseline-bestanden opgeslagen worden. Baseline-bestanden zijn bestanden die worden gebruikt en gegenereerd bij het maken van model bestanden met Baseline. De verschillende bestanden kunnen opgedeeld worden in drie hoofdgroepen; de basisbestanden, de afgeleide bestanden en de geconverteerde bestanden:

- *Basisbestanden*; dit zijn de input bestanden waar eventuele afgeleide bestanden en het uiteindelijke model op gebaseerd zijn. De basisbestanden beschrijven de ligging en eventuele hoogte van rivierkenmerken als bodemhoogte, kades en locaties van bomen.
- *Afgeleide bestanden*; dit zijn bestanden die in Baseline aangemaakt worden op basis van de basisbestanden. De kenmerken van de basisbestanden worden samengevoegd in één bestand, het afgeleide bestand.
- *Geconverteerde bestanden*; dit zijn de bestanden die als input dienen voor hydraulische berekeningen. Deze worden gegenereerd bij de conversie naar Waqua, de conversie naar Delft3D en het aanmaken van Sobek-profielen. De afgeleide bestanden en een deel van de basisbestanden worden gebruikt bij de conversie naar de bestanden voor hydraulische modellen.

4 Kunstwerken zoals nu beschikbaar in Baseline

De Baseline database is ontworpen om de gebruikte en gegenereerde bestanden gestructureerd op te slaan en te verwerken. In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de Baseline-bestanden die informatie betreffen over met name vaste constructies zoals kribben en overlaten. Dit betreft slechts een beperkt deel van de verschillende typen kunstwerken zoals gedefinieerd in de memo 11200741-000-HYE-0002 - "Typologie van Kunstwerken".

4.1 Bronbestanden

Verschillende bronnen zijn gebruikt voor het leveren van informatie voor de Baseline basisbestanden. Deze zijn hier kort beschreven:

- DTB-Rivieren is de afkorting van "Digitaal Topografisch Bestand Rivieren" (Historisch Digitaal Topografisch Bestand van de natte hoofdinfrastructuur in beheer bij Rijkswaterstaat). De status van het product loopt van 1993 (overgang van analoog naar digitaal product) tot 2000 (overgang van DTB-rivieren naar DTB-Nat). Dit is ook de reden, dat het bestand niet volledig gevuld is met alle rivieren.
- DTB-NAT is de afkorting van "Digitaal Topografisch Bestand van de natte infrastructuur" en bevat digitale topografische informatie over de natte infrastructuur die in het beheer zijn van Rijkswaterstaat. Zoals hierboven aangetoond de DTB-NAT is de opvolger van DTB-Rivieren.
- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is een bestand met gedetailleerde hoogtegegevens voor heel Nederland (ten opzichte van het Normaal Amsterdams Peil, NAP). Het AHN is ingewonnen met behulp van laseraltimetrie en heeft een punt dichtheid van minimaal 1 punt per 16 m². De cellen in het AHN bestand hebben een grootte van 5x5, 25x25 of 100x100 meter. In 2008 is gestart met de inwinning van AHN2; dit bestand heeft

een hogere precisie (5 cm) en een hogere punt dichtheid (10 punten per m²) en is daarmee een stuk geschikter voor de bouw van een Baseline database.

- TOPvector kaarten zijn landsdekkende digitale topografische basisbestanden van het Kadaster. Deze zijn vectorbestanden met een gesloten vlakken structuur, opgebouwd uit gecodeerde en onderling verbonden lijnelementen. Objecttypen en attributen zijn middels elementcodering opgeslagen. De TOP10vector, TOP25vector en TOP250vector zijn de beschikbare TOPvector kaarten. Deze bestanden hebben een schaal van achtereenvolgens 1:10.000, 1:25.000 en 1:250.000. Het Kadaster houdt de bestanden actueel door interpretatie van digitaal beeldmateriaal en gegevens uit externe bronnen. Dit is het meest gedetailleerde product binnen de Basisregistratie Topografie (BRT).

4.2 Basisbestanden

4.2.1 Bandijken

De “bandijken” basisbestand bevat informatie over de ligging van de kruin van de bandijk met hoogtepunten die de knikpunten en krommingen weergeven. Deze informatie is weergegeven met genumereerde doorlopende routes (lijnen) met op deze route zogenaamde events (punten) waar waarden voor kruin- en teenhoogte zijn gegeven.

Dit bestand vormt vaak de modelgrens, maar ligt wel binnen het winterbed, omdat de hoogte informatie van de bandijken anders niet goed in het hoogtemodel wordt meegenomen. De ligging en hoogte van de bandijk kan bepaald worden uit DTB-NAT en/of DTB-Rivieren.

De ingevulde velden bij de routes en bij de events zijn in Tabel 4.1 en in Tabel 4.2 weergegeven.

Tabel 4.1 - Velden bij de routes voor het bestand “bandijken”

Naam	Beschrijving
NUMMER	Uniek nummer voor de route
KENMERK	Beschrijving afkomst van de data

Tabel 4.2 - Velden bij de events voor het bestand “bandijken”

Naam	Beschrijving
NUMMER	Nummer route waar de events op liggen
MEASURE	M-waarde van de event op van de bijbehorende route (gebruikt om een event te kunnen plaatsen op de lijn, afstand van begin tot locatie punt)
KRUIHOOGTE	Hoogte kruin
TEENHOOGTE	Hoogte teen aan de buitendijkse zijde van de dijk
KENMERK	Beschrijving afkomst van de data

4.2.2 Kades

De “kades” bestand bevat informatie over de kades, coupures en kademuren. Een kadebestand is opgebouwd als routebestand, net als de bandijken. Op de routes liggen nu weer de zogenaamde events met waarden voor kruinhoogte, hoogte links en hoogte rechts van de route. Links en rechts worden bepaald aan de hand van de richting van de lijn (kijkrichting is van begin-node route naar eind-node route).

Met behulp van de kruinhoogte en de maaiveldhoogte (opgeslagen in andere bestanden) kan de overlaathoogte worden bepaald. Deze is van belang voor in het geval van overstroming om de grootte van het energieverlies over de kade te bepalen.

Datum
14 juni 2019

Ons kenmerk
11200741-000-HYE-0005

Pagina
5 van 14

De ligging en hoogte van een kade kan worden bepaald uit DTB-NAT en/of DTB-Rivieren, AHN of TOP10vector.

De ingevulde velden bij de routes en bij de events zijn in Tabel 4.3 en in Tabel 4.4 weergegeven.

Tabel 4.3 - Velden bij de routes voor het bestand "kades"

Naam	Beschrijving
<i>NUMMER</i>	Uniek nummer voor de route
<i>KENMERK</i>	Beschrijving afkomst van de data

Tabel 4.4 - Velden bij de events voor het bestand "kades"

Naam	Beschrijving
<i>NUMMER</i>	Nummer route waar de events op liggen
<i>MEASURE</i>	M-waarde van de event op van de bijbehorende route
<i>KRUINHOOGTE</i>	Hoogte kruin
<i>LINKERHOOGTE</i>	Hoogte maaiveld links
<i>RECHTERHOOGTE</i>	Hoogte maaiveld rechts
<i>KRUINBREEDTE</i>	Breedte kruin
<i>TALUDHELLINGLINKS</i>	Helling talud links
<i>TALUDHELLINGRECHTS</i>	Helling talud rechts
<i>KENMERK</i>	Beschrijving afkomst van de data

4.2.3 Kribben

Het "kribben"-bestand bestaat uit doorlopende routes (lijnen) in de oeverzone. Op deze routes liggen (net als bij de banddijken en de kades) weer events met waarden voor kruinhoogte, hoogte links en hoogte rechts van de route. De hoogtes links en rechts zijn altijd kleiner of gelijk aan de kruinhoogte.

Links en rechts worden bepaald zoals voor de kades aan de hand van de richting van de route. De ligging en hoogte van een krib kan worden bepaald uit DTB-NAT en/of DTB-Rivieren, AHN of TOP10vector.

De ingevulde velden bij de routes en bij de events zijn in Tabel 4.5 en in Tabel 4.6 weergegeven.

Tabel 4.5 - Velden bij de routes voor het bestand "kribben"

Naam	Beschrijving
<i>NUMMER</i>	Uniek nummer voor de route
<i>KENMERK</i>	Beschrijving afkomst van de data

Tabel 4.6 - Velden bij de events voor het bestand "kribben"

Naam	Beschrijving
NUMMER	Nummer route waar de events op liggen
MEASURE	M-waarde van de event op van de bijbehorende route
KRUIHOOGTE	Hoogte kruin
LINKERHOOGTE	Hoogte bodem links
RECHTERHOOGTE	Hoogte bodem rechts
KRUIBREEDTE	Breedte kruin
TALUDHELLINGLINKS	Helling talud links
TALUDHELLINGRECHTS	Helling talud rechts
RUWHEIDSCODE	Code ruwheidseenheid (zie Bijlage B)
KENMERK	Beschrijving afkomst van de data

4.2.4 Bronnen en putten

De "bronnen en putten" bestand bestaat uit punten, die de plaats aanduiden waar water wordt onttrokken of toegevoegd aan het systeem (bijvoorbeeld inlaatsluis, spuisluis e.d.). Handmatig kunnen nog diverse bronnen en putten in een tweede moment worden toegevoegd. Bronputten zijn beschikbaar op DTB-NAT en/of DTB-Rivieren, maar ze kunnen ook door de gebruiker zelf op worden gegeven.

De ingevulde velden voor de "bronnen en putten" bestand zijn in Tabel 4.7 weergegeven.

Tabel 4.7 - Velden bij de punten voor het bestand "bronnen en putten"

Naam	Beschrijving
BRONPUTNAAM	Naam van de bron of put
KENMERK	Beschrijving afkomst van de data

4.2.5 Kunstwerken

In de "kunstwerken" bestand zijn alle locaties van kunstwerken van de digitale rivierkaart opgeslagen. Doorlopende lijnen zijn hierin gebruikt als aanduiding voor kunstwerken (stuwen). De namen van de kunstwerken zijn niet opgenomen in de digitale rivierkaart en dienen handmatig te worden toegekend. Kunstwerken zijn beschikbaar op DTB-NAT en/of DTB-Rivieren, maar ze kunnen ook door de gebruiker zelf op worden gegeven.

De ingevulde velden voor het "kunstwerken" bestand zijn in Tabel 4.8 weergegeven.

Tabel 4.8 - Velden bij de routes voor het bestand "kunstwerken"

Naam	Beschrijving
KUNSTWERKNAAM	Naam van het kunstwerk
KENMERK	Beschrijving afkomst van de data

4.2.6 Hoogwatervrij terrein (brugpijlers en gebouwen)

Het "hoogwatervrij terrein" bestand bevat informatie over hoogwatervrije terreinen die moeten worden uitgesloten bij de berekeningen met stromingsmodellen. Deze gebieden overstroomden niet tijdens hoogwater zijn schematiseerd en opgeslagen als polygonen in dit basisbestand. Onder deze descriptie vallen bijvoorbeeld brugpijlers en gebouwen.

Als bronbestand voor “hoogwatervrij terreinen” kan gebruik gemaakt worden van DTB NAT voor gebouwen of pijlers.

De ingevulde velden voor de “hoogwatervrij terreinen” bestand zijn in weergegeven.

Tabel 4.9 - Velden bij de vlakken voor het bestand “hoogwatervrij terreinen”

Naam	Beschrijving
<i>RUWHEIDSCODE</i>	Code ruwheidseenheid
<i>KENMERK</i>	Beschrijving afkomst van de data

4.3 Afgeleide bestanden

4.3.1 Overlaten

Het “overlaten” bestand is een afgeleid bestand, waarin alle kades, alle kribben en de hoogteverschillijnen verwerkt zijn. Hierin zijn overlaten schematiseert als routes (lijnen) met events (punten) die hierop zijn gelegen en de knikpunten en krommingen weergeven.

Bij het opbouwen van het overlatenbestand wordt automatisch het type overlaat aan de route toegevoegd (krib, kade of hoogteverschillijn).

De ingevulde velden bij de routes en bij de events zijn in Tabel 4.10 en Tabel 4.11 weergegeven.

Tabel 4.10 - Velden bij de routes voor het bestand “overlaten”

Naam	Beschrijving
<i>NUMMER</i>	Uniek nummer voor de route
<i>TYPE</i>	Type overlaat: 1 voor kribben, 2 voor kades en 3 voor hoogteverschillijnen
<i>KENMERK</i>	Beschrijving afkomst van de data

Tabel 4.11 - Velden bij de events voor het bestand “overlaten”

Naam	Beschrijving
<i>MEASURE</i>	M-waarde van de event op van de bijbehorende route
<i>NUMMER</i>	Nummer route waar de events op liggen
<i>KRUINHOOGTE</i>	Hoogte kruin
<i>LINKERHOOGTE</i>	Hoogte maaiveld links
<i>RECHTERHOOGTE</i>	Hoogte maaiveld rechts
<i>KRUINBREEDTE</i>	Breedte kruin
<i>TALUDHELLINGLINKS</i>	Helling talud links
<i>TALUDHELLINGRECHTS</i>	Helling talud rechts
<i>RUWHEIDSCODE</i>	Code ruwheidseenheid
<i>KENMERK</i>	Beschrijving afkomst van de data

4.3.2 Bandijken voor terrein

Het “bandijken voor terrein” bestand bestaat uit lijnen met XYZ-coördinaten voor elke vertex op de lijn. De ligging van de lijnen is overgenomen uit het bestanden *bandijken_routes* en *bandijken_events* uit het basisbestand “Bandijken” (zie hoofdstuk 4.2.1).



Datum
14 juni 2019

Ons kenmerk
11200741-000-HYE-0005

Pagina
8 van 14

5 Referenties

- Handleiding Baseline 5 versie 1.9.1, mei 2016
- Dataprotocol Baseline 5 versie 2.0, september 2015



Bijlage A: Baseline database en bestanden

In deze bijlage is een overzicht gegeven van de verschillende Baseline-bestanden (bron: Dataprotocol Baseline 2015).

Locatie in database	Bestandsnaam	Inhoud bestand	Soort bestand
Baseline.gdb/Grenzen	Links_rechts	Linker en rechter oever	Basis
	Secties	Secties	Basis
	Erase_<Feature Class>	Erase-gebied	Basis
	Omtrek_maatregel	Maatregel-gebied	Basis
Baseline.gdb/Hoogtelijnen	Bandijken	Bandijken	Basis
	Breuklijnen	Breuklijnen	Basis
	Hoogteverschillijnen	Hoogteverschillijnen	Basis
	Kades	Kades	Basis
	Kribben	Kribben	Basis
	Overlaten	Overlaten	Afgeleid
	Oeverhoogtes	Hoogte oevers	Basis
Baseline.gdb/Hoogtepunten	Plashoogtes	Hoogte plassen	Basis
	Winterbedhoogtes	Hoogte winterbed	Basis
	Zomerbedhoogtes	Hoogte zomerbed	Basis
	Zomerbedhoogtes_terrain	Kopie zomerbedhoogtes	Afgeleid
	Winterbedhoogtes_terrain	Kopie winterbedhoogtes	Afgeleid
	Oeverhoogtes_terrain	Kopie oeverhoogtes	Afgeleid
	Plashoogtes_terrain	Kopie plashoogtes	Afgeleid
	Bandijken_lijnen_terrain	3D-lijnen bandijken	Afgeleid
	Hoogteverschillijnen_lijnen_terrain	3D-lijnen hoogteverschillijnen	Afgeleid
	Breuklijnen_lijnen_terrain	3D-lijnen breuklijnen	Afgeleid
Baseline.gdb/Meetpunten	Winterbed_vlakken_terrain	Alle "actieve" polygonen uit winterbed_vlakken	Afgeleid
	<waterhoogte>	Waterhoogtemodel	Afgeleid
	Meetpunten	Meetpunten	Basis
	Uitvoerlocaties	Uitvoerlocaties	Basis
Baseline.gdb/Oppervlaktewater	Plassen	Plassen	Basis
Baseline.gdb/Overig	Bronnen_putten	Bronnen en putten	Basis
	Kunstwerken	Kunstwerken	Basis
Baseline.gdb/Riviergeometrie	Rivierassen	Rivieras	Basis
	Rivierkilometers_lijnen	Rivierkilometrering lijnen	Basis



Datum
14 juni 2019

Ons kenmerk
11200741-000-HYE-0005

Pagina
10 van 14

Locatie in database	Bestandsnaam	Inhoud bestand	Soort bestand
	Rivierkilometers_punten	Rivierkilometrering punten	Basis
Baseline.gdb/Ruwheid	Ecotopen	Ecotopen	Basis
	Ecotopen_ruwheid	Geclusterde ecotopen	Afgeleid
	Bomen	Bomen	Basis
	Heggen	Heggen	Basis
	Hoogwatervrij_vlakken	Hoogwatervrije terreinen	Basis
	Hoogwatervrij_lijnen	Hoogwatervrije lijnen	Basis
	Lanen	Lanen	Basis
	Zomerbed	Ruwheid zomerbed	Basis
	Ruwheid_lijnen	Ruwheidslijnen	Afgeleid
	Ruwheid_punten	Ruwheidspunten	Afgeleid
	Ruwheid_vlakken	Ruwheidsvlakken	Afgeleid
Sobek/<rooster>/ Basis.gdb	Sobekvak	Sobekvakken	Afgeleid
Sobek/<rooster>/ invoer	schematisatie.csv	Geometrische basiskennmerken	basis
	resultaat.csv	Koppeltabel sobek- rooster met waqua- rooster	Afgeleid
	SDS	Waqua SDS tbv. Sobek	Afgeleid
Sobek/<rooster>/ uitvoer	vak<vak-nummer>.asc	Sobekprofielen	Afgeleid
Waqua/<rooster>	*.rgf	RGF-file	Basis
Waqua/<rooster>/ Rooster.gdb	Rooster_mn_lijnen	Geconverteerde rgf- file	Afgeleid
	Rooster_u_vlakken	Geconverteerde rgf- file	Afgeleid
	Rooster_v_vlakken	Geconverteerde rgf- file	Afgeleid
	Rooster_bp_vlakken	Geconverteerde rgf- file	Afgeleid
	Rooster_bp_punten	Geconverteerde rgf- file	Afgeleid
	Rooster_ws_vlakken	Geconverteerde rgf- file	Afgeleid
	Rooster_ws_punten	Geconverteerde rgf- file	Afgeleid
Waqua/<rooster>/ /bodem	Bodem	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
/initieel	Water	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
/locaties	Meetp	Waqua invoerbestand	Geconverteerd



Datum
14 juni 2019

Ons kenmerk
11200741-000-HYE-0005

Pagina
11 van 14

Locatie in database	Bestandsnaam	Inhoud bestand	Soort bestand
	Bronput	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Uitvloc	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Rivkmp	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Cross-p	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Cross-l	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Kunstwerk-p	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Kunstwerk-l	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
/overlaat	Overlaten	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
/randen	Rrb	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
/ruwheid	Area-u	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Area-v	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
/schotjes	Schotrb-u	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Schotrb-v	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Schotarea-u	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Schotarea-v	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Schothwvl-u	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
	Schothwvl-v	Waqua invoerbestand	Geconverteerd
/invoer/invoer.gdb	Rrbw_v	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Srrbbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Meetpbw_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Uitvlocbw_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Bronpbw_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Rivkmbw_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Rivkmbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd



Datum
14 juni 2019

Ons kenmerk
11200741-000-HYE-0005

Pagina
12 van 14

Locatie in database	Bestandsnaam	Inhoud bestand	Soort bestand
	Ovlbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Kunwkbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Ruwlbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Bodemh_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Waterh_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Shwvlbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
<i>Delft3D /<rooster></i>			
/bodem	Bodem	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
/initieel	Water	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
/locaties	Meetp	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Uitvloc	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Bronput	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Rivkmp	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Cross-p	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Cross-l	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
/overlaat	Overlaten	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
/randen	Rrb	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
/ruwheid	Area-u	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Area-v	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
/schotjes	Schotrrb-u	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Schotrrb-v	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Schotarea-u	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Schotarea-v	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Schothwvl-u	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd
	Schothwvl-v	Delft3D invoerbestand	Geconverteerd



Datum
14 juni 2019

Ons kenmerk
11200741-000-HYE-0005

Pagina
13 van 14

Locatie in database	Bestandsnaam	Inhoud bestand	Soort bestand
/invoer/invoer.gdb	Rrbw_v	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Srrbbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Meetpbw_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Uitvlocbw_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Bronpbw_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Rivkmbw_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Rivkmbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Kunwkbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Ovlbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Ruwlbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Bodemh_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Waterh_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Shwvlbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
SWAN /<rooster> /bodem	Bodem	SWAN invoerbestand	Geconverteerd
/overlaat	Overlaten	SWAN invoerbestand	Geconverteerd
/invoer/invoer.gdb	Ovlbw_l	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd
	Bodemh_p	Terugconv. Feature Class	Geconverteerd

Bijlage B: Codering ruwheden

De onderstaande beschrijving van de codering van de ruwheden komt uit het Baseline Dataprotocol (versie 2015), Bijlage C.

Bij het omzetten van ecotopen naar ecotopen_ruwheid wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde sleutel. Deze sleutel bevat ecotoop codes (zijnde het item ecotoopcode in de Feature Class ecotopen) en de bijbehorende ruwheidscodes voor het bestand *ecotopen_ruwheid*. Een code uit het ecotoopbestand die niet voorkomt in de sleutel wordt niet meegenomen in het bestand *ecotopen_ruwheid*, de betreffende polygoon wordt bij het omzetten genegeerd.

De vertaalsleutel is opgeslagen in de installatiemap van Baseline 5 opgeslagen (<install-dir>/Deltares/Baseline 5/Template/sleutel.asc). De vertaalsleutel kan eenvoudig door de gebruiker geactualiseerd worden door het eerder genoemde asc-bestand te overschrijven met een nieuwe versie. In tegenstelling tot in Baseline 4 is geen extra handeling noodzakelijk voordat de functie Clustering Ecotopen aangeroepen kan worden. Baseline 5 maakt direct gebruik van het asc-bestand en het actualiseren van dit bestand is dus voldoende.

De opbouw van dit asc-bestand moet voldoen aan de beschrijving in paragraaf 16.10.

Er worden 6 typen ecopenstelsels gebruikt:

RES: RivierenEcotopenStelsel

MES: MerenEcotopenStelsel

BES: BenedenrivierengebiedEcotopenStelsel

ZES: Zoute wateren EcotopenStelsel

LGN4: Landelijk Grondgebruikersbestand Nederland, vierde uitgave

Atkis: Amtliches Topografisch Kartografisches Information System, grondgebruikskaart voor Duitsland.

Op de volgende pagina's is een (onvolledige) lijst weergegeven van voorkomende ecotoop-codes met de bijbehorende ruwheidscodes en vegetatie-typenbeschrijving. Deze tabel geeft een goede indicatie welke ruwheidscodes behoren bij welke vegetatie-typen en kan als zodanig gebruikt worden wanneer keuzes gemaakt moeten worden over de te gebruiken ruwheidscodes.

Codering RES (Rivieren) ecotopenstelsel:

Ecotoop- code	Beschrijving ecotoop-code	Ruwheidscode	Beschrijving van de ruwheidscode
RZd-1	Diepe bedding	102	Diepe bedding
RZo-1	Ondiepe grindbedding	111	Kribvakstrand / Zandbank / Grindbank
RZo-2	Ondiepe zandbedding	111	Kribvakstrand / Zandbank / Grindbank
RZo-3	Ondiepe getijdebedding	111	Kribvakstrand / Zandbank / Grindbank
RZs-1	Grindbank	111	Kribvakstrand / Zandbank / Grindbank
RZs-2	Zandplaat/zandstrand	111	Kribvakstrand / Zandbank / Grindbank
RZs-3	Slikplaten/slikkige oever	106	Plas / Haven / Slikkige oever

B Typologie van kunstwerken



Memo

Datum

14 juni 2019

Contactpersoon

Tommaso Boschetti

Ons kenmerk

11200741-000-HYE-0002

Doorkiesnummer

+31(0)88 335 7347

Aantal pagina's

15

E-mail

Tommaso.Boschetti@deltares.nl

Onderwerp

Typologie van Kunstwerken

1 Inleiding

In deze memo zal een indeling en omschrijving worden gegeven van de verschillende soorten kunstwerken die een rol spelen in de Nederlandse wateren. Dit omdat de kunstwerken beschreven moeten kunnen worden in de watermodellen en dus ook in de op te zetten database. Bij het opstellen van de indeling van de typen kunstwerken en de omschrijvingen daarvan is aangesloten bij de terminologie zoals deze door RWS in het kader van VONK (Vervangingsopgave Natte Kunstwerken), DISK (Data Informatie Systeem Kunstwerken), OBR ([3] Onderhoud Beheer Regime) en BPRW ([1] Beheersplan Rijswateren) wordt gehanteerd.



Figuur 1.1 - Voorbeeld functie beschrijving voor het stuwcomplex bij Hagestein: 1. Afvoeren van het water (waterveiligheid); 2. Handhaven waterpeil (voldoende water); 3. Vismigratie bieden (schoon en gezond water); 4. Varen mogelijk maken (vlot en veilig vaarwegverkeer)

De kunstwerken spelen een rol in de functies van de watersystemen. Als uitvoeringsorganisatie van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft Rijkswaterstaat een aantal heldere kerntaken ten aanzien van water: waterveiligheid, voldoende water, schoon en gezond water en een duurzame leefomgeving, vlot en veilig verkeer over water. De verschillende kunstwerken

kunnen hierin een belangrijke rol spelen voor een of meerdere van de voorgenoemde taken. Als voorbeeld zijn in Figuur 1.1 de belangrijkste functies van de stuw bij Hagestein weergegeven.

Sommige kunstwerken spelen een rol in de waterveiligheid. Dit betreft bijvoorbeeld stormvloedkeringen en schutsluizen, uitwateringskolken of gemalen. Daarnaast kunnen kunstwerken een belangrijke bijdrage leveren aan het reguleren van de aan- en afvoer van water. Daarmee beschermen ze enerzijds tegen overstromingen en voorkomen ze anderzijds dat verdroging optreedt door het reguleren van de waterverdeling. Met name spui- en uitwateringssluizen en gemalen zijn in dit opzicht van belang. Stuwen zorgen ervoor dat rivieren ook bij lagere waterstanden bevaarbaar blijven. Ten slotte vervullen kunstwerken belangrijke transportfuncties: de schutsluizen voor de scheepvaart, de bruggen voor het wegverkeer.

Een overzicht van de verschillende kunstwerken en functies is in de onderstaande koppeltabel weergegeven. Deze is gebaseerd op de Bijlage 3 van de Basisspecificatie Rijkswateren, versie 5.6.

Tabel 1.1 - Koppeltabel functie-objecten

Functies		Infrastructuur																						
		Vaste constructies										Beweegbare constructies												
		Aquaduct	Bodembescherming	Dam	Dijk	Duiker	Ecopassage	Gestreekte oever (nat.)	Hevel	Kade	Krib	Sifon	Strekdam	Vispassage	Waterreguleringswerk	Brugpijler (vast)	Gemaal	Energiecentrale	Keersluis (hoogwaterkering)	Naviduct	Schutsluis	Spuimiddel	Stormvloedkering (hoogwaterkering)	Stuw
Waterveiligheid	<i>Hoog water keren</i>		x	x	x																			
	<i>Water afvoeren</i>	x																						
	<i>Water bergen</i>																							
Voldoende water	<i>Aanvoer (droogte)</i>																							
	<i>Afvoer (overlast)</i>																							
	<i>Verziltting beperken</i>																							
	<i>Waterpeil bieden</i>																							
Schoon en gezond water	<i>Water met basiskwaliteit bieden</i>																							
	<i>Leefgebied bieden aan flora en fauna</i>																							
	<i>Vismigratie bieden</i>	x																						
Vlot en veilig vaarwegenverkeer																								

In de onderstaande paragrafen wordt per type kunstwerk een omschrijving gegeven.

2 Vaste constructies

2.1 Aquaduct/Kanaalbrug

Een aquaduct is een waterverbinding over een weg, spoorlijn en/of terrein insnijding of een andere waterloop, waarbij andere verkeersstromen onder het water door worden geleid.

Een kanaalbrug is een kunstwerk ontworpen om een kanaal te dragen en ongelijkvloers bovenlangs te kruisen met bijvoorbeeld een andere waterweg, een vallei of verkeersweg.

De term aquaduct kan ook voor deze kunstwerken worden gebruikt, maar vanwege de associatie met de oorspronkelijke functie van aquaducten als (drink)watertoevoer, wordt in verschillende talen hiervan afgeweken.

Het zijn over het algemeen grote kunstwerken, omdat water ten eerste zwaar is en ten tweede er voldoende diepgang moet zijn voor waterafvoer en/of scheepvaart.

Bron: NEN [2]



Figuur 2.1 - Alphen-aquaduct met de Gouwe, Provincie Zuid-Holland (Beeldarchief RWS)

2.2 Brugpijler

Een brugpijler is het verticale ondersteunende deel van een brug op de plaatsen waar de brug niet op een landhoofd rust. Afhankelijk van de plaatsing van de pijlers van de brug, in het water of op de oever, zal de belasting, en dus de onderhoudsfrequentie, hoger of lager zijn. Stromend water, zout water en ijs vormen nog een extra belasting. Hierdoor zijn brugpijlers vaak gecombineerd met ijsbrekers om de constructie te beschermen tegen drijfijis.

Brugpijlers (met of zonder ijsbrekers) beperken de doorstroomopening voor het water onder de brug en kunnen een belangrijke rol spelen tijdens hoogwatersituaties.

Bron: geen formele bron beschikbaar, tekst (mede) gebaseerd op wikipedia

Datum
14 juni 2019

Ons kenmerk
11200741-000-HYE-0002

Pagina
4 van 15



Figuur 2.2 - Brugpijler van de spoorbrug over de Waal bij Lent en Nijmegen (Beeldarchief RWS)

2.3 Dam

Een dam is een kunstmatig aangelegd grondlichaam aan beide zijden bekleed met steen, asfalt en gras, die als functie heeft water te keren, te leiden of te verdelen.

Een dam werkt als indirecte bescherming van achterliggende dijkengebieden tegen het water. Daarnaast kan een dam nevenfuncties hebben, zoals het verbinden van twee dijkengebieden met bovenop een verkeersweg.

Bron: OBR [3]



Figuur 2.3 - Brouwersdam, Zeeland (Beeldarchief RWS)

2.4 Dijk

Een dijk is een kunstmatig aangelegde grondlichaam aan de zee-/waterzijde, bekleed met steen, asfalt en gras, die als functie heeft water te keren. Doel van een dijk is om het achterliggende land te beschermen tegen overstromingen en golven. Een dijk is een lijnvormige landschapselementen.

Dijken zijn naar hun locatie grofweg onder te verdelen in zeewater, rivierwater of binnenwater kerende dijken.

Bronnen: NEN [2] en OBR [3]



Datum
14 juni 2019

Ons kenmerk
11200741-000-HYE-0002

Pagina
5 van 15



Figuur 2.4 - Dijk bij Herwijnen, dijkdorp (Beeldarchief RWS)

2.5 Duiker

Een duiker is een waterdoorgang onder een weg of dijk welke zorg draagt voor een wederzijdse verbinding van twee wateren of waterlopen.

Deze constructie kan een onderdeel zijn van andere hydraulische kunstwerken zoals bij een spuisluis (zie 3.6).

Bron: NEN [2]



Figuur 2.5 - Aanbrengen van een duiker in Ewijk (Beeldarchief RWS)

2.6 Eco-passage

Een ecoduct, ecopassage, wildwissel, natuurbrug, dierenviaduct of wildviaduct is een kunstwerk waar wilde dieren een drukke verkeersweg kunnen kruisen. Voor deze analyse is het eco-aquaduct van belang. Dit is een combinatie van een ecoduct en aquaduct .

Bron: geen formele bron beschikbaar, tekst (mede) gebaseerd op wikipedia



Figuur 2.6 - Eco-aquaduct Zweth en Slinksloot, tussen Delft en Rotterdam (wegenwiki)

2.7 Gestrekte oever

(niet behandeld; reeds: beschreven in huidige Baseline, zie 'kribben' bestand)

2.8 Hevel

Een hevel is een speciaal type duiker, bestaand uit een gebogen buisconstructie, die water bij een bepaald niveau van het ene water in het andere laat stromen zonder het water te laten stromen met behulp van een pompinstallatie. Een hevel bestaat uit een kokervormige constructie met een verhoogd middengedeelte dat twee wederzijds gelegen wateren met elkaar verbindt.

Door het verhogen van de koker stroomt het water over een waterkering (dijk of dam) en hoeft er geen afsluitmiddel gebouwd te worden. De stroming kan worden onderbroken door lucht toe te laten in de koker.

Bron: NEN [2]



Figuur 2.7 - Links: Typische doorsnede van een hevel-vispassage. Rechts: Vishevel bij Berghem, Noord-Brabant (wikipedia)

2.9 Kade

(niet behandeld; reeds: beschreven in huidige Baseline)

2.10 Krib

(niet behandeld; reeds: beschreven in huidige Baseline)

2.11 Sifon

Een sifon of grondduiker leidt een rivier, beek of poldertocht onder een andere watergang met een verschillend waterpeil door. Doordat de kruisende wateren geen gelijk waterpeil hoeven te hebben, heeft de sifon ook een waterkerende functie. Volgens de Waterwet moeten dergelijke constructies dubbel zijn uitgevoerd en dus is aan beide zijden een afsluitmogelijkheid aanwezig.

Bronnen: NEN [2] en OBR [3]



Figuur 2.8 - Sifon onder het Maximakanaal, Noord-Brabant (Waterschap Aa en Maas).

2.12 Streckdam

Een strekdam is een dam in zee, langs de kust of een dam in een rivier die richting aan de waterstroming geeft en afslag van golven tegengaat.

Bronnen: NEN [2] en OTL [4]

2.13 Vispassage (vistrap)

Een vistrap of vispassage is een waterbouwkundig kunstwerk dat tot doel heeft vissen toegang te geven tot een door een dijk, dam, stuw of sluis ontoegankelijk geworden achterland.

De vistrap moet zijn aangepast aan de vis die er gebruik van moet maken. Belangrijk is de plaats van de inlaat ten opzichte van de blokkade, de grootte van de lokstroom en de maximale stroomsnelheid die de vis aankan.

Bron: NEN [2]

Ook nabij gemalen treft men vistrappen aan om de vis veilig langs het gemaal te laten zwemmen.



Figuur 2.9 - Vistrap bij stuw Hagestein, Lek (Beeldbank RWS).



Datum
14 juni 2019

Ons kenmerk
11200741-000-HYE-0002

Pagina
8 van 15

2.14 Waterreguleringswerk

Een waterreguleringswerk is een waterbouwkundige constructie die water inlaat, uitlaat of overlaat met als doel om water gereguleerd af te voeren of toe te laten bijvoorbeeld bij grote waterstanden in rivieren, voor verdediging van het land of irrigatie van de landerijen.

Bron: NEN [2]



Figuur 2.10 - Regelwerk Pannerden in de Hondsbroeksche Pleij (Beeldbank RWS)

3 Beweegbare constructies

3.1 Hoogwaterkering

Een hoogwaterkering is een technische inrichting bedoeld om hoogwater condities te keren. Over het algemeen bestaat deze uit een kerende wand die neergelaten wordt om bij hoogwater condities het achterliggende land te beschermen. Onder deze definitie vallen zowel de keersluizen als de stormvloedkeringen. Deze zijn hieronder nader beschreven.

3.1.1 Keersluis

Een keersluis is een sluis die water keert. Sluizen kunnen echter meerdere functies vervullen, en men spreekt van een keersluis als het voornaamste doel van de sluis het keren van hoogwater is. Een keersluis bevat vaak één of meerdere spuisluizen, om het water achter de keersluis te kunnen lozen op de zee of het meer. Keersluizen worden ook gebruikt om een kanaal te beveiligen tegen leegloop. Deze waterbouwkundige constructies kunnen een belangrijke rol spelen bij het onderhoud van het kanaal, om de totale leegloop van een kanaal te vermijden in geval van een dijkbreuk, of om de schade aan de omgeving te beperken. De Franse benaming “*porte de garde*” duidt beter aan dat er niet noodzakelijk een schutsluisfunctie aanwezig hoeft te zijn.

Bron: geen formele bron beschikbaar, tekst (mede) gebaseerd op wikipedia / sluispedia



Figuur 3.1 - Links: Keersluis bij Heumen. Rechts: Kromme Nolkering bij Heusden (Beeldarchief RWS).

3.1.2 Stormvloedkering

Een stormvloedkering is een waterbouwkundige constructie die verhindert dat grote hoeveelheden water bij stormvloed of springtij de monding van een rivier instroomt en stroomopwaarts tot overstromingen leidt. In normale omstandigheden zijn de keringen geopend en leggen ze zo weinig mogelijk beperkingen op aan de scheepvaart, aan de afvoer van water, ijs en sediment en aan de ecologische functies van het watersysteem waarin ze zijn geplaatst. Alleen bij naderend extreem hoogwater vanuit zee worden de keringen gesloten en gaan ze hun waterkerende functie vervullen.

Bronnen: NEN [2] en OBR [3]



Figuur 3.2 - Vanaf links boven: de Hartelkering, de Oosterscheldekering, de Algerakering, de Maeslandkering en de Balgstuw bij Ramspol.

3.2 Energiecentrale (waterkrachtcentrale)

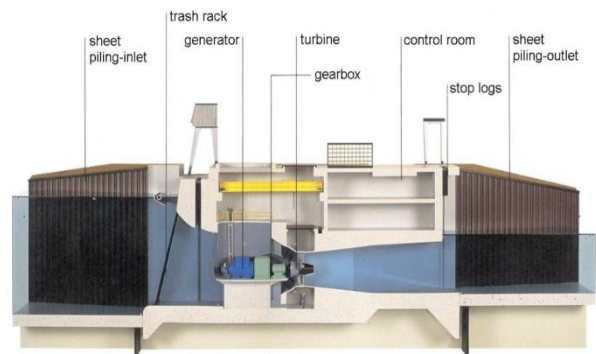
Een waterkrachtcentrale is een elektriciteitscentrale die stromend of neerstortend water gebruikt om een turbine in beweging te brengen. Waterkrachtcentrales bevinden zich op stromen en rivieren, met al dan niet een kunstmatige dam. Het verval en het debiet van de stroom zijn bepalend voor de werking.

Waterkrachtcentrales zijn in vier groepen onder te verdelen: riviercentrales, pompcentrales, stuwdamcentrales en getijcentrales.

De meest van belang voor deze analyse (ingericht op netwerkmodellen) zijn de riviercentrales. Een doorstroomwaterkrachtcentrale ligt aan een ingedijkte waterloop. Het verval is licht en ligt normaal gesproken tussen de drie en 15 meter. Het volume en de stroomsnelheid van het water door de turbines hangen af van het debiet van de rivier, zoals dus de energieproductie. In Nederland wordt dit soort centrale vaak toegepast in combinatie met stuwen (Amerongen,

Hagestein, Driel). Daarnaast zijn er in sommige kanalen waterkrachtcentrales naast de schutsluizen.

Bron: geen formele bron beschikbaar, tekst (mede) gebaseerd op wikipedia



Figuur 3.3 - Links: waterkrachtcentrale bij Alphen aan de Maas (Nuon). Rechts: Detail van de turbine bij de waterkrachtcentrale in Linne (RWS).

3.3 Gemaal

Een gemaal is een inrichting om water van een laag peil naar een hoog peil te brengen, vanwege wateroverschot aan de lage kant of waterbehoefte aan de hoge kant binnen een (water-) systeem.

Het soort gemaal is afhankelijk van de wijze waarop het water wordt opgevoerd, het opvoerwerktuig, en de wijze waarop deze wordt aangedreven, het aandrijfwerktuig. Nieuwe gemalen hebben veelal een stelsel van schroefpompen en worden aangestuurd met behulp van een beslissingsondersteunend systeem. Het benodigde onderhoud varieert per type gemaal.

Bron: NEN [2]



Figuur 3.4 - Links: Gemaal bij Hondsbroeksche Pleij. Rechts: Rijksgemaal IJmuiden (Beeldarchief RWS)

3.4 Naviduct

Een naviduct is een samenstelling van een sluis en een aquaduct die als constructie een geheel vormt. Een naviduct heeft hoge constructiekosten vergeleken met de standaard combinatie van

sluizen en bruggen. De eerste naviduct ter wereld is in 2003 geopend in de Houtribdijk t.p.v. Enkhuizen (zie foto's in onderstaande figuur).

Bron: OTL [4]



Figuur 3.5 - Naviduct Krabbersgat in Enkhuizen, Noord-Holland (Beeldarchief RWS)

3.5 Schutsluis

Een schutsluis is aan weerszijden afsluitbaar kunstwerk waarin door aanpassing van het waterpeil, schepen van het ene op het andere niveau worden gebracht. Schutsluizen bestaan uit een kolk die aan weerszijden kan worden afgesloten door sluisdeuren. In de deuren of sluishoofden zijn voorzieningen aangebracht om het waterniveau in de kolk te kunnen nivelleren. Het grootste deel van de schutsluizen is uitgerust met zogenaamde puntdeuren. Soms worden hefdeuren of roldeuren toegepast. De dimensionering van de kolk wordt in belangrijke mate bepaald door het maatgevend type schip waarvoor de vaarweg is bestemd en door de verwachte intensiteit van het scheepvaartverkeer.

Alle schutsluizen hebben meerdere functies dan alleen het faciliteren van de scheepvaart. Een schutsluis moet zorgen voor een beheerste af- en aanvoer van water. In veel gevallen is er in kanalen naast een schutsluis een spuisluis voor het afvoeren van een teveel aan water of een gemaal voor het terug pompen van het schutdebiet.

Bron: NEN [2] en OBR [3]



Figuur 3.6 - Links: Beatrixsluizen (1-2) in Vreeswijk. Rechts: Visualisatie nieuwe zeesluis in IJmuiden (Beeldbank RWS).

3.6 Spuisluis

Een spuisluis is een constructie om een overvloed aan water op het binnenwater gereguleerd naar een lager gelegen buitenwater te laten afvloeien en daardoor het waterpeil te kunnen beheersen. De structuur is normaal gesproken gemaakt door een betonnen constructie (duiker) met een aantal kokers waardoor het water wordt gespuid. De kokers kunnen met schuiven worden afgesloten.

De spuisluizen staan open of zijn gesloten, waarbij in geopende stand het water vrij door de sluis kan stromen. Dit in tegenstelling tot schutsluizen, waar gewoonlijk altijd de deuren aan een kant gesloten zijn.

Spuisluizen hebben, naast de zorg voor de waterhuishouding, invloed op en een taak in relatie tot de waterkwaliteit van het te ontwateren gebied. Wanneer een spuisluis aan zee ligt, heeft het tevens een waterkerende functie. Wanneer spuisluizen een bijdrage leveren aan het handhaven van een stabiel peil op een kanaal ten behoeve van de scheepvaart, is tevens de functie scheepvaart van toepassing.

Bron: NEN [2]



Figuur 3.7 - Links: De Bathse spuisluis, Deltawerken. Rechts: Lorentzsluizen sluizencomplex in de Afsluitdijk (Beeldarchief RWS)

3.7 Stuw

Een stuw is een vaste of beweegbare waterbouwkundige constructie met als doel om water in een loop, beek of rivier op te stuwen zodat het waterpeil bovenstrooms kan worden geregeld. Hierdoor kan de rivier ook bij lagere afvoeren bevaarbaar blijven en wordt voorkomen dat er schade aan oevers en oeververdedigingen ontstaat door verdroging. Verder kan met behulp van stuwen het debiet worden geregeld, hetgeen onder andere van belang is voor het opwekken van elektriciteit, voor de drinkwatervoorziening, de irrigatie en de stroom afwaartse watertoevoer. Stuwen maken vaak deel uit van een complex met schutsluizen, zo kan de scheepvaart de stuw passeren ingeval de gesloten stuw de doorvaart verhindert. Naast het belemmeren van de scheepvaart, kunnen stuwen ook een obstakel voor vissen zijn. Om te waarborgen dat vissen ook stroomopwaarts kunnen voortbewegen, zijn stuwen vaak uitgerust met vispassages (zie Hoofdstuk 2.13).

Stuwen zijn te verdelen in vaste en beweegbare stuwen. Beweegbare stuwen kunnen worden onderscheiden naar stuwen die in verticale richting bewegen (de schotbalkstuw en de

schuifstuw) en stuwen die roteren in het horizontale vlak om hun as (zoals de klepstuw, dakstuw en de vizierstuw).

In het Zuidoost van Nederland zijn een aantal stuwen als een Stoney / Poiree combinatie uitgevoerd. Het bijzondere van het Poiree gedeelte is dat het opengesteld kan worden, zodat scheepvaart mogelijk is tijdens hoogwater. Het Stoney gedeelte bestaat uit boven- en onderschuiven, aan de hand waarvan het waterpeil op het bovenstrooms deel van de rivier geregeld kan worden. Het Stoney-gedeelte betreft een fijn regeling. Het Poiree-gedeelte kent een grof regeling.

Een stuw bestaat doorgaans uit een betonconstructie van portalen of heftorens waaraan de schuiven zijn bevestigd. De bodem of vloer van de stuw wordt aan beide zijden (stroom op- en afwaarts) beschermd tegen uitspoeling door middel van een ontvangstbed of stortbed. Stroom afwaarts vindt plaats ook een woelbak voor de vernietiging van energie. Dit gebeurt door het opwekken van een hydraulische sprong.

Bron: NEN [2]



Figuur 3.8 - Links: Stuw Hagestein. Rechts: Stuw (Poiree en Stoney) in Sambeek (Beeldarchief RWS).



Datum
14 juni 2019

Ons kenmerk
11200741-000-HYE-0002

Pagina
15 van 15

4 Referenties

- [1] BPRW - Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren (2016-2021)
- [2] NEN 2767-4 / NPR 4768 - Condiëtiemeting van Infrastructuur
- [3] OBR 2012 - Object Beheer Regiem 2012
- [4] OTL - Rijkswaterstaat Object Typen Bibliotheek
- [5] Handleiding Baseline 5, mei 2016
- [6] Dataprotocol Baseline 5, september 2015

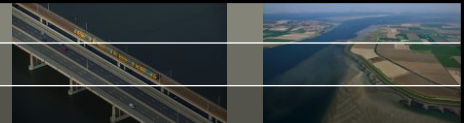
C Presentaties Workshop mei 2018



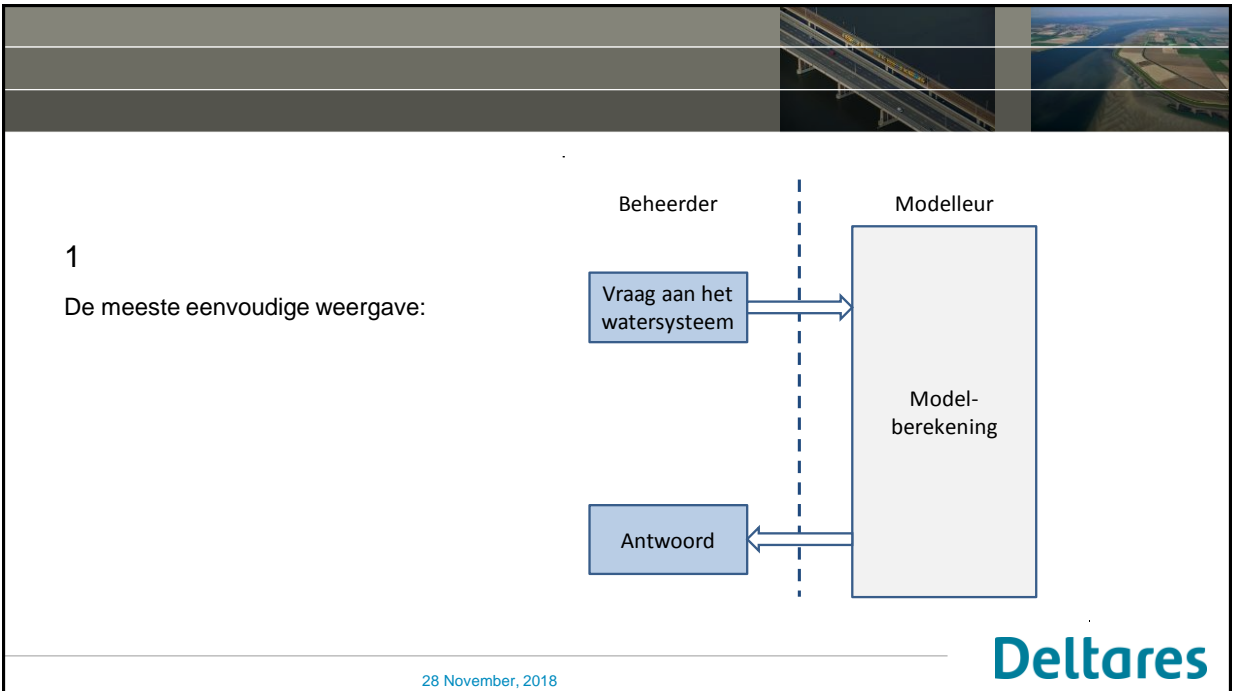
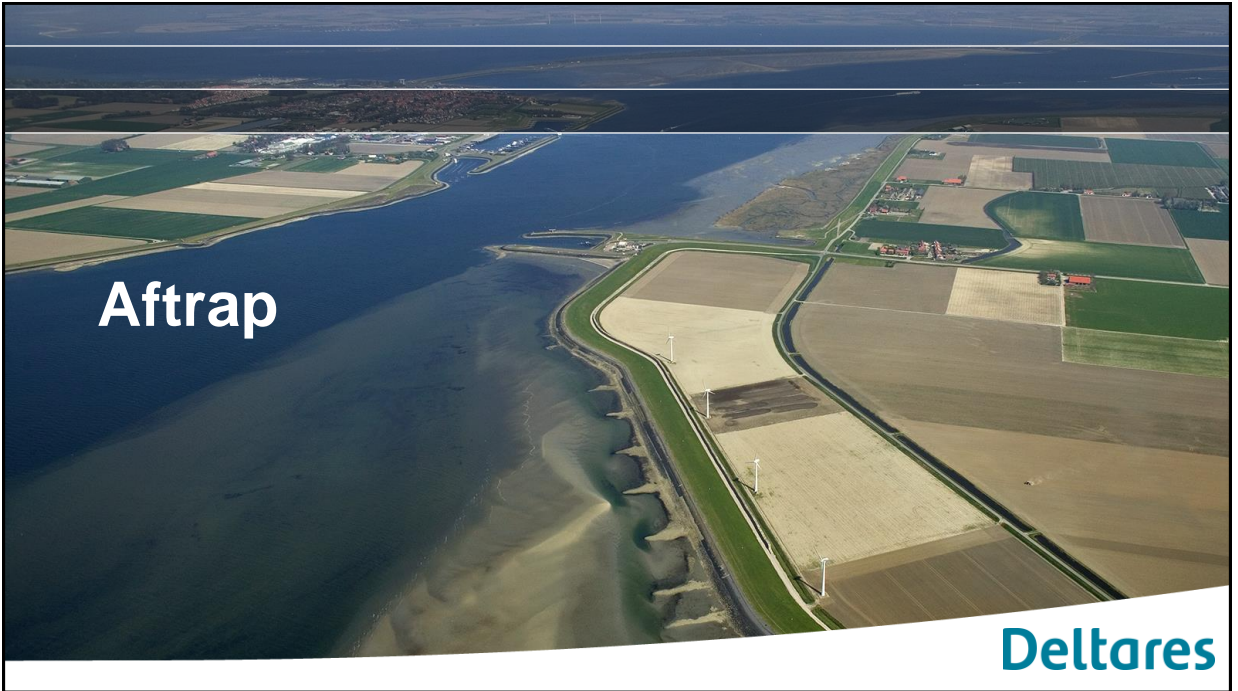
KpNK 2018 **Kunstwerken in Netwerkmodellen**

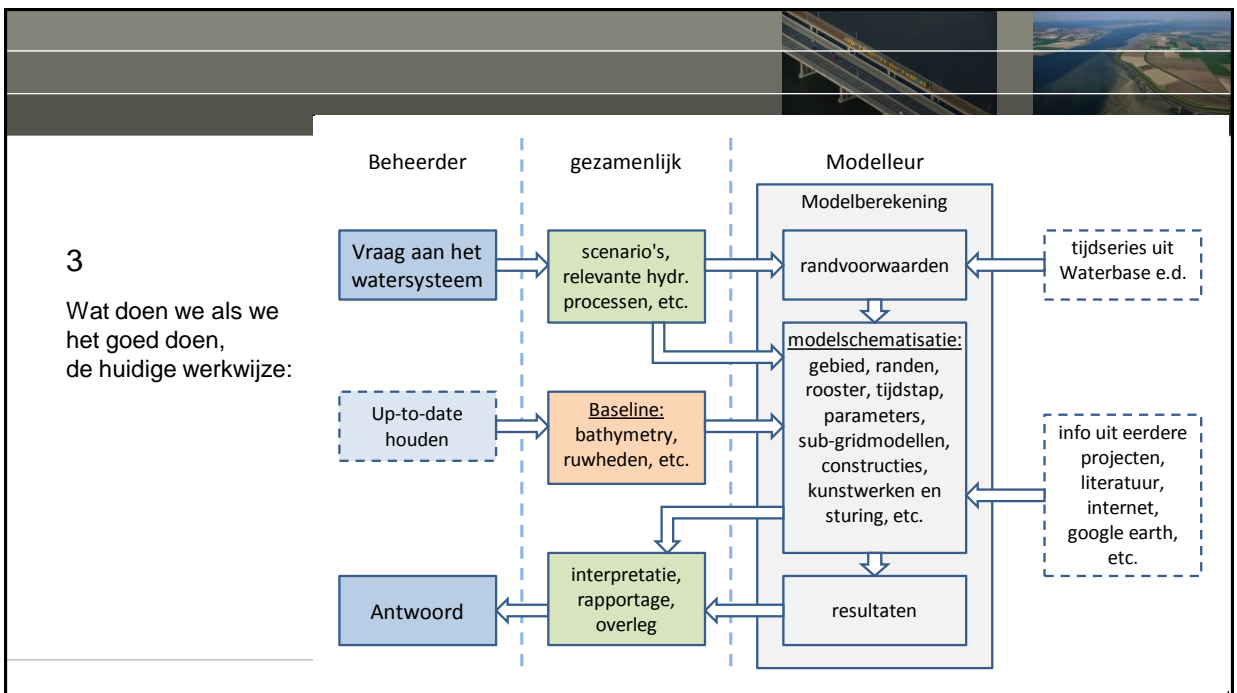
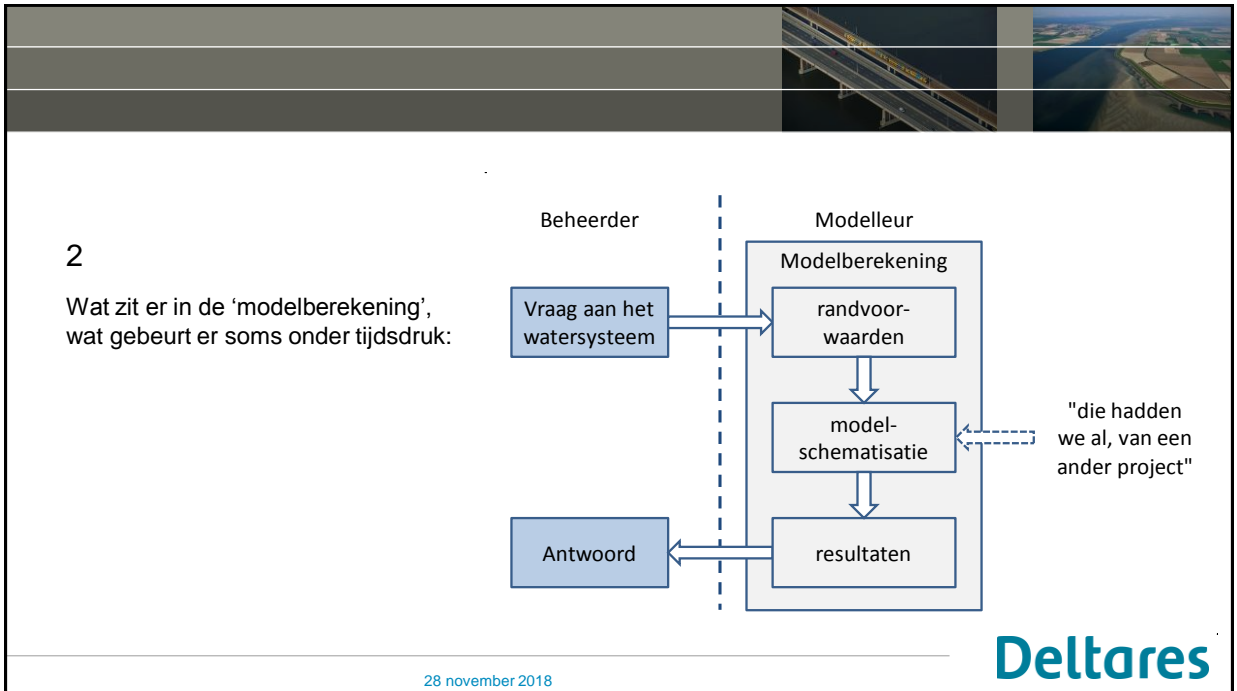
Workshop 24 mei 2018

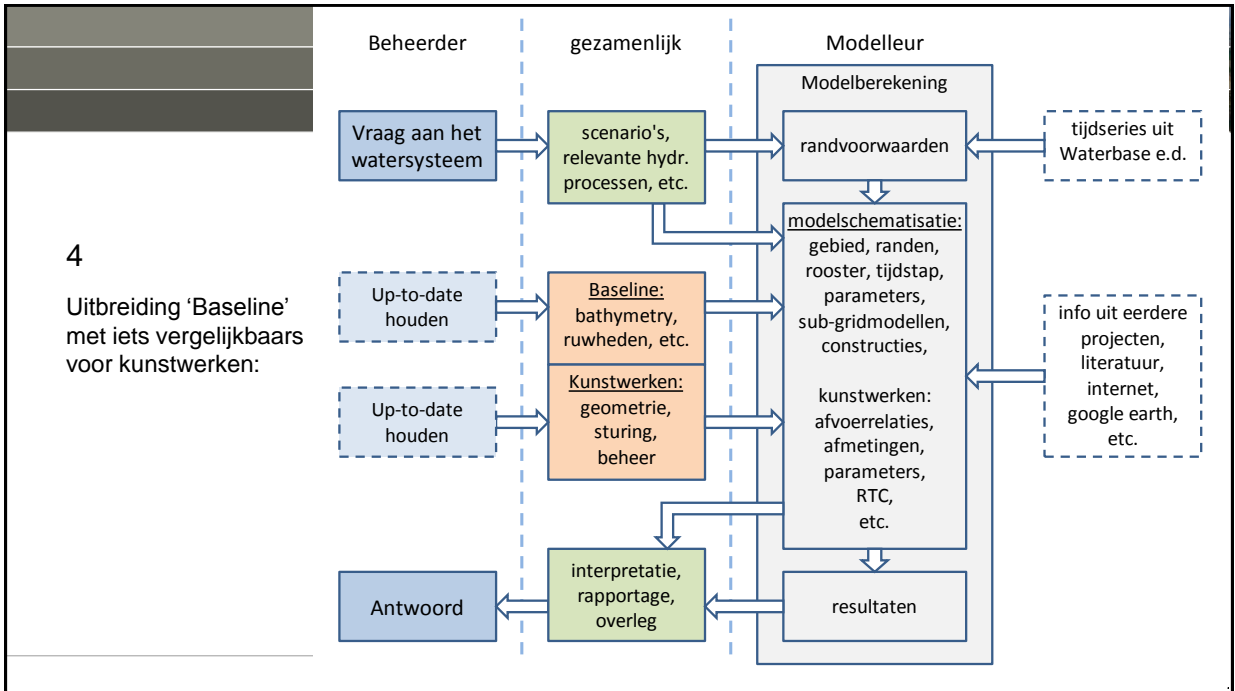
Agenda Workshop

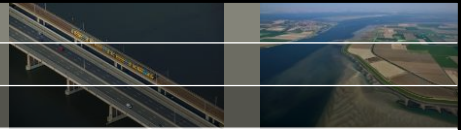


- 9:30 Aftrap, rondje voorstellen
- 9:45 deel 1: Ambities en bouwstenen
- 10:45 koffie pauze
- 11:00 deel 2: Uitdagingen
- 12:00 lunch
- 12:30 Afsluiting, conclusies en vervolgacties
- 13:00 einde









Van RWS:

- Herbert Berger, WVL
- Roel Burgers, WVL
- Yann Friocourt, WVL
- Martin Scholten, WVL
- Sacha de Goederen, WNZ
- Zaid Bashir, WVL

Van Deltares:

- Jaco Stout, DSC
- Aukje Spruyt, ZWS
- Jurjen de Jong, ZWS
- Tommaso Boschetti, HYE-H2I
- Otto Weiler, HYE-H2I
- Erik Ruijgh, HYE-H2I

28 november 2018

9

Deltares



Deel 1

De ambities en de bouwstenen

Deltares

Ambities en bouwstenen

- Ambities:
 - wat wil RWS kunnen met netwerkmodellen
 - hoe gaan we die netwerkmodellen dan opzetten (en gebruiken en beheren)
- Bouwstenen:
 - de kunstwerken, en hoe die te schematiseren
 - afvoerrelaties en sturing
 - de software die daarmee kan rekenen
 - afvoerrelaties en sturing

28 november 2018

11

Deltares

Verkenning ambities netwerkmodellen (2D)

- Eisen aan “6e generatie modellen” (2D):
 - functies van het watersysteem:
 - 4 principes: veilig, voldoende, schoon en vlot
 - processen in dat watersysteem
 - brede range aan afvoercondities

28 november 2018

12

Deltares

Functies (= toepassingen van de modellen):

- Beheer en onderhoud
- Beleidsstudies
- Calamiteiten
- Delfstofwinning
- Ecologie
- KRW
- Waterkwaliteit
- Navigatie
- Operationeel
- ..
- Peilbeheer
- Recreatie
- Toezicht en handhaving
- Veiligheid
- Vergunningen
- Waterverdeling

28 november 2018

13



Processen in het watersysteem:

- waterstanden:
 - extreem
 - getij
 - hoog
 - laag
 - OLR
 - scheefstand
 - verhang
 - verloop
- debieten
- golven
- morfologie
- slib
- stofverspreiding
- stroomsnelheid
- temperatuur
- wind
- zoutverspreiding

28 november 2018

14



Andere netwerkmodellen

- Andere modellen dan 2D:
 - 3D-modellen voor o.a. zout en temperatuur (o.a. IJsselmeer)
 - operationele modellen (1D):
 - voorspelling afvoer en waterstand (?)
 - Landelijk Sobekmodel:
 - beleidsstudies, scenario's, maatregelen (?)
 - DistributieModel (DM) (binnen LHM):
 - idem, droogte (?)
 - Modellen voor waterbeheer (IWP)

28 november 2018

15



Ambities met kunstwerken in netwerkmodellen

- Vraag inzake het watersysteem (functie / toepassing) vraagt om:
 - beschrijving van bepaalde processen in het netwerkmodel,
 - soms kan dat 1D (b.v. debiet en waterstand),
 - soms vraagt het om 2D (b.v. stroomsnelheden),
 - soms om 3D (b.v. temperatuur en zout)
- dan ook de kunstwerken 1D, 2D, 3D te beschrijven
- Echter: ook andere redenen voor goede beschrijving kunstwerken:
 - beheer en onderhoud / beleidsstudies (VenR)
 - calamiteiten: wat kan er nog wel / niet meer; wat is er precies gebeurd

28 november 2018

16



Ambities Baseline-Kunstwerken

- Opzetten:
 - verzamelen en ordenen informatie (geometrie en sturing)
 - opslaan in database: Baseline-Kunstwerken
 - genereren schematisatie (routine):
 - eerst 2D, en dan naar 1D of 3D (??) of eerst 1D (??) of apart (??)
 - aansluiten op mogelijkheden software D-Flow FM (!)
 - keuze / kalibratie van coëfficiënten:
 - apart voor 1D / 2D / 3D

- En, nader te bepalen:
 - Gebruiken, Beheren

28 november 2018

17



Bouwstenen: de kunstwerken zelf

- Basisspecificatie Rijkswateren (versie 5.2)
c.q. Rijkswatersysteem (versie 5.6)
 - Objectenboom (met definities !):
 - buitendijks gebied
 - infrastructuur
 - Functieboom:
 - RWS: veilig, voldoende, schoon, scheepvaart
 - niet-RWS: Gebruiksfuncties
 - Kruistabel: welke objecten spelen een rol bij welke functies ..

28 november 2018

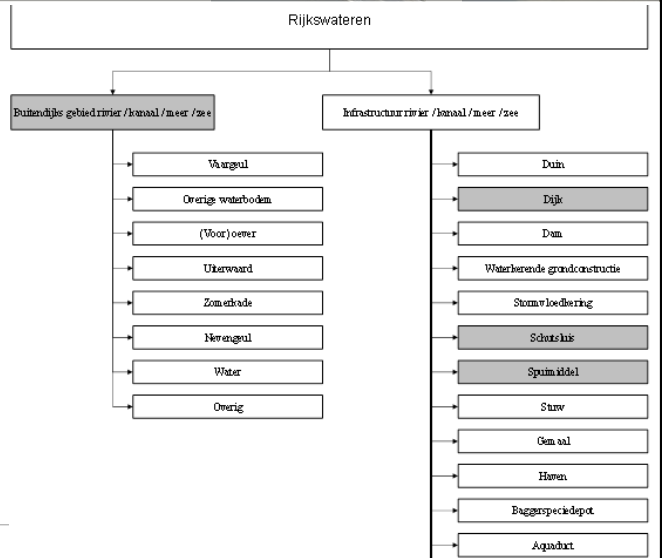
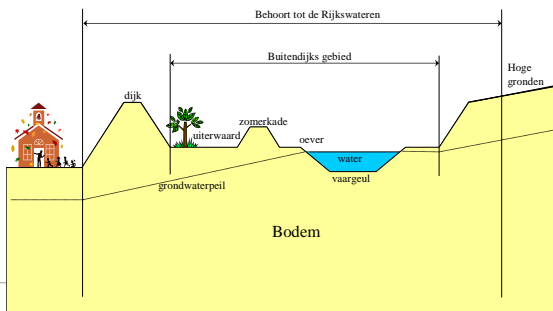
18



Objectenboom

- buitendijks gebied
- infrastructuur:
 - *vaste constructies*
 - *beweegbare constructies*

Definitieschets Rijkswateren



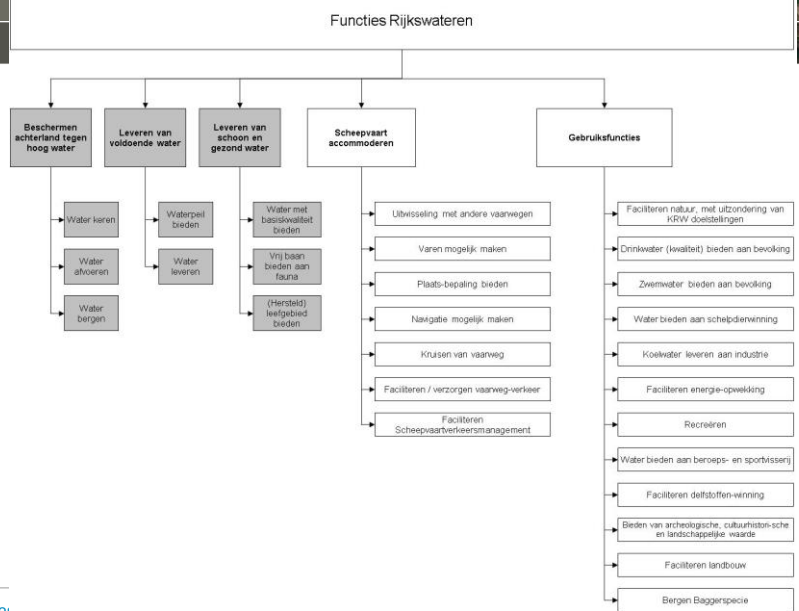
Functieboom

RWS:

- waterveiligheid
- voldoende water
- schoon water
- scheepvaart

niet RWS:

- gebruiksfuncties



Koppeltabel

- ‘aanzet’,
- nog nader in te vullen

	Waterveiligheid	Voldoende water	Schoon en gezond water	Flot en veilig vaarwegenverkeer	Waterveiligheid	Voldoende water	Schoon en gezond water	Flot en veilig vaarwegenverkeer	Waterveiligheid	Voldoende water	Schoon en gezond water	Flot en veilig vaarwegenverkeer	Waterveiligheid	Voldoende water	Schoon en gezond water	Flot en veilig vaarwegenverkeer	Waterveiligheid	Voldoende water	Schoon en gezond water	Flot en veilig vaarwegenverkeer	Waterveiligheid	Voldoende water	Schoon en gezond water	Flot en veilig vaarwegenverkeer
Klein hoogwater																								
Meer dan 100 jaar overschreden																								
Meer dan 50 jaar overschreden																								
Meer dan 20 jaar overschreden																								
Meer dan 10 jaar overschreden																								
Meer dan 5 jaar overschreden																								
Meer dan 2 jaar overschreden																								
Meer dan 1 jaar overschreden																								
Meer dan 6 maanden overschreden																								
Meer dan 3 maanden overschreden																								
Meer dan 1 maand overschreden																								
Meer dan 1 week overschreden																								
Meer dan 1 dag overschreden																								
Meer dan 1 uur overschreden																								
Meer dan 1 minuut overschreden																								
Meer dan 1 seconde overschreden																								

28 november 2018

Z1

Koppeltabel, buitendijks gebied

Functies	Objecten	Buitendijksgebied										
		Coupure	Duin	Kwelder	Natuurgebied	Nevengeul	Overige waterbodern	Strandhoofd	Uiterwaard	Vaargeul	Voor-oever	Zee
Waterveiligheid	Hoog water keren	x	x	x				x			x	
	Water afvoeren					x		x			x	
	Water bergen					x		x				
Voldoende water	Aanvoer (droogte)					x				x		x
	Afvoer (overlast)											
	Verzilting beperken											
Schoon en gezond water	Waterpeil bieden											
	Water met basiskwaliteit bieden				x	x			x			x
	Leefgebied bieden aan flora en fauna				x	x	x		x			x
Vismigratie bieden				x	x	x						x
Vlot en veilig vaarwegenverkeer												

Koppeltabel, vaste constructies

		Objecten	Infrastructuur													
			Vaste constructies													
			Aquaduct	Bodembescherming	Brugpijler	Dam	Dijk	Duiker	Ecopassage	Gestreekte oever (nat.)	Hevel	Kade	Krib	Sifon	Streekdam	Vispassage
Functies																
Waterveiligheid	Hoog water keren		x		x	x				x		x	x			
	Water afvoeren	x		x			x	x			x	x				x
	Water bergen						x					x				
Voldoende water	Aanvoer (droogte)						x			x		x				x
	Afvoer (overlast)															
	Verzilting beperken							x		x		x				
	Waterpeil bieden						x	x		x	x	x				x
Schoon en gezond water	Water met basiskwaliteit bieden															
	Leefgebied bieden aan flora en fauna		x					x	x							x
	Vismigratie bieden	x				x	x	x		x		x			x	
Vlot en veilig vaarwegenverkeer				x												

Koppeltabel, beweegbare constructies

		Objecten	Infrastructuur									
			Beweegbare constructies									
			Gemaal	Energiecentrale	Hoogwaterkering	Keersluis	Naviduct	Schutsluis	Spuimiddel	Stormvloedkering	Stuw	
Functies												
Waterveiligheid	Hoog water keren			x	x	x	x	x	x			
	Water afvoeren	x	x			x	x	x				x
	Water bergen											x
Voldoende water	Aanvoer (droogte)	x						x	x			
	Afvoer (overlast)								x			
	Verzilting beperken							x	x			
	Waterpeil bieden	x	x		x		x	x				x
Schoon en gezond water	Water met basiskwaliteit bieden									x		
	Leefgebied bieden aan flora en fauna											
	Vismigratie bieden	x	x							x		x
Vlot en veilig vaarwegenverkeer			x					x	x	x		x

Samenvatting kunstwerken naar 'aard':

- water door een koker, van 'punt' naar 'punt':
 - duiker, siphon of hevel, of door een gemaal, of energiecentrale;
- water over een drempel, een 'lijnelement':
 - vast: coupure, krib, overlaat, kade, 'regelwerk' (bv Pannerden);
 - beweegbaar: een stuw (bv. Poirée), inlaat Veessen;
- water onder een verticaal beweegbare schuif:
 - stuw (b.v. Nederrijn), spuisluis, keersluis, stormvloedkering;
- water langs een horizontaal beweegbare schuif:
 - Maeslantkering, (keersluis met roldeur);
- water door een schutsluis (schutdebiet);
- brugpijler(-s).

28 november 2018

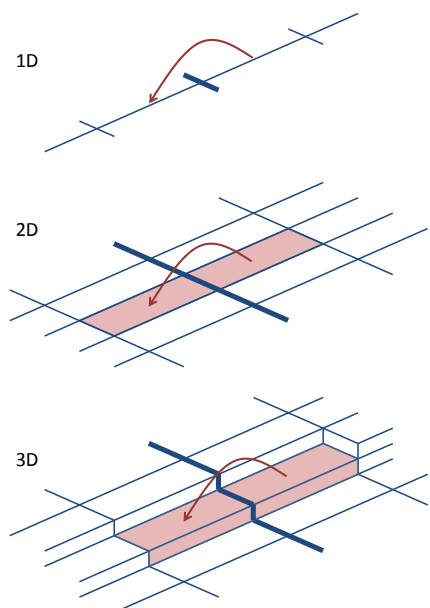
25



Kunstwerken in D-Flow

Wat is een kunstwerk in D-Flow:

- een speciale debietrelatie tussen twee (*aangrenzende*) rekencellen;
- relatie zoveel mogelijk gelijkvormig voor 1D, 2D en 3D,
- ... maar apart te kalibreren!
- de relatie te 'sturen' o.b.v. input of 'regelaar'



28 november 2018

26

Typen kunstwerken in D-Flow (1):

- water door een koker:
 - 'Culvert' (*voor duiker, siphon en hevel? open of afsluitbaar?*)
 - 'Pump'
 - 'intake / outfall' (*waarom apart van 'Pump' ?*)
- water over een drempel:
 - beweegbaar: 'Weir'
 - vast: 'Fixed weir' (*waarom 'vast' apart?*)

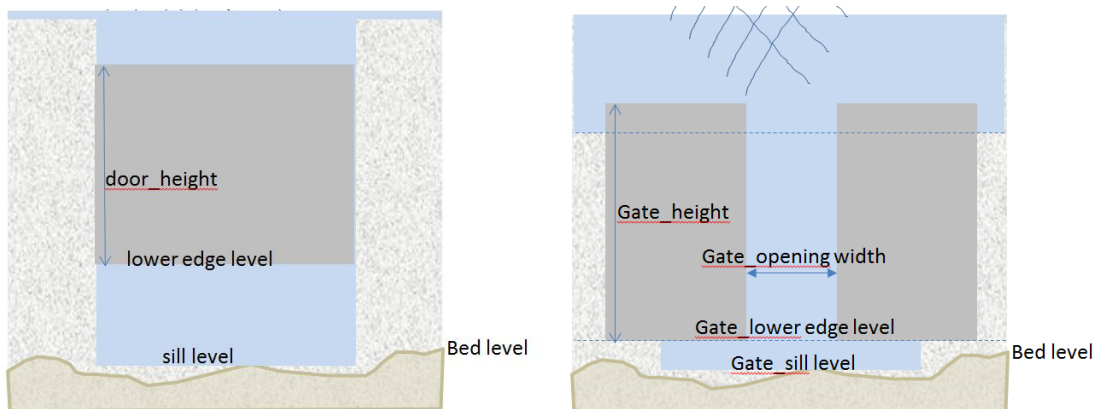
28 november 2018

27



Typen kunstwerken in D-Flow (2):

- water door/ langs een verticaal (of horizontaal) beweegbare schuif:



28 november 2018

28



Typen kunstwerken in D-Flow (3):

- water door een schutsluis (schutdebiet);
 - ontbreekt; nu vaak verwaarloosd of opgenomen als 'pump'
 - voor zoutindringing: *nieuwe formulering in voorbereiding voor transport van water en zout:*
 - *randvoorwaarden / geometrie / operatie => debieten met zout*
- brugpijler(-s)
 - beschikbaar in 1D,
 - aan 2D wordt gewerkt o.b.v. 'poreous plate'
 - *(niet conform 1D? conform gestreken stuw ?)*

28 november 2018

29




Deel 2

De uitdagingen ...



Case: stuwen Maas in 2D-schematisatie

- Presentatie Jurjen de Jong

28 november 2018

31



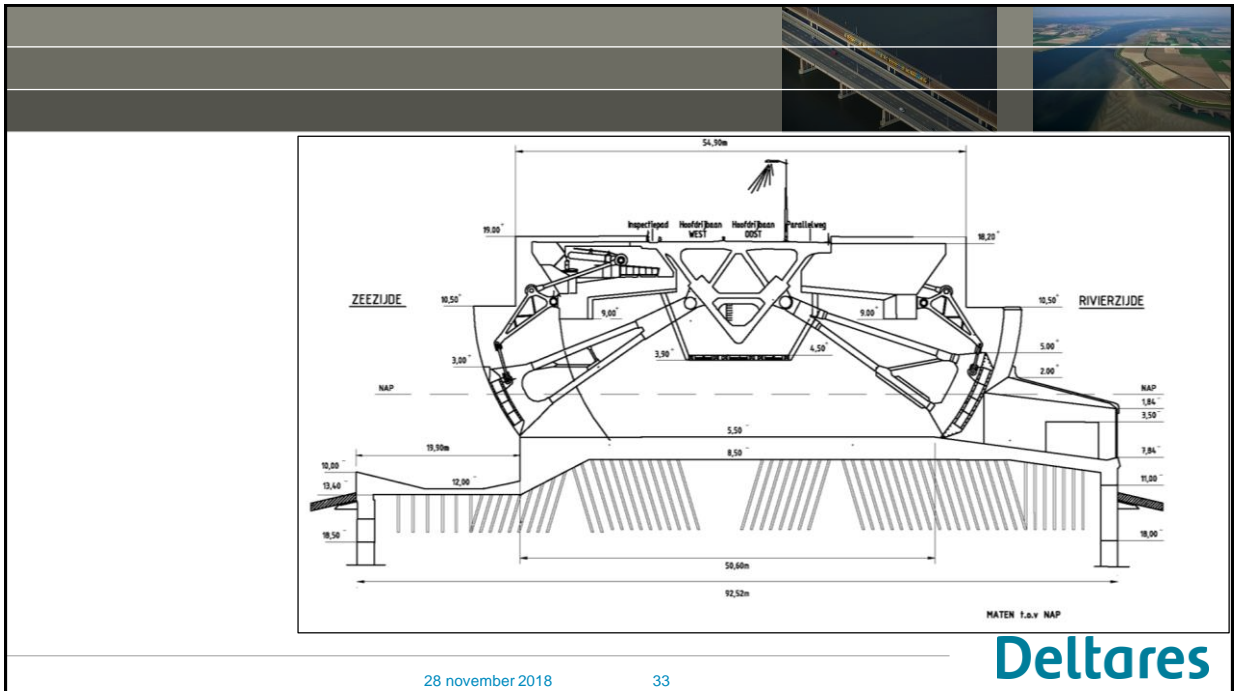
Verzamelde uitdagingen / keuzes

- uitwerken ordening modellen (door RWS):
 - 1D/2D/3D-modellen => processen => toepassingen
 - en dan => eisen aan schematisatie kunstwerk
 - of 'pragmatische aanpak' ?
- voor nu: focus eerst op 2D-modellen, of 'alle' modellen?
- zijn 'voorzieningen' in D-Flow op orde?
 - nieuw type kunstwerk: schutsluis?
 - brugpijler?
- aansluiting op b.v. schuif-/klepstanden zoals geregistreerd?

28 november 2018

32





28 november 2018

33

Deltares



Afsluiting, conclusies, vervolgacties

Deltares



[This area is intentionally left blank for content.]



Keuzes bij de schematisatie van een stuw Borgharen in D-HYDRO

Workshop kunstwerken in modelschematisaties
24 mei 2018

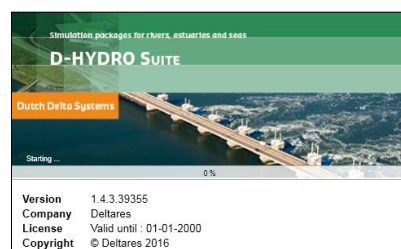
Jurjen de Jong

Zesde generatie modelschematisaties

Opzet modellen in D-HYDRO:
2017: Conceptmodel Maas (Eijsden – Keizersveer)

Heroverweging van keuzes van vijfde generatie (WAQUA)

- Numerieke parameters
- Rekenrooster
- Schematisatie van kunstwerken
-



Kunstwerken

- Toepassing niet enkel hoogwater, ook voor laagwater
- Conditie bij onderhoud
- Aanvaring



24 mei 2018

Deltares

Rekenroosters

Gebruik van een ongestructureerd rooster, maar voorkeur vierhoeken:

- Grotere rekentijdstep
- Minder roostercellen

Resoluties vergelijkbaar met G5:

- Curvilinear (8 grid cellen) in het zomerbed
- Winterbed 40 x 40 meter

Geen lokale verfijning:

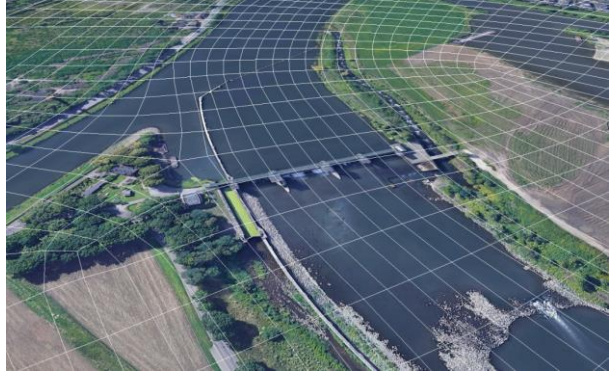
- Numerieke diffusie
- Afname rekentijdstep (Courant criterium)



24 mei 2018

Deltares

Stuw Borgharen: Uitlijning rooster



- Uitlijning pijlers → Mogelijk met kleine aanpassing roosterlijnen
- Vistrap → Subgrid
- Schutsluis → Subgrid?

24 mei 2018

Grave en Linne



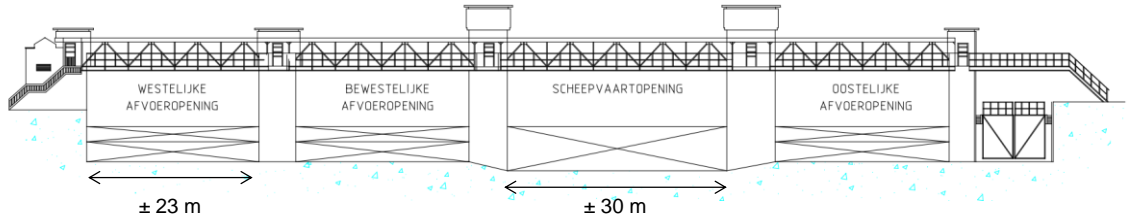
Grave



Linne

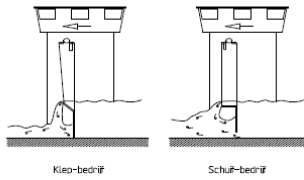
24 mei 2018

Schematisatie kunstwerk



Normaal-bedrijf

Hef-bedrijf



Hefhoogte in gestreken toestand

Drempelhoogte

- Coëfficiënten:
- Toestand kering
 - Vrij/verdronken

24 mei 2018

Deltares

Modellering in D-HYDRO

Als weir

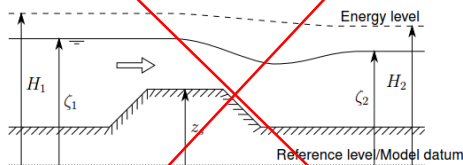


Figure 1.13: Definition of energy and water level

Als gate (of combinatie met weir)

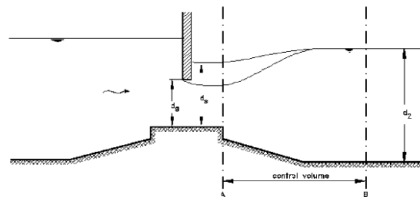
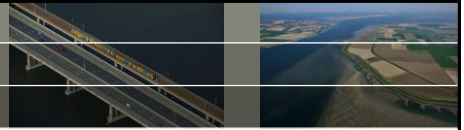


Figure 1.22: Drowned gate flow

24 mei 2018

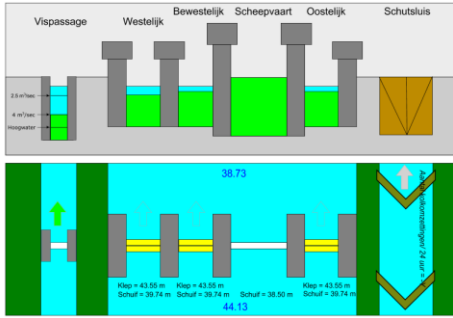
Deltares

RWsOS IWP



Stuw Borgharen (10 min)

Periode 23-05-2018 van 09:10 tot 09:30



Waterbalans Stuwpannd Borgharen

Balans in (m³/s):
St. Pieter 122.85
Totaal in 122.85

Balans uit (m³/s)
Bunde -
Smeermaas 14.62
Vispassage 4.00
Totaal uit -

Object Borgharen

Q-Vispassage = 4.00
Q-Westelijk = 0.00
Q-Bewestelijk = 0.00
Q-Oostelijk = 0.00
Q-Lakverlas = 3.00
Q-Schutten = 0.00
G-Totaal = 7.00

Legenda

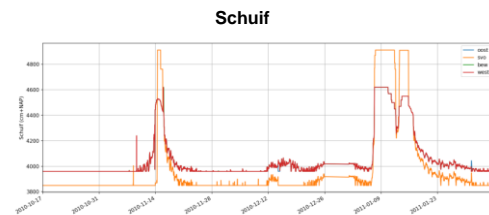
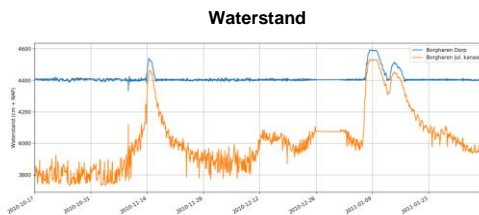
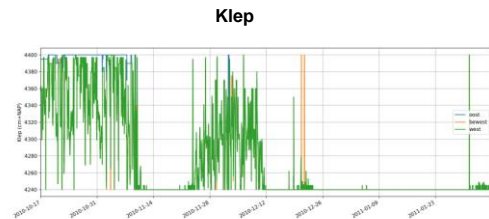
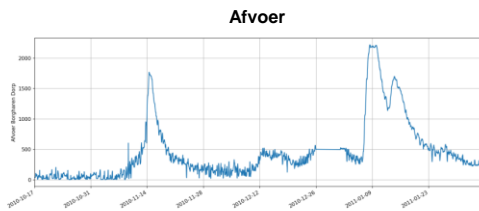
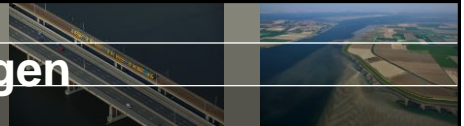
	= normale aan- of afvoer	-	Geen data	Schuren en Pompen:		= storing / onderhoud
	= geen aan- of afvoer	5.2	Debiet in m³/s		= dicht / uit	
	= externe aan- of afvoer	11.32	Waterstand in m NAP		= open / aan	
	= onbekend	3Y	Handmatige invoer		= onbekend	

Schuifopening in m = klepbedrijf = schuifbedrijf = hefbedrijf

24 mei 2018



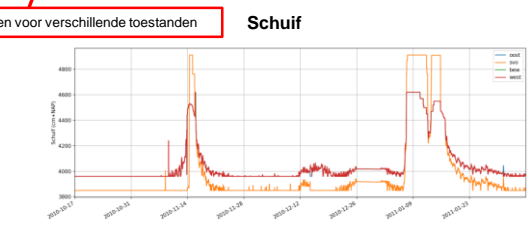
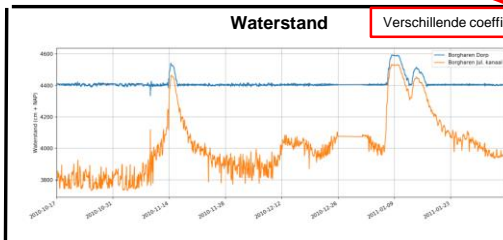
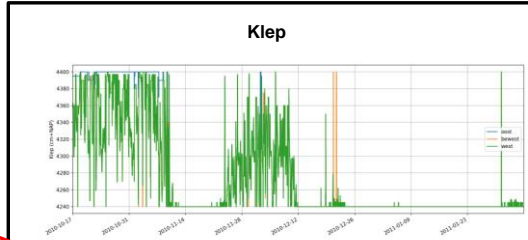
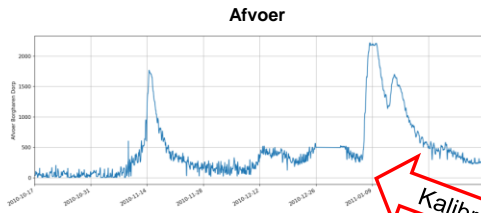
HW2011: klep en schuifmetingen



24 mei 2018



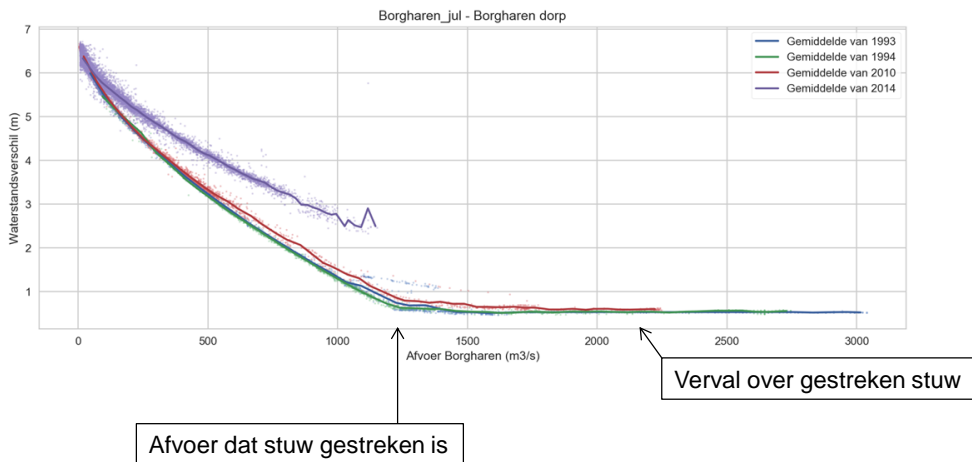
HW2011: klep en schuifmetingen



24 mei 2018



Waterstandsmetingen



24 mei 2018



Lage afvoeren: vistrap en schutsluis



Vistrap:

- Inlaat gecontroleert met regelwerk
- 2.5 m³/s (lage afvoer) tot 4 m³/s

Minimum debiet Grensmaas: 10 m³/s
(hydrobiologie)

→ Meenemen in stuwsturing



Schutsluis

Functie van:

- Kolkoppervlak
- Aantal schuttingen
- Waterstandsverschil

→ Meenemen in randvoorwaarden

24 mei 2018

Deltares

Stuwmodellering voor alle situaties



24 mei 2018

Deltares

Workshop KpNK 24 mei, 2018

Kunstwerken in Netwerkmodellen

Otto: Doelstelling is om informatie over Kunstwerken toevoegen aan netwerkmodellen. Vandaag praten we over de **gegevens** die we daar voor nodig hebben.

Herbert: we **moeten** de kunstwerken beter in de netwerkmodellen opnemen,

want

6^{de} generatie modellen moeten niet alleen geschikt zijn voor hoogwaterbescherming, maar ook voor andere functies. Daarvoor zijn de kunstwerken nodig.

Modellen

- Operationele modellen 1D (Sobek) en 2D voor meren (Waqua). Naast afvoer en waterstand ook golven, stroming (en zout).
- LSM wordt ook operationeel gebruikt voor waterverdeling
- LSM wordt als naverwerking gebruikt op waterverdelingsmodel.
- Kunstwerken willen we in 123D modellen opnemen om de functies van het kunstwerk in het netwerk te beschrijven.
 - OW: maar ook, b.v. wegens VenR, het functioneren van het kunstwerk in het netwerk: in welke mate is het kunstwerk in staat die functie te vervullen

Gegevens Kunstwerken in Baseline

- Eindambitie: gegevens over kunstwerken opnemen in Baseline, en daar 123D netwerkmodellen van afleiden.
- Detailmodellen (CFD) voor een individueel kunstwerk nemen we niet mee.
 - OW: evt. link naar tekeningen die de geometrie in detail beschrijven
- Afvoercoëfficiënten zijn afhankelijk van het kunstwerk, en worden in 123D verschillend gekalibreerd.

Basisspecificaties RWS

- Objectenboom en functieboom, en een kruistabel
- Definities voor de verschillende objecten (vast en beweegbaar).
- Zou goed kunnen aansluiten op Baseline
 - OW: buitendijks / vaste constructie (= lijnelementen) / en extra: beweegbare constructies
- Otto heeft een karakterisering gemaakt (van punt naar punt, over een lijn, door een koker, regelbaar etc)

Hoe op te nemen in de modellen?

- Nu nog Sobek en D-HYDRO
- Daarbinnen modules: D-FLOW, D-WAQ, etc.
 - In Sobek: D-FLOW-1D
 - In D-HYDRO: D-FLOW-FM
 Er is een namenlijst, met schrijfwijzer.
- We streven naar aansluiting met D-HYDRO, en dus primair me D-FLOW-FM
- Eerst aandacht voor de opzet van de database (Baseline).
- De koppeling naar het rekenhart kan in de (bestaande) programmatuur worden opgenomen.
- Vooral nog voorzien we nog geen aanpassing van de formulering in de rekensoftware
 - OW: mogelijk wel: schutsluis vanwege zoutindringing, en evt. debiet-afhankelijke afvoercoëfficiënt

Wat moet er in de software worden aangepast?

- Check de variabele hoogte van een overstort. Kan dat nu wel op niet in de bestaande software worden doorgerekend/ moeten we dat tzt aanpassen?
- Er komt een uitbreiding uit rondom zoutindringing.
- Er is iets rondom de modellering van de stuwen en brugpeilers

Een paar opmerkingen

- Martin: om te besluiten welke data je moet verzamelen/beheren, moet je weten welke objecten je hoe wilt modelleren – en omgekeerd
 - OW: wat gaan we doen met het document van Martin, met daarin ‘alle’ Kunstwerken in het HWS
- Jaco: blijf de objecten in het veld in de software op dezelfde manier blijven benoemen

Jurjen. Borgharen

- 6^{de} generatie modellen
- Hoe plaats je het kunstwerk in het rooster?
- 8 gridcellen in de breedte van de rivier, en daarmee de stuwen “uitlijnen” in het rooster
- Vistrap en schutsluis als “subgrid”, op de celwanden
- Grootste uitdaging is om de gegevens (zowel fixed als variabel) van de kunstwerken boven tafel te krijgen.
- In de 6^{de} generatie kiezen we voor “gate” ipv. weir in het model.
- Informatie over sturing Borgharen is (deels) operationeel beschikbaar in RWsOS (maar nog niet voor andere locaties)
- Kalibratie van de stuwen verbeteren met aanvullende informatie over de operatie van de stuwen
- Lekdebiet wordt min of meer opgedrukt. Zou een gegeven kunnen zijn vanuit de beschrijving van het kunstwerk

Welke vragen willen we met de modellen beantwoorden?

- Het hele afvoer regiem
 - OW: gezamenlijke conclusie: Ja!
- RWS moet dit gaan aangeven
 - OW: dwz: welke vragen wil RWS kunnen beantwoorden
- Ja, want om te kunnen besluiten welke gegevens in de (kunstwerken) database moeten komen, moeten we weten welke doelen de modellen hebben.
- Of nemen we zoveel mogelijke gegevens op, en kijken we later welke gegevens we daarvan gebruiken voor de modellering van de kunstwerken.
 - OW: gezamenlijke conclusie: blijf met de schematisatie zo dicht mogelijk bij de kunstwerken zelf, dan kan de schematisatie ook zoveel mogelijk vragen beantwoorden; begin niet bij de doelen of de vragen; dat blijkt een 'moeras' (o.a. kruistabel waar discussie over zal blijven bestaan)

Nauwkeurigheid

- Lekdebieten zijn wel relevant, maar de nauwkeurigheid van deze gegevens is lastig.
- Voor waterstanden misschien minder relevant, voor zout dan weer meer relevant.
 - lekdebiet relevant bij o.a. kalibratie stuwen; wel plek geven in de beschrijving, evt in de database: als debiet of als oppervlak
 - nauwkeurigheid: hoeveel decimalen in allerlei gegevens? nader over na te denken
- Martin: we hebben behoefte aan een document met de beschrijving van de (alle?) kunstwerken, zodat duidelijk wordt wat er in de database kan komen.
 - wisselwerking: vanuit de kunstwerken zelf zijn kenmerkende afmetingen /grootheden aan te wijzen, maar (als het goed is) volgen die ook uit de afvoerformules; zie ook laatste sheet
- Yann: over sturing: welke grootheid inclusief de wijze waarop het gegeven is bepaald
 - wat we tegenkomen over sturing mee nemen in de verzameling; het is nu nog geen doel op zich
 - onder IWP is veel verzameld over sturing, maar die is nog niet helemaal consistent of compleet: moeten we die gegevens opnemen in de database, of ernaar verwijzen?
 - Martin: maak (straks) de database leidend; laat beheerder toeleveren aan de database; (Herbert: da's nog wel een dingetje ...)
 - OW: opzet database voor sturing wel zo veel mogelijk gelijkvormig aan opzet in IWP, zodat overdragen van de info van IWP naar Baseline-K eenvoudig is

- Beschrijving van de verschillende typen kunstwerken in de praktijk
- Beschrijving van de verschillende mogelijke kunstwerken in de software
- Iteratief vast stellen of dat compleet – consistent is.
- Welke gegevens zijn er dan per type kunstwerk nodig in de database.
- In elk geval de basisgegevens beschrijven (geometrie) die in de database zouden moeten komen.
- Daarna de sturing.