A photograph of a dam with graffiti on its concrete structure. Water is flowing over the dam, creating white foam. The sky is overcast and grey. A few people are visible on a walkway above the dam.

WL hoogtepunten 2019-2020

Waterbouwkundig Laboratorium



Vlaamse
overheid

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE WERKEN



Voorwoord

Het Waterbouwkundig Laboratorium wil in Vlaanderen en ook internationaal een rol van betekenis spelen in specifieke niches van het water- en sedimentbeheer, nautisch onderzoek en bijhorende watergebonden infrastructuur.

Hierbij geloven wij in de combinatie van terreinmetingen, numerieke en fysieke modellering.

Elk jaar rapporteren we enkele opvallende resultaten en vooruitzichten zonder volledig te willen zijn. Beschouw het als een uitnodiging voor extra toelichting, een bezoek aan onze sites in Antwerpen of Oostende, voor meer samenwerking.

Van onderzoek dat onbemande vaart mee mogelijk maakt, over studie en evaluatie van sturing van nieuwe stuwen en vispassages tot ontwikkeling van een integrale modellen voor de Belgische kust en de Schelde, je vindt het allemaal in deze WL-hoogtepunten.

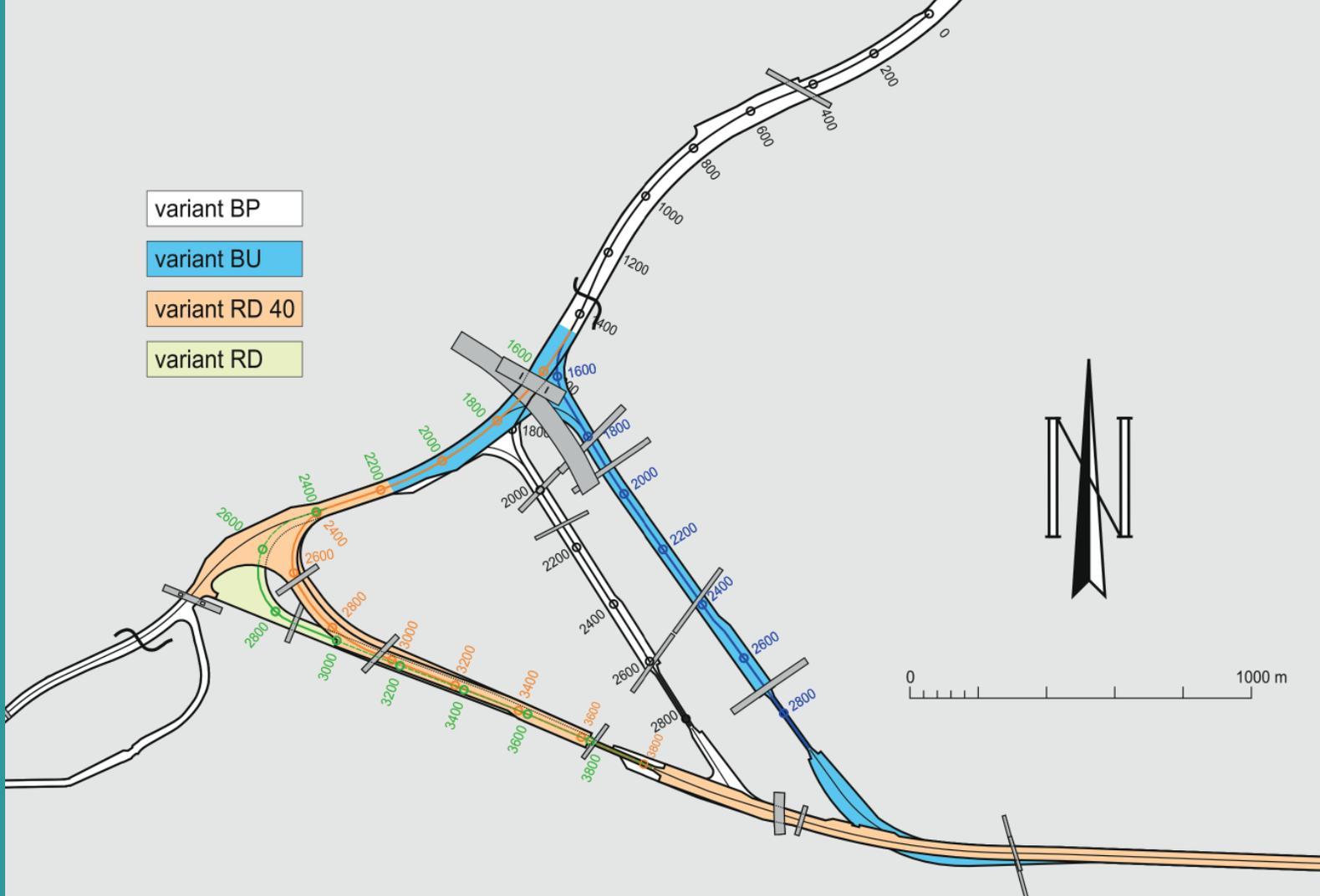
Tot snel!

Dit voorwoord is tevens voor mezelf een afscheid na meer dan 20 jaar op het Waterbouwkundig Laboratorium. Met dank en veel respect voor alle collega's en klanten van onze dienstverlening.

In 2021 treedt immers Karim Bellafkih met frisse blik als nieuw afdelingshoofd aan.

Water
Waterbouw
Waterbouwkunde

Frank Mostaert
Waterbouwkundig Laboratorium



Simulatieonderzoek

Complex Project Kanaal Bossuit-Kortrijk

Het Complex Project Kanaal Bossuit-Kortrijk (<https://www.seineschelde.be/vaarweg/kanaal-bossuit-kortrijk>) beoogt de verbinding van het kanaal Bossuit-Kortrijk met de Leie voor klasse Va binnenschepen (110 m lengte, 11.4 m breedte). Momenteel is er enkel via drie sluisen toegang tussen beide waterwegen voor de kleinste klasse I binnenschepen. Rekening houdend met de schaalvergroting werd ook de toegankelijkheid van een 135 m klasse Va+ schip onderzocht.

Er zijn drie tracé-alternatieven (ook met varianten) die door Nautica onderzocht werden door middel van simulatieonderzoek met twee binnenschippers op simulator Lara in opdracht van De Vlaamse Waterweg.

De vier tracé-alternatieven en varianten zijn een rechtdoor tracé, variant RD_RD (geel in bovenstaande figuur), een rechtdoor tracé met bocht, RD_40 (oranje), een bypass tracé, variant BP (wit) en een ringtracé, variant BU (blauw). Er werden meer dan 110 simulaties uitgevoerd waarbij scheepsklassen IV, Va en Va+ het knooppunt bevaren vanuit

de richting van Kortrijk of vanuit Harelbeke bij stroomafwaartse debieten die werden gekozen als 150 m³/s voor klasse IV en Va schepen en 100 m³/s voor klasse Va en Va+ schepen. Eénmaal werd voor een simulatie met klasse Va+ het debiet verlaagd naar 75 m³/s. De beoordeling van de schippers verschilt niet significant voor de verschillende varianten. Verder blijkt ook uit de analyse van roer-, schroef- en boegschroefgebruik dat er wel nog reserve is op het stuur- en machinevermogen voor de verschillende varianten maar dat dit afneemt voor de klasse Va+ gezien de grootte van dit schip ten opzichte van de manoeuvreerruimte in de verschillende varianten. Het simulatieonderzoek toonde aan dat vanuit nautisch oogpunt de voorkeur uitgaat naar de varianten BP, BU en RD_40 mits specifieke aanpassingen of aandachtspunten voor elk van deze varianten.

Complex Project Nieuwe Sluis Zeebrugge

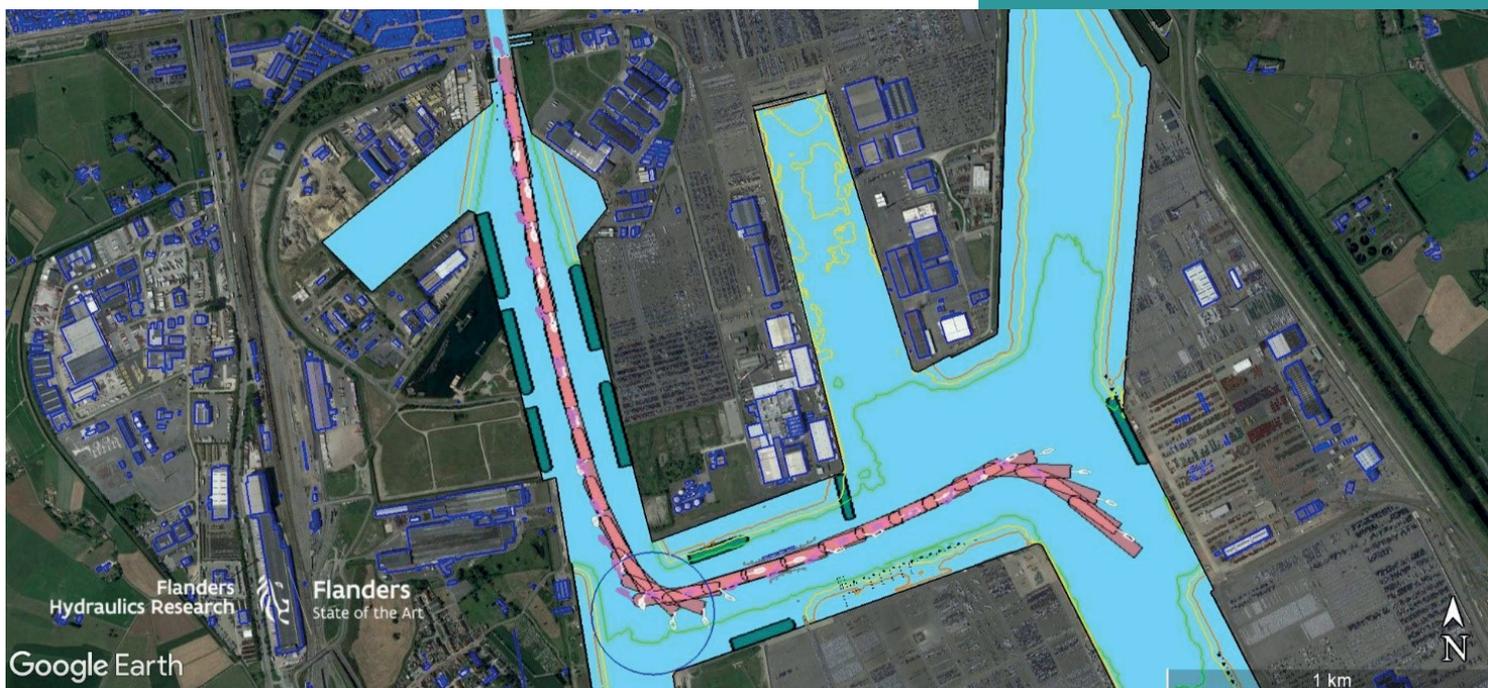
Op vraag van de afdeling Maritieme Toegang onderzoekt het Waterbouwkundig Laboratorium de nautische optimalisatie van de voorkeurslocatie 'Visart' vastgelegd door de Vlaamse Regering voor Complex Project Nieuwe Sluis Zeebrugge (Vlaamse Overheid, 2019).

Begin 2020 werd op basis van een deskstudie en analyse van eerdere simulatieprogramma's een eerste beoordeling uitgevoerd van de Visart-alternatieven. De resultaten uit deze voorstudie werden besproken met de opdrachtgever, de beide betrokken loodswezens (DAB Loodswezen en CVBA Brabo) en het havenbedrijf (MBZ), waarop beslist werd om een realtime simulatiestudie op te starten voor de nautische optimalisatie van het sluisontwerp.

Het eerste luik van deze simulatiestudie werd uitgevoerd in de periode maart tot november 2020, waarbij twee mogelijke varianten van de Visart-sluis met elkaar vergeleken werden. Deze ontwerpen onderscheiden zich voornamelijk in variaties van de Buitenhaven. Aangezien de Visart-locatie ook gepaard gaat met belangrijke knelpunten in de Achterhaven, werden er ook voor deze locatie verschillende alternatieven onderzocht in de simulatiestudie. Hierbij werd eveneens rekening gehouden met enkele door MBZ besliste

infrastructuurwerken, waarvan de belangrijkste de bouw van een nieuwe brug over het Verbindingsdok betreft. Ook de mogelijkheid tot scheepsontmoetingen in de Achterhaven werden onderzocht door toepassing van twee gekoppelde vaarsimulatoren. Er werden in 2020 twee simulatiedagen naar de Buitenhaven - met Kustloodsen van DABL - en twee simulatiedagen naar de Achterhaven - met dokloodsen van CVBA Brabo - georganiseerd. Op elk van de simulatiedagen werden de sleepboten bediend door een ervaren sleepbootkapitein van Boluda Towage. Het ontwerpschip dat in de studies toegepast werd, betrof een car-carrier met afmetingen 265 m x 40 m.

Op basis van de simulaties uit 2020 werden zowel aan de Buitenhaven als Achterhaven nautische optimalisaties voorgesteld en werden de beide varianten verder gedetailleerd binnen het project CP NSZ. Deze verdere uitwerking van CP NSZ vormt in voorjaar en zomer 2021 het onderwerp van een volgende simulatieronde.



Complex Project Extra Containerbehandeling-capaciteit Antwerpen

In het kader van het onderzoek voor het Complex Project Extra Containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen werd in de simulatoren van het Waterbouwkundig Laboratorium een multiplayer functionaliteit ontwikkeld waarbij in één simulatieomgeving vier bemande simulatoren kunnen ingezet worden. Hiervoor werden de full-mission simulatoren sim225 en sim360+ ingezet als ook de binnenvaartsimulator Lara en een nieuwe desktopsimulator met beperkt buitenbeeld en console, sim5 (zie figuur hieronder).



Doel van het inzetten van een multiplayer omgeving is om scenario's waarbij vier Ultra Large Containerschepen met elkaar in interactie gaan, in realtime uit te voeren. Deze functionaliteit wordt toegepast om de noodzakelijke afspraken bij het passeren van de monding van het Deurganckdok te onderzoeken voor ULCS die als bestemming of vertrekpunt het Deurganckdok of het Tweede Getijdendok hebben. Een voorbeeld van een scenario waarbij vanop de vier simulatoren vier ULCS schepen werden bediend is voorgesteld in onderstaande figuur.



Ontwikkeling track controllers voor onbemande vaart

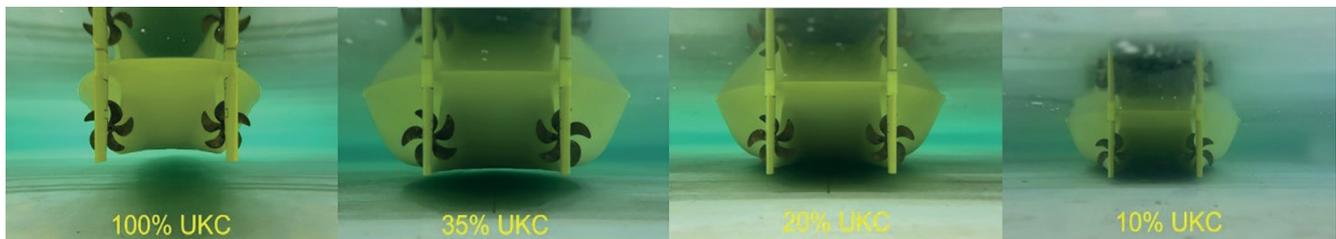
Een schip dat onbemand de wereld rondvaart dient te beschikken over zintuigen en hersenen. De zintuigen zijn de sensoren die informatie opnemen uit de omgeving en de vaarweg. De hersenen wordt doorgaans aangeduid met artificiële intelligentie. Deze laatste werkt op basis van diepe leermethoden: er wordt stap voor stap iets aangeleerd aan het schip zodat het leert met vallen en opstaan, maar vooral door te onthouden, en het schip de informatie die het verkrijgt via sensoren correct kan interpreteren en een adequate actie kan ondernemen.

Om actie te ondernemen kan een schip gebruik maken van de ter beschikking gestelde controle-organen, namelijk de schroeven en de roeren. Veronderstel dat het schip de input krijgt dat het een bocht dient te nemen, dan zal de adequate actie een roeruitwijking zijn in de correcte richting, zodat het schip begint te gieren. Het wiskundige algoritme dat bepaalt op welke manier schroef en roer ingezet dienen te worden om een vooropgestelde traject te volgen wordt een track controller genoemd.

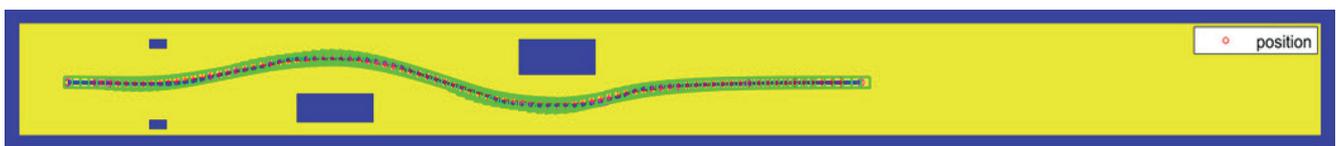
Binnen zijn doctoraatsonderzoek ontwikkelde Changyuan Chen (Universiteit Gent) verschillende track controllers voor onbemand varen. Deze werden in eerste instantie toegepast in de sleeptank en vervolgens toegepast over langere trajecten in een simulatieomgeving van de Westerschelde en in het Panamakanaal.

In 2019 werd in de sleeptank voor manoeuvres in beperkt water (Antwerpen) een innovatief vrijvarend programma uitgevoerd (https://www.youtube.com/watch?v=_3NElcqjrLM). Tijdens een vrijvarende proef, voert het scheepsmodel op eigen kracht een traject uit in de sleeptank, aangestuurd door een autopilot die geprogrammeerd wordt. De sleepwagen zorgt voor de versnelling van het scheepsmodel om het daarna vrij te laten en zo goed als mogelijk te volgen tijdens de proefuitvoer. Op het einde remt de sleepwagen het model ook af.

Het nautische onderzoek op WL focust op ondiep water, vandaar dat de proeven zijn uitgevoerd bij kielspelingen van 10 % tot 100 % van de diepgang.



De ontwikkelde track controllers werden ingezet om het scheepsmodel een baan te laten volgen. Deze wordt gedefinieerd door het plaatsen van waypoints en het schip dient van waypoint naar waypoint te varen en zo weinig mogelijk af te wijken. Een voorbeeld wordt hieronder getoond.



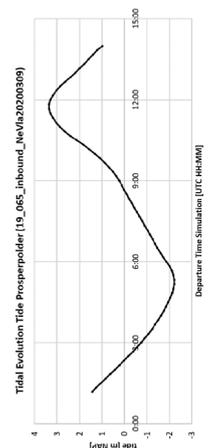
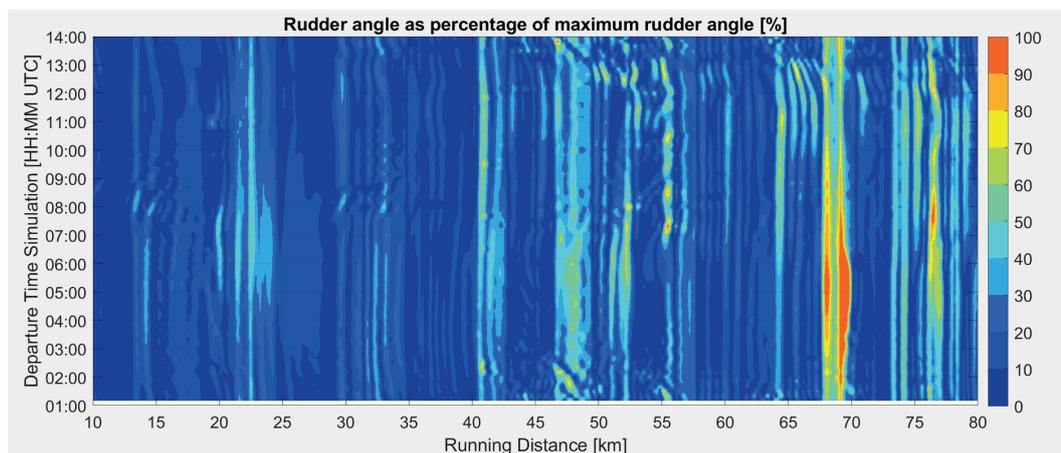
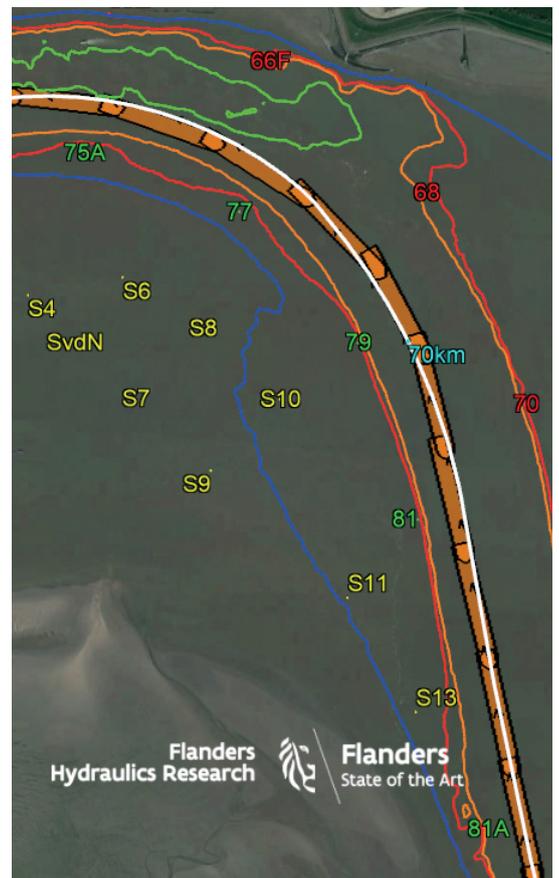
Om van waypoint naar waypoint te varen dient op elk ogenblik de optimale koers bepaald te worden. Dit gebeurt door vooruit te kijken over een bepaalde afstand en dan een optimale koers te berekenen. Wanneer de koers gekend is, kan de roeractie berekend worden door middel van verschillende controlealgoritmes die in de sleeptank met elkaar vergeleken werden. Bijkomend werd ook een controlealgoritme ontwikkeld dat het schroeftoerental varieert in functie van een vooropgestelde snelheid.



De track controllers ontwikkeld in het doctoraats-onderzoek van Changyuan Chen werden eveneens geïmplementeerd in de vaarsimulatoren van het Waterbouwkundig Laboratorium en laten daar toe om onbemande simulaties uit te voeren. Deze methode werd toegepast voor het ontwikkelen van een bevaarbaarheids criterium voor de op- en afvaart door containerschepen op de Westerschelde (zie figuur boven).

Zowel een opvarend als afvarend traject werd (fasttime) gesimuleerd gedurende een volledige 13h springtijcyclus door elke 10 minuten een simulatie aan te vatten in de bathymetrie uit 2019. De vaarsnelheden door het water werden gedefinieerd op basis van AIS-registraties van werkelijke scheepvaart.

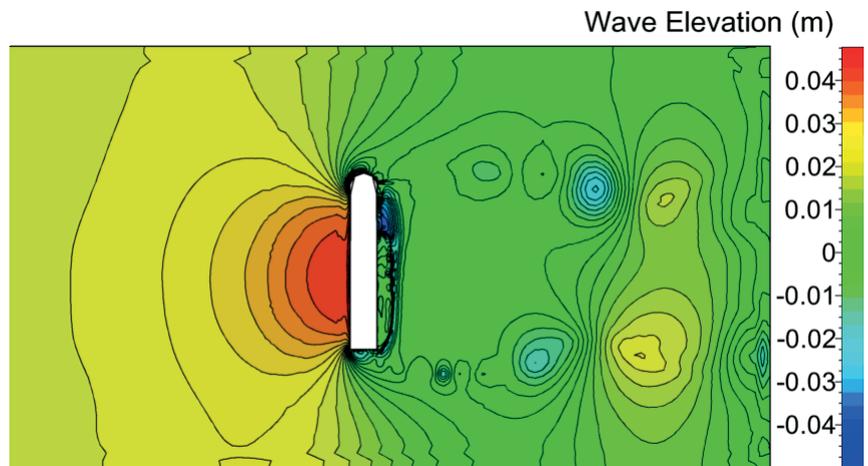
De bevaarbaarheid van het traject werd geëvalueerd op basis van het roergebruik en de trajectafwijking tijdens onbemande vaarsimulaties. De methode laat toe om de nautische maatgevende locaties, stroom- en waterstandscondities te identificeren en kan toegepast worden om historische evoluties in de bevaarbaarheid van de Westerschelde te onderzoeken. Als voorbeeld wordt in onderstaande figuur het roergebruik in opvaart weergegeven in functie van de baanafstand langs het traject (horizontale as) en in functie van de tijd gedurende de 13h-tijdcyclus (verticale as). De figuur illustreert duidelijk de nautisch maatgevende condities in de bocht van Bath (km 69) bij laag water waarbij de kleinste kielspelingen en de belangrijkste oevereffecten optreden.



CFD berekeningen aanvullend aan experimenteel onderzoek

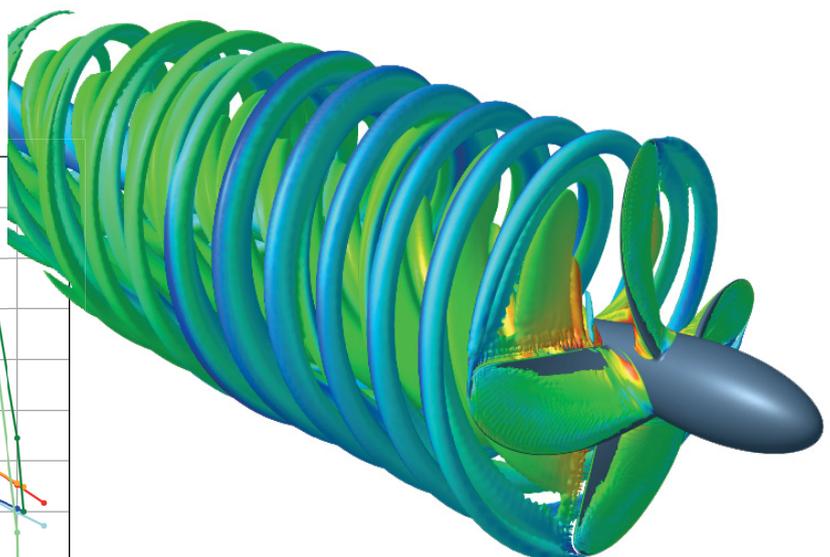
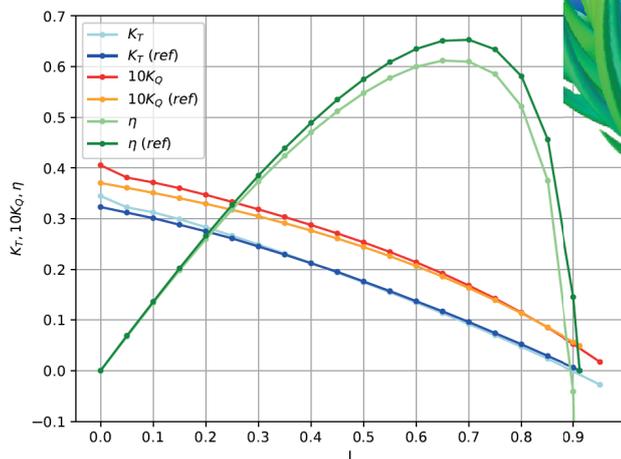
Invloed van kielspeling en diepgang op het vaargedrag van een duwkonvooi bij 90 graden drift

Voor het project 'Étude des conditions de navigation pour la traversée de Paris' werden fast-time en real-time simulaties uitgevoerd met een selectie van duwkonvoeien van verschillende lengtes (150 m en 180 m) met diepgangen van 2.8 m en 1.7 m. Zulke duwkonvoeien waren niet beschikbaar in de simulatoren van het Waterbouwkundig Laboratorium. Voor dit project werd met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) software, de invloed van kielspeling en diepgang op het gedrag van het schip tijdens een pure verzet (laterale) beweging numeriek bepaald. De resultaten van deze berekeningen werden gebruikt om een bestaand wiskundig model van een duwkonvooi geschikt te maken voor het onderzoek voor Parijs. De bovenstaande figuur toont de vervorming van het wateroppervlak rond de duwbak terwijl deze in een kanaal van rechts naar links beweegt bij 90 graden drift.



Bepaling van open-water propeller karakteristieken

De onderzoeksgroep Nautica neemt deel aan de SIMMAN 2020 'Workshop on Verification and Validation of Ship Manoeuvring Simulation Methods' die wegens de coronapandemie uitgesteld is naar 2021. Voor deze workshop werden twee papers ingediend, één met een focus op het afleiden van een wiskundig model op basis van experimentele data, en een tweede waarbij de focus ligt op het bepalen van rompkrachten m.b.v. CFD. Voor dit laatste onderdeel is gebruik gemaakt van de door SIMMAN aangeleverde open-water propeller karakteristieken om het effect van voortstuwing op het gedrag van het schip op een efficiënte manier in het CFD model in rekening te brengen met behulp van een trekkend schijfmodel (actuator disk). Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft geen geschikte experimentele faciliteiten om deze data zelf te bepalen, maar kan dit wel doen m.b.v. CFD software. Hiervoor werd de propeller van de KVLCC romp in een virtuele sleeptank geplaatst waarbij voor verschillende voortgangscoefficienten, de stuwkracht en het torsiemoment bepaald werden, zoals weergegeven aan de linkerkant van onderstaande figuur. In de rechterfiguur wordt het zog dat ontstaat achter de draaiende propeller, weergegeven.





Ware-grootte scheepsmetingen Westerschelde

Op heden implementeert de Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit (GNA) een probabilistische toegankelijkheidsberekening voor de zeehavens langsheen de Westerschelde. Binnen het DKS-project (Dynamische KielSpeling) zal de toegankelijkheid van een schip tot een haven berekend worden op basis van een aanvaardbaar (lees: erg klein) risico dat het schip de bodem raakt en een bijkomend kielspelingscriterium dat de manoeuvreerbaarheid van het schip dient te garanderen. Beide criteria (kans op bodemraking en manoeuvreermarge) vereisen een betrouwbaar voorspellingsmodel voor de verticale scheepsbewegingen.

In 2015-2016 werden door het Waterbouwkundig Laboratorium en de afdeling Maritieme Techniek van de Universiteit Gent een eerste meetcampagne geanalyseerd op acht opvarende bulkschepen naar de haven van Vlissingen-Sloehaven. In 2018-2020 werd een tweede meetcampagne uitgevoerd. Deze maal waren het meetvaarten op (voornamelijk) afvarende containerschepen uit de haven van Antwerpen.

In totaal werden er negen containerschepen opgemeten tijdens hun traject over zowel de Westerschelde als het zeetraject. Deze ULCS (Ultra Large Container Ships) zijn de grootste schepen die ten tijde van de metingen de haven van Antwerpen aanliepen en hadden scheepslengtes tussen 366 m en 400 m. De metingen aan boord van schepen werden uitgevoerd door het Vlaamse Loodswezen (DABL). Hiervoor werd het

positioneringssysteem dat de loodsen gebruiken voor hun beloodsingsopdracht (Full SNMS) uitgebreid met een bijkomende GPS-antenne waardoor de bewegingen van het schip in zes vrijheidsgraden opgemeten konden worden. Bovendien installeerden de loodsen ook een door WL ontwikkelde cameraopstelling, die elke seconde een gesynchroniseerde foto nam van de wijzerplaten van roerhoek en schroeftoerental. Op die manier werd een volledige registratie bekomen van zowel de scheepsbewegingen als van de besturing van het schip.

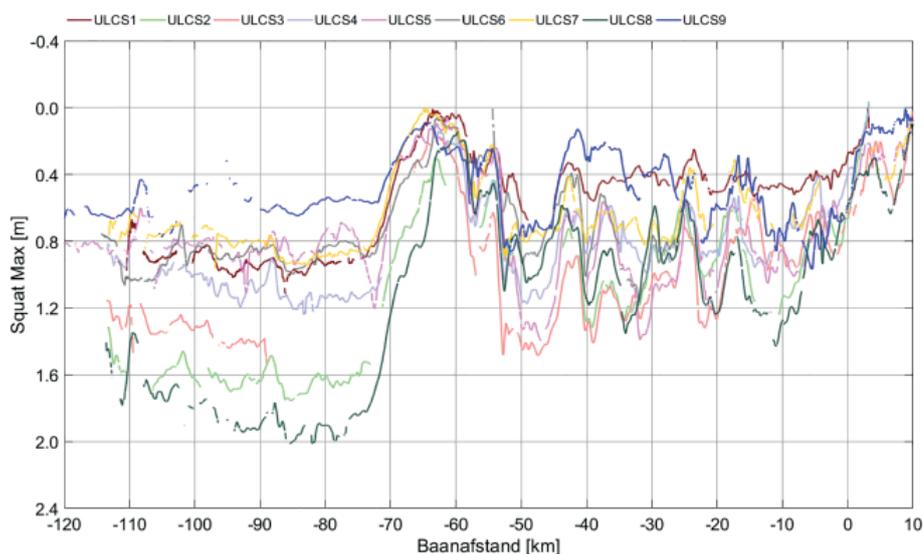
WL en UGent analyseerden de meetdata en combineerden deze met beschikbare omgevingsdata zoals bodem, getij, stroming, dichtheid, golven en ander scheepvaartverkeer (AIS). Op basis van de analyse konden de verticale bewegingen van de schepen toegeschreven worden aan verschillende oorzaken. De belangrijkste verticale bewegingen op de Westerschelde bleken gerelateerd aan squat (waterspiegeldaling door de voorwaartse beweging van het schip) en aan de slingerbeweging van het schip. Beide fenomenen werden meer in detail onderzocht. Hierbij bleek de invloed van vaarsnelheid (ten opzichte van het water) en kielspeling op squat duidelijk waarneembaar uit de metingen. Bovendien bleken ook de schepen onderling en belangrijke variatie in squat te vertonen, zoals getoond in onderstaande grafiek waarin de maximale squat van het schip (aan boeg of hek) weergegeven wordt. Op basis van de metingen werd een conservatieve squatformule ontwikkeld die veilig toepasbaar is voor ULCS op de Westerschelde.



De slingerbeweging van de schepen op de Westerschelde bleek het gevolg te zijn van een complex samenspel van verschillende factoren waarvan de belangrijkste waren: de vaarsnelheid en giersnelheid in bochten; de grootte en sequentie van roeruitslagen; de wind en de stabiliteit van het schip. Voornamelijk de invloed van roerwerking op de slingerbeweging van schepen bleek sterk verschillend van schip tot schip en bemoeilijkte de definitie van een eenduidig voorspellingsmodel.

De studie gaf aanleiding tot waardevolle inzichten in de verticale scheepsbewegingen van grote containerschepen op de Westerschelde en leverde validatiemateriaal ten opzichte waarvan de DKS-berekeningen afgetoetst kunnen worden.

Maximale squat opgemeten voor negen ULCS



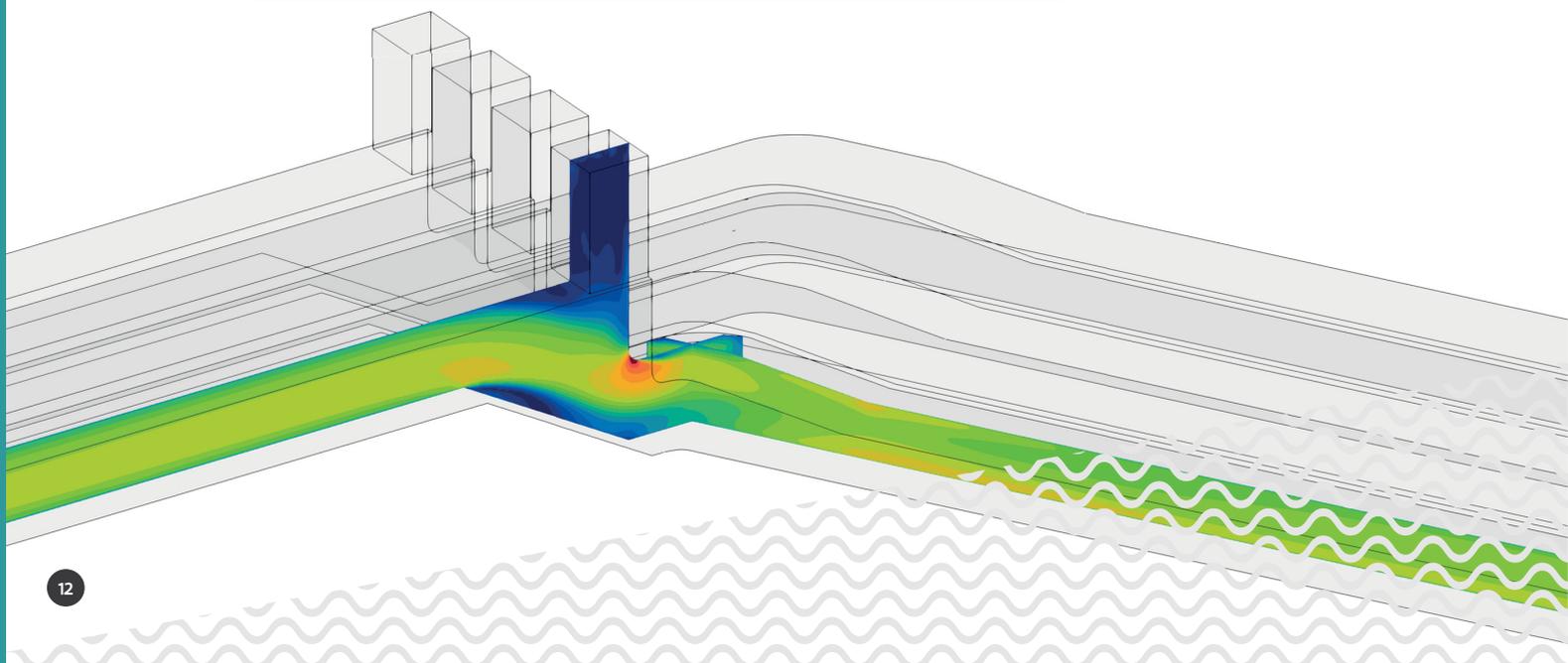
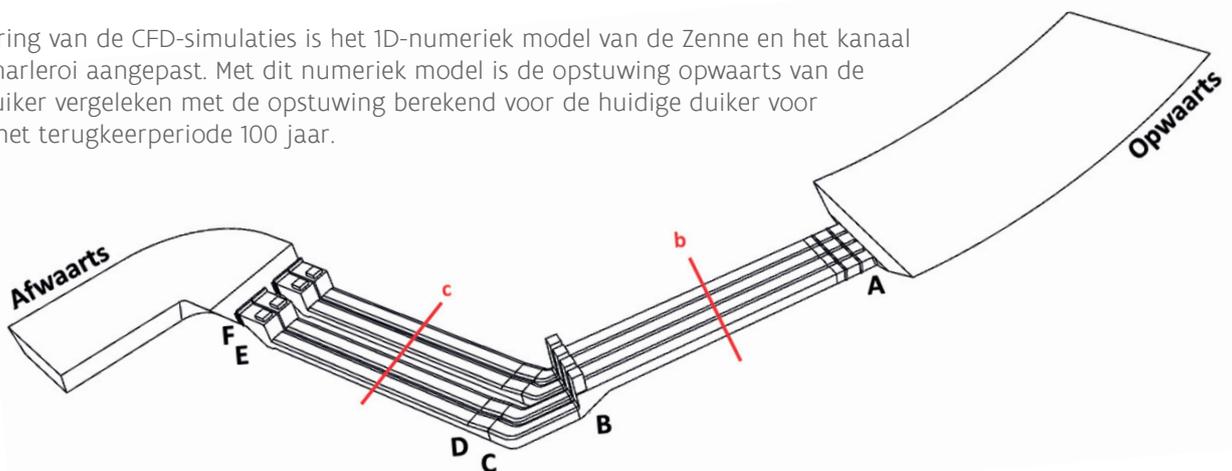
Ontwerp kruising Zenneduiker Halle met kanaal Brussel-Charleroi

Net opwaarts van de sluis te Halle wordt de Zenne door middel van een duiker onder het kanaal Brussel-Charleroi geleid. De huidige duiker bestaat uit 4 kokers dewelke na de kruising overgaan in 2 kokers. In het kader van de verdieping van het kanaal Brussel-Charleroi dient een nieuwe, dieper gelegen, duiker voorzien te worden voor de Zenne. Door het studiebureau SBE werd in het verleden reeds een voorontwerp opgemaakt van een nieuwe duiker die het kanaal schuin kruist. Hierbij werd zowel een schuine kruising opwaarts de sluis te Halle als afwaarts de sluis beschouwd. Door de Vlaamse Waterweg nv (DVW) werd bij de verdere uitwerking van het ontwerp opgemerkt dat een loodrechte kruising van het kanaal vanuit constructief en economisch oogpunt voordeliger is dan een rechte kruising. Ook de uitvoeringswijze van de duiker onder het kanaal werd nog open gehouden.

DVW heeft het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) gevraagd om de mogelijkheid van een loodrechte kruising hydraulisch te onderzoeken en om te onderzoeken hoe deze nieuwe duiker het waterpeil van de Zenne opwaarts van de duiker beïnvloedt. Om deze vragen te beantwoorden is de opstuwung in de Zenne bepaald voor een aantal varianten van de nieuwe duiker. Eerst is in overleg met de opdrachtgever, voor zowel voor de opwaartse als de afwaartse ligging van de nieuwe duiker, een ontwerp gemaakt van een loodrechte kruising van het kanaal door de duiker.

Vervolgens is de stroming door de huidige duiker en door de varianten van de nieuwe duiker bepaald aan de hand van numerieke modellering met Computational Fluid Dynamics (CFD). Simulaties zijn uitgevoerd voor de huidige duiker, het initieel ontwerp van de opwaartse en de afwaartse variant van de loodrechte kruising en een aantal geoptimaliseerde geometrieën voor de opwaartse en de afwaartse variant. Voor deze simulaties zijn het berekende stromingspatroon in de duiker, de hydraulische verliezen van de verschillende onderdelen van de duiker, de waterpeilverhoging tussen inlaat en uitlaat van de duiker en de verdeling van het debiet over de kokers onder het kanaal met elkaar vergeleken.

Na uitvoering van de CFD-simulaties is het 1D-numeriek model van de Zenne en het kanaal Brussel-Charleroi aangepast. Met dit numeriek model is de opstuwung opwaarts van de nieuwe duiker vergeleken met de opstuwung berekend voor de huidige duiker voor een was met terugkeerperiode 100 jaar.



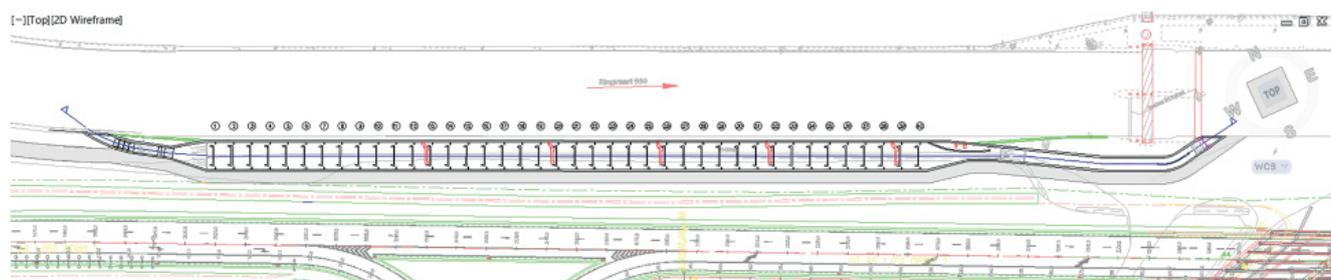
Hydraulisch ontwerp vispassage Merelbeke

Ter plaatse van het stuwsluiscomplex op de Schelde te Merelbeke voorziet de Vlaamse Waterweg (DVW) een nieuwe vispassage om dit belangrijke vismigratieknelpunt te kunnen oplossen. Hierdoor kunnen vissen vanuit de Zeeschelde zowel de Leie als de Bovenschelde terug bereiken. DVW heeft het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) gevraagd om het hydraulisch ontwerp voor deze nieuwe vispassage in nauwe samenwerking met het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) uit te werken.

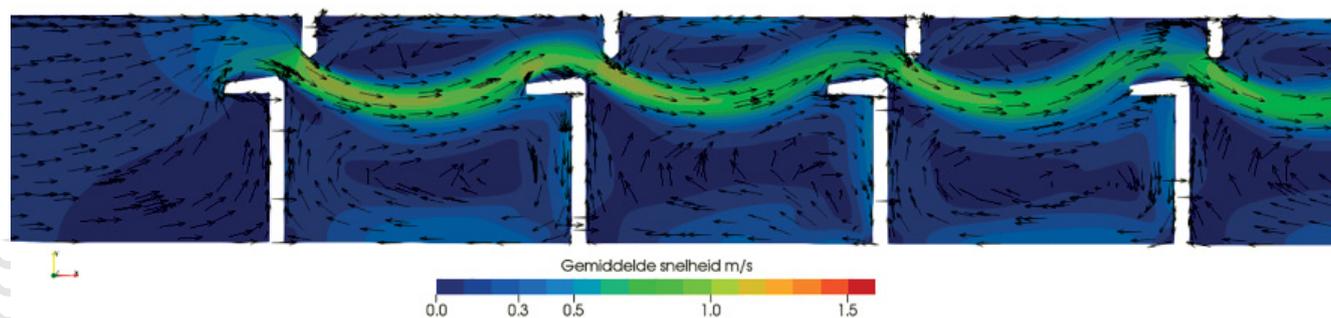
Gezien de beperkte tijd was een schaalmodelstudie niet mogelijk. Mede daarom werd voor het hydraulisch ontwerp vertrokken van een al gerealiseerde en goed gemonitorde vispassage op de Elbe te Geesthacht in Duitsland. Naast de doelsoorten komen de hydraulische randvoorwaarden op die locatie namelijk goed overeen met die te Merelbeke: een relatief vast opwaarts streefpeil en afwaarts een tijwerking van enkele meters. Dit ontwerp betreft een dubbelslot-vispassage met inbreng van toegevoegd debiet.

Tijdens de normale werking van de vispassage bedraagt het grootste verval over de vispassage 3,6 m. Bij een gekozen verval per bekken van 0,09 m zijn 40 bekkens nodig. De afmetingen van de sloten en bekkens zijn bepaald op basis van de doelsoorten en de ruimtelijke en hydraulische randvoorwaarden. Op deze wijze werd een slotbreedte van 0,70 m en een slotdiepte van 1,3 m gekozen en werd een benodigde bekkenbreedte van 9 m en een bekkenlengte van 6 m bekomen. Bij het grootste verval stroomt er circa 2 m³/s door de vispassage. Onder invloed van de stijging van het afwaartse waterpeil kan dit vispassagedebiet afnemen tot circa 1,5 m³/s.

Bij stijging van het afwaartse waterpeil nemen de stroomsnelheden voornamelijk in de meest afwaartse sloten en bekkens (sterk) af. Daarom is het nodig om een toegevoegd debiet in te brengen in enkele bekkens. Op die manier kan bij alle waterstanden in normale omstandigheden een voldoende attractieve stroming, met voldoende hoge stroomsnelheid, gerealiseerd worden in de gehele vispassage. Dit toegevoegd debiet wordt in de betreffende bekkens onder vrij verval ingebracht via buizen die zijn verbonden met het opwaartse pand. Doormiddel van een vlotter, die is verbonden aan een regelschuif, wordt de grootte van het debiet op elk van deze inlaatpunten mechanisch geregeld op basis van het afwaartse peil.



Grondplan dubbelslotvispassage te Merelbeke



Stroompatronen bepaald met behulp van CFD

Ook afwaarts van de bekkens van de vispassage wordt, afhankelijk van de afwaartse waterstand, extra debiet ingelaten om de stroming in het afwaartse kanaal naar de monding voldoende sterk te houden en tevens te zorgen voor een goede lokstroom ter plaatse van de monding net afwaarts van de stuwen. Afhankelijk van de afwaartse waterstand en het beschikbare debiet op de rivier kan het totale debiet door de vispassage op deze wijze variëren tussen circa 1,5 m³/s en 5,5 m³/s.

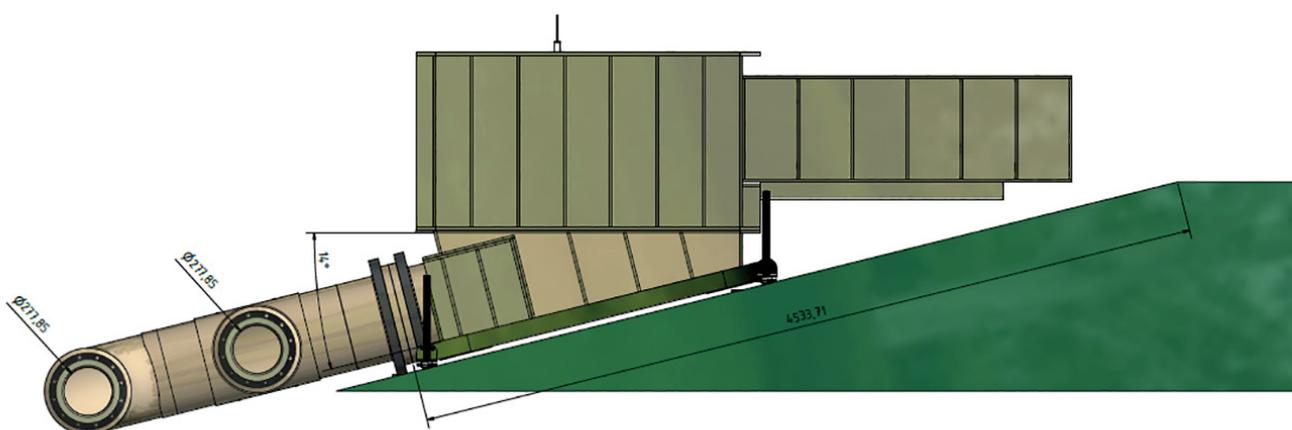
Het hydraulische ontwerp van deze dubbelslot-vispassage werd uitgewerkt doormiddel van bureaustudie en numerieke modellering met Computational Fluid Dynamics (CFD). Vooral de stroming in de bekkens, de grootte en locaties voor het inbrengen van het toegevoegd debiet en de oriëntatie en vormgeving van de monding waren daarbij belangrijke aandachtspunten.



Artist impression nieuwe vispassage te Merelbeke
(met op voorgrond buizen voor inbrengen van het toegevoegd debiet)

Bouw overloopgenerator voor toepassing bij dijksterkteproeven in het kader van Living Lab Hedwige Prosperpolder

In de Hedwige-Prosperpolder, op de grens tussen Nederland en Vlaanderen, wordt in het kader van het geactualiseerde Sigmaphan door de Vlaamse Waterweg nv een nieuwe ringdijk aangelegd ter vervanging van de huidige Scheldedijk. Vooral de huidige Scheldedijk verwijderd wordt, biedt deze een unieke gelegenheid voor het uitvoeren van in-situ proeven en crisisoefeningen. Zo ontstaat tijdens de aanlegfase van de nieuwe ringdijk een uniek Living Lab, het Living Lab Hedwige-Prosperpolder (LLHPP). Binnen dit Living Lab werd op initiatief van het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) en de Nederlandse Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) het project Polder2C's opgestart. Het Polders2C's project, een onderdeel van het programma INTERREG 2 Zeeën, is een samenwerkingsverband tussen Nederland, België, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk. Binnen dit project worden op de ongeveer 3 km lange huidige Scheldedijk tussen 2020 en 2022 dijksterkteproeven (golfoverslag, overloop, ...) en bresproeven uitgevoerd, wordt getest hoe schade kan hersteld worden, worden dijkinspecties uitgevoerd en vinden gezamenlijke crisisoefeningen plaats.



Voor deze dijksterkteproeven is door WL een overloopgenerator ontwikkeld, waarmee het overlopen van water over de kruin van de dijk kan worden gesimuleerd. Via pompen en leidingen wordt het water aangevoerd naar de generator, die zich aan rivierzijde van de dijk bevindt. Vervolgens stroomt een welbepaalde hoeveelheid water via een door middel van schotten afgebakende teststrook naar beneden over de landzijde van de dijk.

De overloopgenerator bestaat uit drie elementen van High Density Polyethyleen (HDPE) kunststof, die toelaten om de generator aan te passen aan de taludhelling van de dijk. De generator heeft een breedte van 2 m en is ontworpen voor een maximaal debiet van 1 m³ /s, wat overeenkomt met een overloophoogte van 50 cm boven de kruin van de dijk. Het inkomend debiet wordt centraal onderaan de generator toegevoegd en over de breedte van de generator verdeeld door middel van een geperforeerde koker. De openingen van deze koker zijn zo gekozen dat de verdeling van het debiet over de breedte relatief uniform is.

Daarnaast is de overloopgenerator uitgerust met een data-acquisitiesysteem, waarmee debiet, waterhoogte op de kruin, waterhoogte op drie locaties op het talud en stroomsnelheid op drie locaties op het talud gemeten kunnen worden. Ook is een camerasysteem met twee portieken en elk twee camera's aanwezig. De beelden van deze camera's worden getransformeerd en samengevoegd aan de hand van markers waarvan de coördinaten opgemeten zijn met een RKT GPS-toestel. Met deze opstelling worden opnames gemaakt van het wateroppervlak, de stroming, schadebeelden en worden Particle Tracking Velocimetry (PTV) metingen uitgevoerd.

Met deze overloopgenerator werden op de Scheldedijken van de Hedwige-Prosperpolder in november 2020 een eerste reeks en in februari-maart 2021 een tweede reeks proeven uitgevoerd. De inzichten uit deze metingen worden momenteel verwerkt en geanalyseerd binnen het P2C's project en de uit de proeven volgende kennis zal door middel van rapporten, de website Polder2Cs.eu, workshops, cursussen, ... kenbaar gemaakt worden. Het doel van deze overloopprouwen is om inzicht te krijgen in de sterkte van de toplaag van een dijk tegen overloop en in de parameters die deze sterkte beïnvloeden.

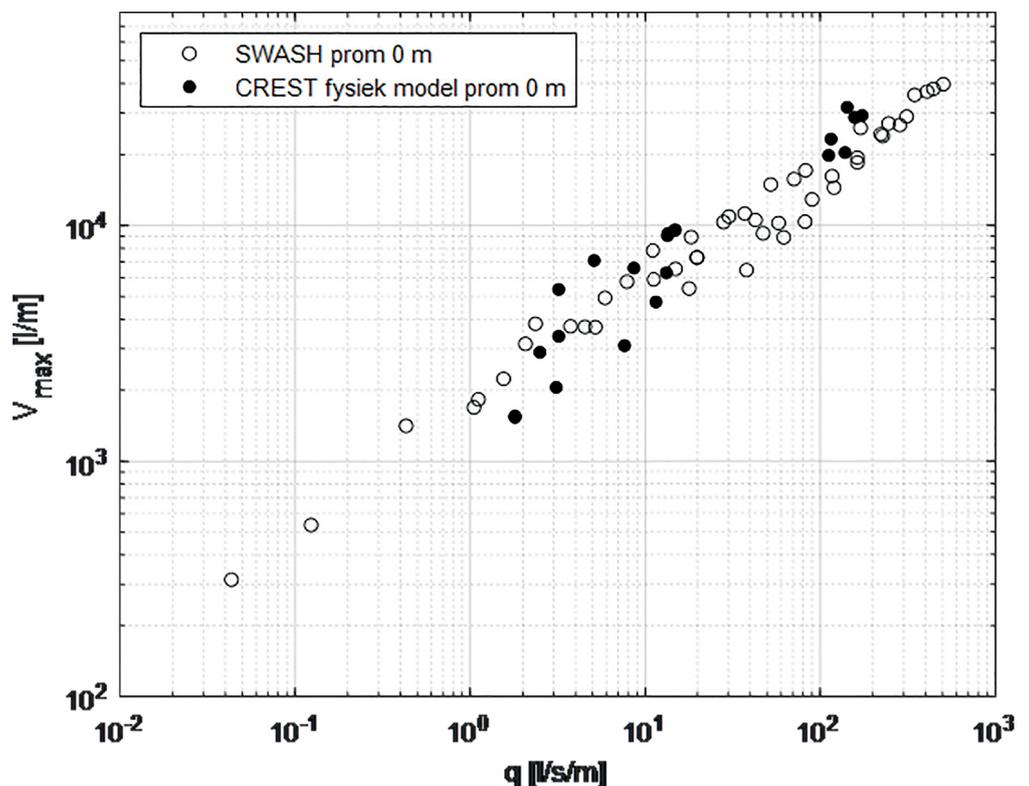
Karakterisering van overslaande golven op zeedijken met een ondiep voorland

In het kader van het CREST project (www.crestproject.be), onderzochten we in detail het overstromingsrisico op een zeedijk met een ondiep voorland (17_089). Om slachtoffer als gevolg van overstroming te vermijden, is het overtoppingsdebiet ter hoogte van de veiligheidslijn beperkt tot 1 l/s/m in het Masterplan Kustveiligheid (Afdeling Kust, 2011). Hoe overtoppingsdebieten gekoppeld zijn aan risico's op slachtoffers is nog niet uitgebreid onderzocht ten gevolge van het gebrek aan kennis over het stromingspatroon op de promenade bij een configuratie met een ondiep voorland. Daarom hebben we in dit project een numeriek model ontwikkeld dat de overstromingskarakteristieken op de zeedijk met een ondiep voorland kan simuleren. De output is gepubliceerd als Suzuki et al. (2020) in het speciale nummer 'Wave Interactions with Coastal Structures' in Journal of Marine Science and Engineering (JMSE).

Model

Het numerieke model om overtopping te simuleren is SWASH (Zijlema et al. 2011). SWASH is gebaseerd op de niet-lineaire ondiep water vergelijking met niet-hydrostatische druktermen. SWASH biedt een goede nauwkeurigheid qua simulatie van golftransformatie en overtopping (Suzuki et al., 2017), en het is rekentechnisch niet al te veeleisend. Dit zijn belangrijke factoren voor deze studie, aangezien het model het overtoppingproces op de zeedijk moet herhalen met verschillende bathymetrieën, verschillende waterstanden en golfcondities.

Eerst is het model gevalideerd met data van een schaalmodelonderzoek in de golftank van het WL (uitgevoerd in het kader van het CREST project). Zoals uit de onderstaande figuur blijkt, wordt één van de belangrijkste parameters V_{max} (maximaal individueel overslagvolume) zeer goed door het SWASH-model gereproduceerd.



Relatie tussen V_{max} en q (aangepast van Suzuki et al. 2020)

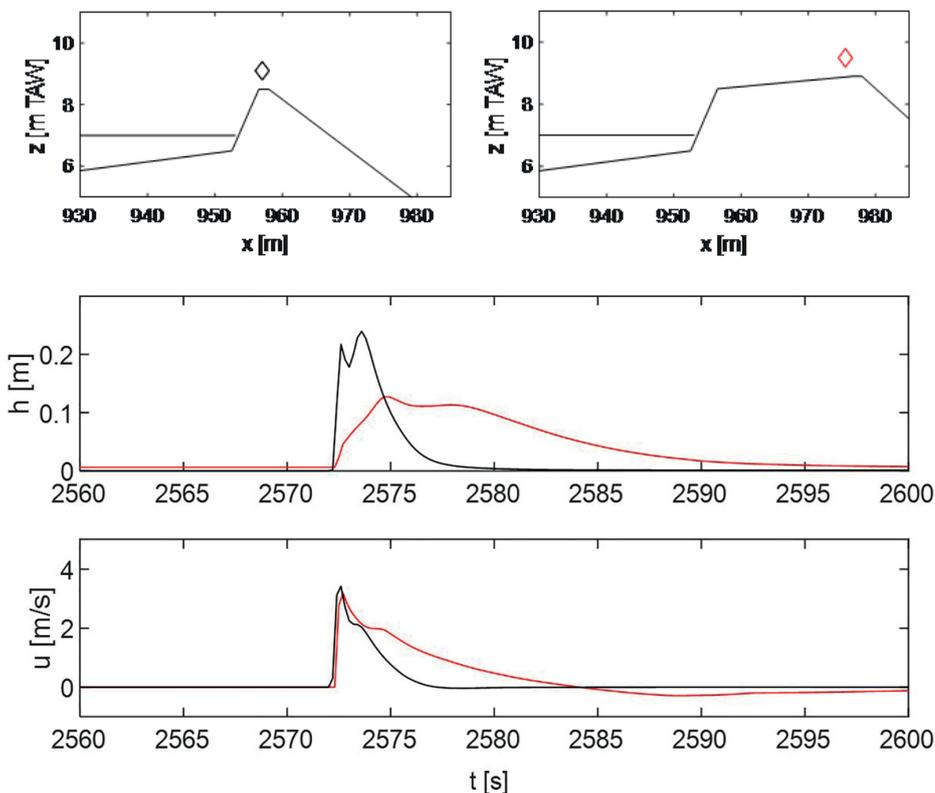
Belangrijkste bevindingen

Een van de voordelen van het gebruik van SWASH in deze studie is dat het model stromingsdiepte en -snelheid in tijdreeksen kan weergeven, terwijl het meten van de laagsnelheid op een dijk in een fysische modelproef vaak een uitdaging is. Met behulp van SWASH kan het risico op de dijk in detail worden geëvalueerd, in functie van de tijd. Omdat SWASH een relatief snelrekenend golfmodel is, was het mogelijk om overstromingsdebieten te verkrijgen in verschillende golfcondities en bathymetrieën: in deze studie zijn in totaal ~200 gevallen gesimuleerd.

Het model heeft de tijdsevolutie van de stromingsdiepte en -snelheid in verschillende configuraties uitgewerkt. De onderstaande figuur toont de verschillen in stromingsdiepte, stroomsnelheid en versnelling van een overtoppingsevent voor verschillende locaties, namelijk bij de blauwe steen (0 m promenade; in het zwart op de figuur) en het einde van de promenade (20 m; in het rood op de figuur). Ten gevolge van het gravitatie-effect wordt de tijdreeks van de stromingsdiepte veel vlakker na de promenade. We vergelijken twee events

met quasi dezelfde overtopping V (nl. $V=1043$ l/m voor prom 0 m, $V=1109$ l/m voor prom 20 m). In de praktijk wordt de veiligheid van de kust vaak geëvalueerd aan de hand van het gemiddelde overtoppingsdebiet (q) en het maximale individuele overtoppingsvolume (V_{max}). Uit deze studie blijkt echter dat het overstromingsrisico niet alleen wordt gekarakteriseerd door q en V_{max} : ook de tijdsafhankelijke parameters laagdikte (h) en laagsnelheid (u) zijn nuttig en zelfs beter om de risico's op dijken meer in detail te karakteriseren.

In deze studie wordt ook de invloed van een verticale wand aan het einde van de promenade geëvalueerd. De resultaten laten zien dat een verticale wand de veiligheid van mensen op de promenade negatief kan beïnvloeden. De interactie van de overtoppende golf met de verticale wand kan een grotere stromingsdiepte veroorzaken in vergelijking met het geval zonder verticale wand. Afhankelijk van de positie van de verticale wand op de promenade wordt ook een relatief hoge zeewaarts gerichte snelheid waargenomen in de simulatie. Dit kan een extra risico betekenen.



Tijdsevolutie van stromingsdiepte en -snelheid (zwart = prom 0 m, rood = prom 20 m)

Natuurlijke zandmotoren

Een zandmotor is een grote zandsuppletie die de kust voedt door de werking van golven, stromingen en winden, en zo voorkomt dat periodiek opnieuw moet worden gesuppleerd. Zandmotoren kunnen echter ook van nature bestaan, namelijk in de situatie dat een kustbank de stranden van zand voorziet.

Morfologisch onderzoek heeft ons geleid naar de hypothese dat kustaangehechte banken natuurlijke zandmotoren zijn voor de Belgische kust.

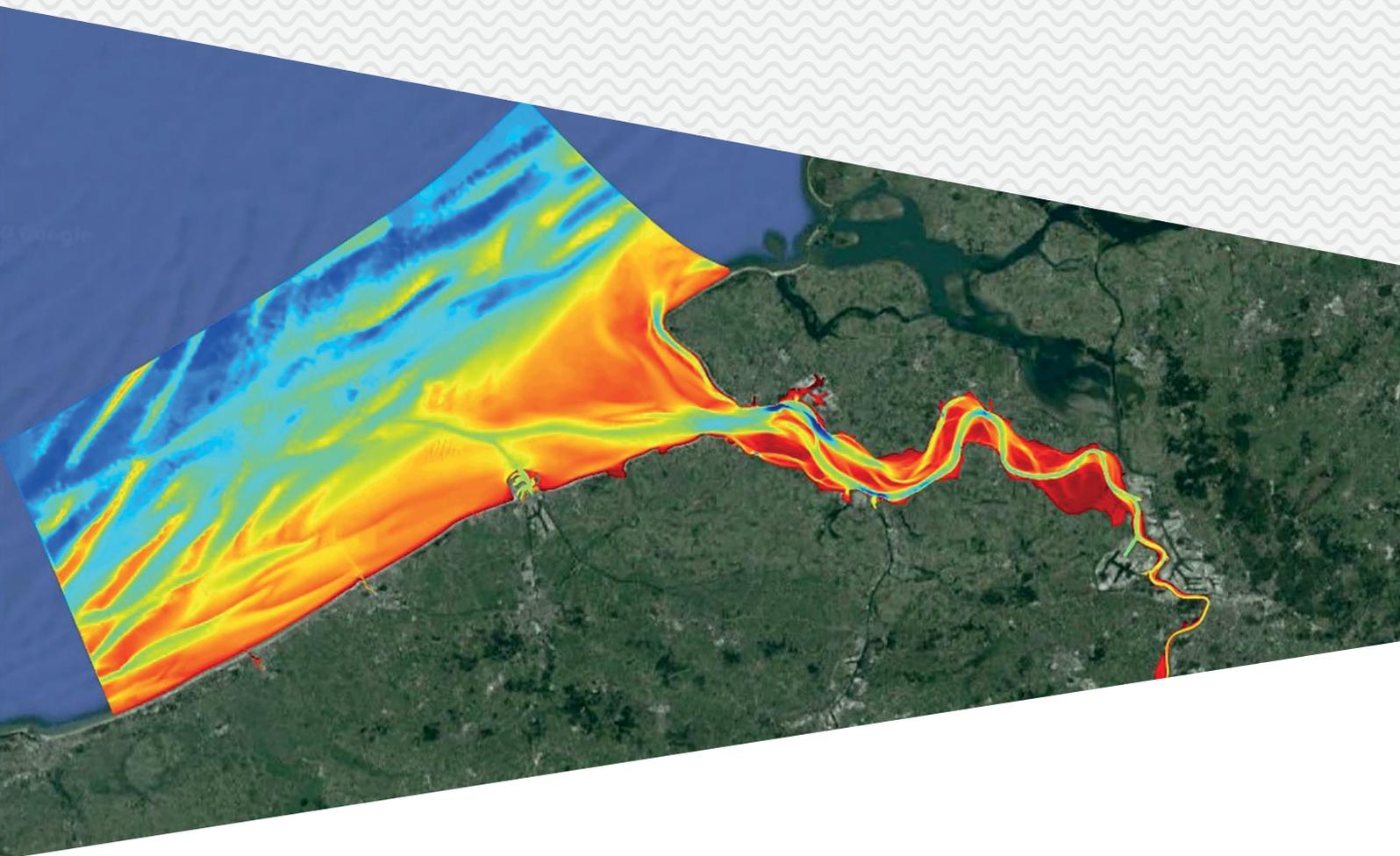
Een natuurlijke zandmotor is aanwezig te Koksijde waar het Trapegeer-Broersbank complex aan de kustlijn aanhecht en een deel van de westkust voedt. Empirisch bewijs wordt gevonden in de vorm van de kustlijn, met name een lokale zeewaartse uitbouw tussen Koksijde-Bad en Oostduinkerke-Bad ten bedrage van enkele honderden meters. Ook kan de omvang van de jonge duinen aan de westkust verklaard worden door een aanhoudende voeding vanuit zee in dit gebied gedurende de laatste 1000 jaar. In orde van grootte gaat het 100.000 m³/jaar. Dit proces is vandaag de dag nog steeds actief.

Vóór 1900 was in Bredene-De Haan de Stroombank vastgehecht aan de kustlijn. In die tijd werden stranden in dat gebied gevoed via een transport van zand langs de kruin van de Stroombank. Dit is tevens een verklaring voor het bestaan van een relatief brede jonge duinengordel in deze zone omdat deze configuratie gedurende verschillende eeuwen standhield. Toen de Stroombank rond 1900 door een nieuwe, gebaggerde geul naar de haven van Oostende werd doorsneden, werd het transportpad onderbroken en doofde de natuurlijke voeding van deze stranden uit. De stranden ondergingen in de jaren 1980-1990 grote erosie waardoor hier grote suppleties nodig waren.

Een derde kustaangehechte bank bevond zich aan de oostkust. Op oude kaarten wordt deze bank Hard Zand genoemd. Op recentere kaarten is het Wenduinebank-Paardemarkt complex zichtbaar dat aanhecht aan de kustlijn ter hoogte van Cadzand. De relatief brede strook jonge duinen te Knokke-Heist kan worden verklaard door de aanvoer van zand via deze connectie met de zeebodem in de periode vóór 1900. Daarna heeft de uitbouw van de haven van Zeebrugge in zee de zandhuishouding in dit gebied grondig gewijzigd.



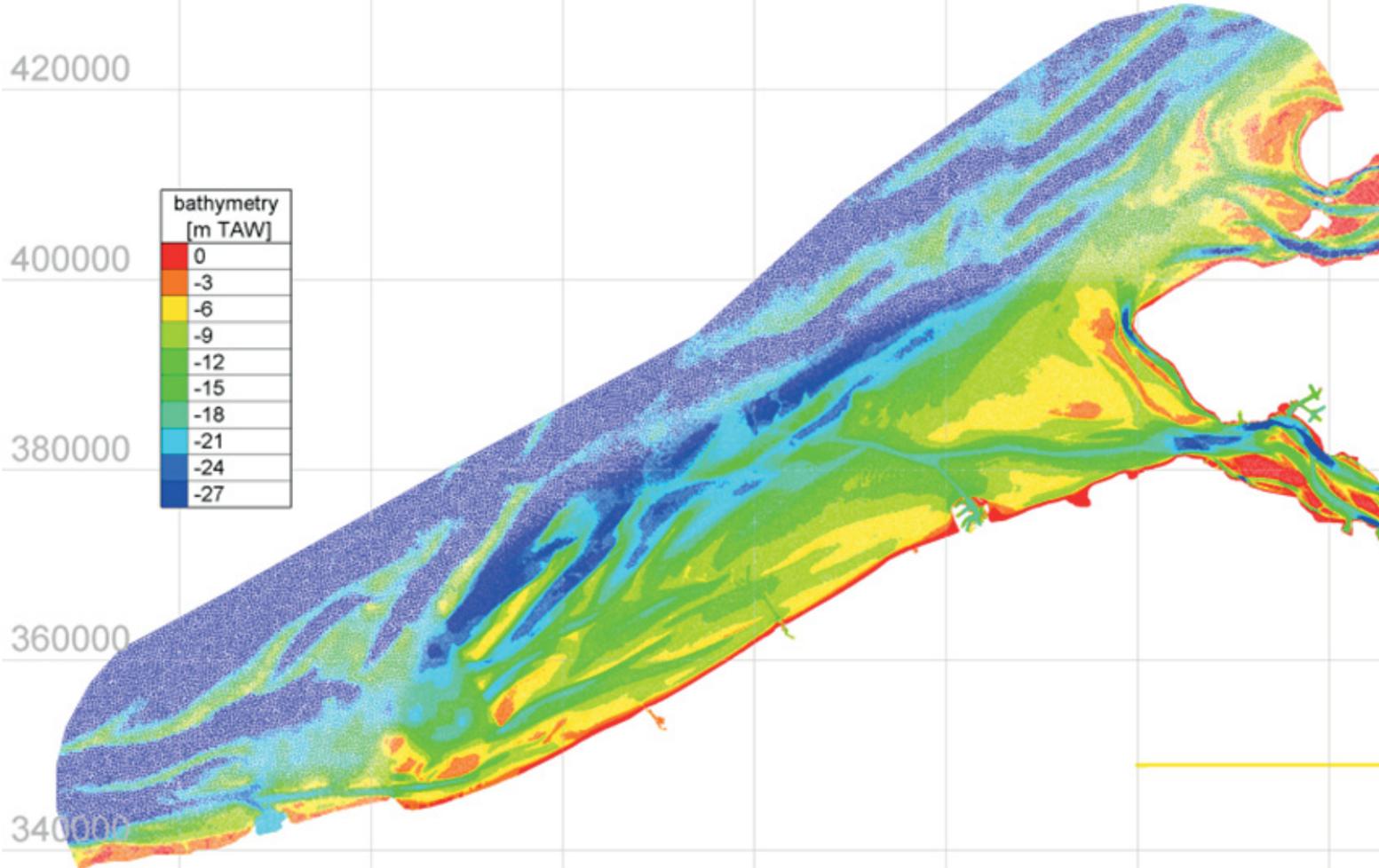
Scaldis 2019



Scaldis is het referentiemodel voor 3D waterbeweging en saliniteit in het tijggebied van de Schelde. De ontwikkeling is gestart met een versie van het model van de situatie in 2013, in het kader van het project 'Integraal Plan Boven Zeeschelde', dat WL samen met IMDC, UA en INBO uitvoert i.o.v. de Vlaamse Waterweg.

Het model kent vele toepassingen. Naast een accuraat beeld van de waterbeweging (snelheden en waterstanden) wordt het ook ingezet om zandtransport en slibtransport mee door te rekenen. Verder levert het input over het menggedrag van de Schelde aan het ecosysteemmodel van UA. Tenslotte levert het ook input aan de ecotopenkartering die INBO jaarlijks uitvoert.

Het model wordt elke 6 jaar gehercalibreerd, en krijgt elk tussenliggend jaar ook een update van de bathymetrie. Scaldis 2019 is het resultaat van de eerste hercalibratie van het Scaldis model, waarbij de bathymetrie werd geüpdate, en het model werd uitgebreid afgeregeld tegen data uit 53 waterstand stations, 5 vaste meetpunten van snelheid, 10 projectmetingen van snelheden op ondiepe gebieden, 54 gevaren ADCP metingen en 10 saliniteitsstations.



Scaldiskust:

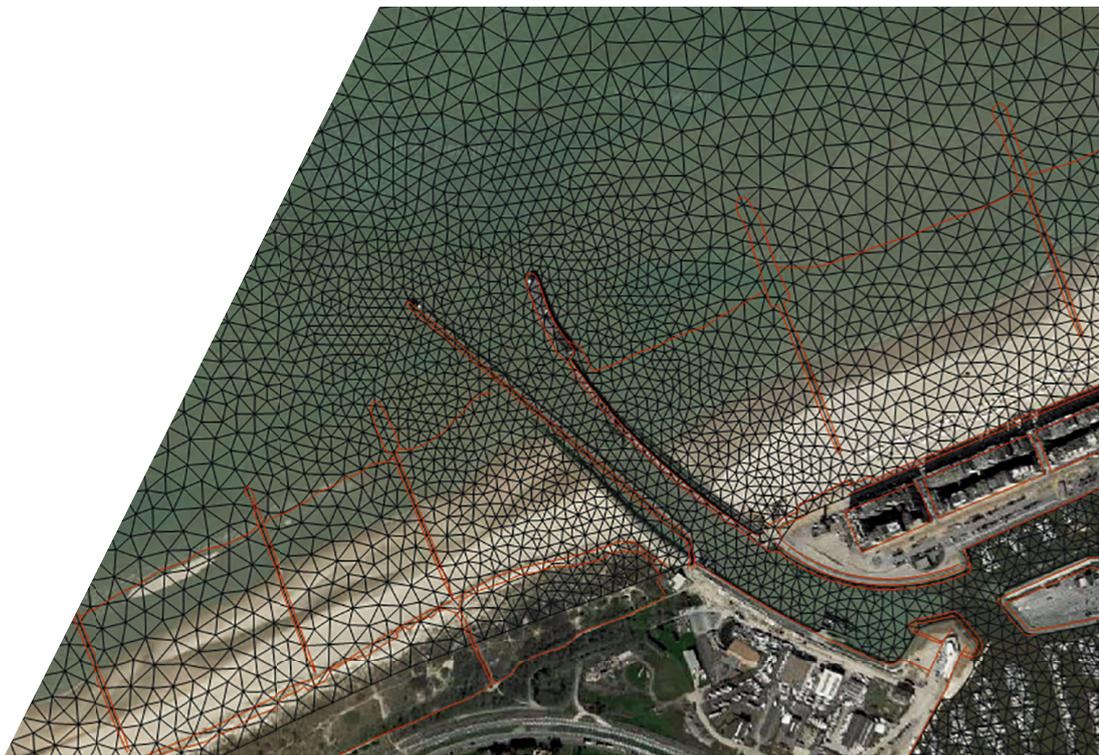
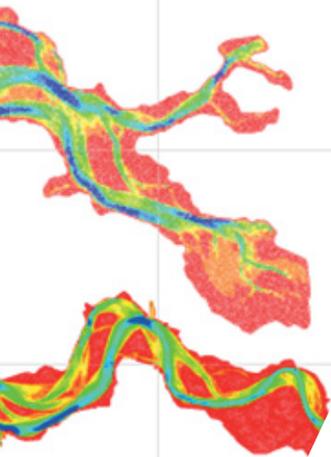
Nieuw integraal model voor stroming, golven en morfologie voor de Belgische kust en Schelde monding

In de zoektocht naar een efficiënte en veerkrachtige kustbescherming, initieerde de Vlaamse Regering reeds in 2014 het project Vlaamse Baaien dat later omgevormd werd tot het Complex Project Kustvisie. Het project moet een oplossing bieden tegen de (versnelde) zeespiegelstijging de komende decennia en de Belgische kust veiligstellen op lange termijn. Met de initiatie van het project bleek al gauw de noodzaak aan een integraal kustmodel om de impact van groot- en kleinschalige maatregelen op stroming, golven en morfologie te analyseren. De ingrepen kunnen divers van aard, grootte en locatie zijn, gaande van offshore (energie-)eilanden tot vooroeversuppleties.

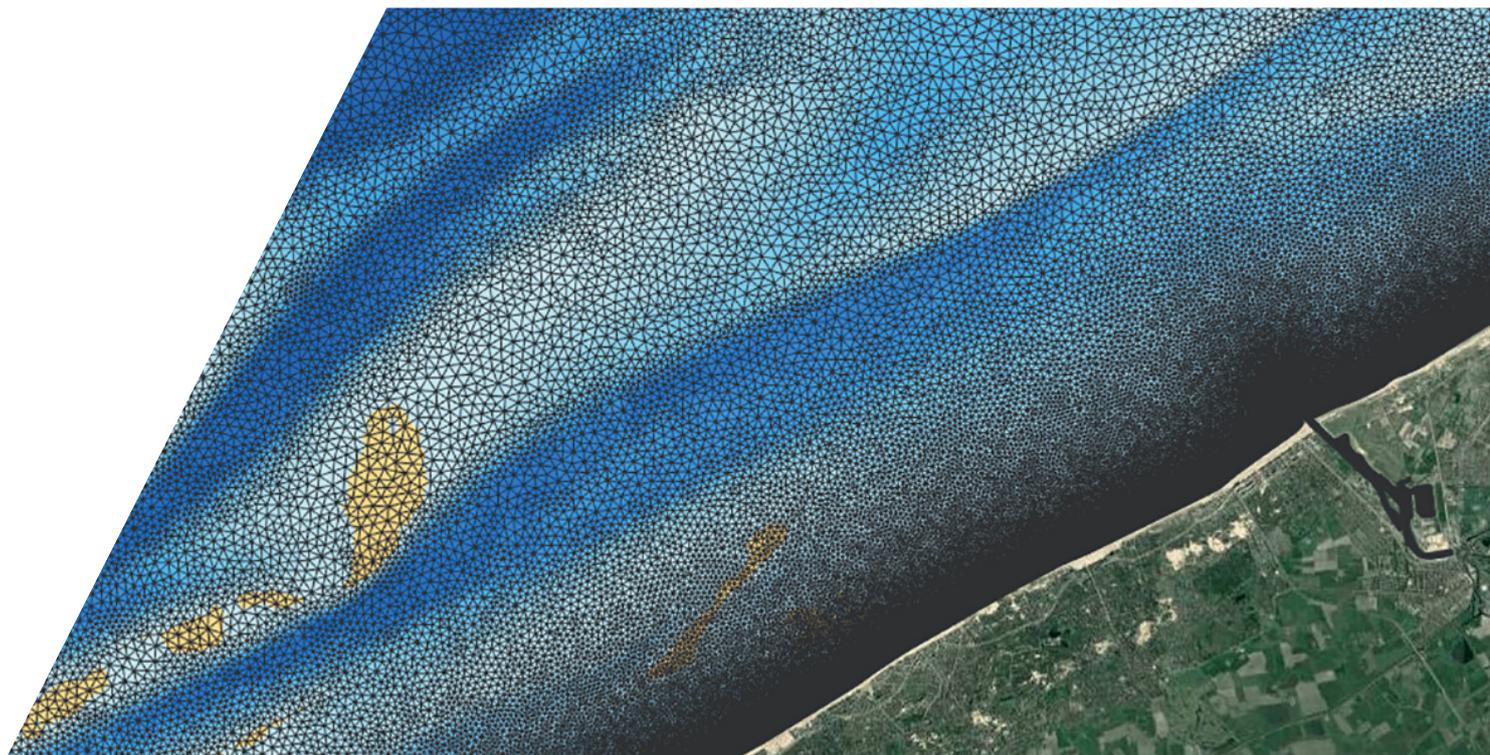
Voor 2017 bestond het numerieke morfologische modelinstrumentarium voor de Belgische kust uit een beperkte set kleinere submodellen, meestal gemaakt op maat van een specifiek project. Daarom werd ervoor gekozen een integraal en flexibel kustmodel voor de volledige Belgische kust, inclusief de Schelde monding en Westerschelde op te zetten. Het Scaldis-Kust model werd ontwikkeld binnen de Telemac-Mascaret software omgeving. Het morfologisch model bestaat uit een

2D stromingsmodel (TELEMAC2D), gekoppeld met een golfmodel (TOMAWAC) en een sediment transportmodel (SISYPHE). Diversie modules werden ontwikkeld in samenwerking met IMDC en KU Leuven en toegevoegd aan de open source software om de efficiëntie van het model te optimaliseren. Vandaag kan het model twintig jaar morfologische ontwikkeling van de volledige kust en scheldemonding simuleren op een supercomputer met honderd rekenprocessoren op minder dan twee dagen.

In 2020 werd het model gevalideerd aan de hand van de verzamelde data voor en na de Ciara storm die onze kust teisterde begin februari 2020. Ook werd in 2020 het gevalideerde model de eerste malen ingezet voor studies en advies binnen de complexe projecten Extra Containercapaciteit Antwerpen (ECA) en Kustvisie.



Detail van het rekenrooster ter hoogte van de toegangseuwl Blankenberge



Detail van het rekenrooster: De Vlaamse Banke ter hoogte van Nieuwpoort



Waterbeheer

Het Waterbouwkundig Laboratorium ondersteunt de beheerder van de Vlaamse bevaarbare waterlopen, De Vlaamse Waterweg, bij het uitvoeren van haar projecten en infrastructuurwerken. Team Waterbeheer beheert de numerieke 1D-modellen van de bevaarbare waterlopen.

Het hydrodynamisch model van de Zeeschelde wordt onder meer gebruikt om scenario's te berekenen bij onder andere de aanpassingen van een inrichtingsvoorstel van een nieuw aan te leggen gecontroleerd overstromingsgebied (GOG), al dan niet met gecontroleerd gereduceerd getij (GGG), in het kader van het Sigmaplan. Recente voorbeelden hiervan zijn de optimalisatie van de overlooptdijklengte van de GOG's Grote Wal-Kleine Wal en Zwijn. Ook de versmalling van de Durme te Hamme en de impact van de renovatie van de kaaimuren langs de Afleidingsdijle werden recent met een 1D-model onder de loep genomen. Met een hindcast-berekening van de storm van februari en maart 2020 werd het 1D-model van de Zeeschelde gevalideerd.

Tijdens de storm van februari 2020 en de storm en wasperiode van maart 2020 werkten drie leden van team Waterbeheer mee in het permanentieteam van het HIC.

Langs de Dender te Geraardsbergen, Idegem, Pollare, Denderleeuw, Aalst en Denderbelle wordt de sturing van de nieuwe stuwen en vispassages geëvalueerd, gebruik makend van het 1D numeriek model van de Dender. Een analoge studie wordt uitgevoerd voor de (nieuwe) stuwen en vispassages op de Leie te Menen, Harelbeke en Sint-Baafs-Vijve, en op de Bovenschelde te Kerkhove, Oudenaarde en Asper. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het 1D numeriek model van Leie-Bovenschelde-Gentse kanalen.

Voor onder meer het Sigmaplan Demer en de renovatie van Sas-Slijkens op het Kanaal Gent-Oostende worden het studiewerk en de 1D-hydrodynamische berekeningen uitgevoerd door een extern studie bureau. Het Waterbouwkundig Laboratorium levert hieraan haar bijdrage door middel van expertise en revisie vanuit Team Waterbeheer. De 1D numerieke modellen van de Demer en Leie-Bovenschelde-Gentse kanalen werden voor deze studies aangeleverd door het Waterbouwkundig Laboratorium.



Overzicht van WL-projecten

via Eigen Vermogen Flanders Hydraulics in 2020

WL nummer	EVFH nummer	Projecttitel
20_061	P20/06	Slibhuishouding Schelde-estuarium
20_038	P20/05	Antwerpen Oosterweelverbinding: Doorvaart Albertkanaal tijdens de werken
	WL_REST	Dokkenmetingen Linkeroever en Rechteroever
20_089	P20/10	Toegankelijkheid Verbindingsdok West in Fase 1
19_097	P20/08	Nacalculatie DKS-berekeningen Sloehaven en risicobeoordeling manoeuvreermarge
20_074	P20/09	Generiek model padbreedte scheepvaart Beneden-Zeeschelde
20_050	WL_REST	Debietmeting in kader van afijking stuw Kerkhove - lage debieten
20_027	P20/04	Transshipment Technology Research GSR, fase 1
20_043_3	WL_REST	Towing tank test, Port of Buenaventura
20_043_2	WL_REST	Support to vertical design Acces Channel of the Port of Buenaventura
20_029	WL_REST	Advice on dock sedimentation
20_071	WL_REST	Trois Fontaines à Chooz- Complément
20_019	WL_REST	SWAN simulation for storm Gloria
20_103	WL_REST	Hand- en spandiensten HPP
20_082	WL_REST	Stroomsnelheden Noordzee
18_044	WL_REST	CFD Nautische bodem_1e Sleepobject
TOTAAL		

Opdrachtgever	Land	Offerte bedrag
Havenbedrijf Antwerpen	België	29.200
Lantis (BAM)	België	28.475
Havenbedrijf Antwerpen	België	28.475
MBZ	België	18.700
Gemeenschappelijk Nautisch Beheer	Nederland	18.175
Havenbedrijf Antwerpen	België	11.770
ENGIE	België	9.700
GSR	België	9.625
Jan de Nul	België	7.400
Jan de Nul	België	5.800
Turbulent	België	5.500
IMDC	België (FRA)	3.920
Universitat Politècnica de Catalunya	Spanje	2.750
TU Delft	België	2.400
FIDES Engineering	België	2.200
UGent - Afdeling Maritieme Techniek	België	1.910
		185.560

Overzicht van alle toegekende biedingen in 2020 via Eigen Vermogen Flanders Hydraulics

In 2020 gingen via EV FH 25 offertes de deur uit voor in totaal een waarde van 488.630€ . De succesratio naar aantal gegunde offertes lag nog wel vrij hoog (16 gegunde offertes) maar de gegunde waarde die hiertegenover stond was zeer beperkt : 185.560€ . De bijgevoegde tabel geeft een overzicht van deze toegekende biedingen in kalenderjaar 2020. Ter vergelijking, in 2019 werden 21 van de 28 uitgaande offertes gegund voor een totaalbedrag van ruim 850.000€ .

Projecten met grote offertebedragen zijn er in 2020 dan ook niet geweest. Voor slechts zes projecten werd een project gegund waarvan de geoffeerde waarde meer dan 10.000€ bedroeg. De projecten "Data-analyse ihkv slibhuishouding in het Schelde-estuarium" voor opdrachtgever Havenbedrijf Antwerpen, "Antwerpen Oosterweelverbinding: Doorvaart Albertkanaal tijdens de werken" voor opdrachtgever Lantis en de recurrente opdracht inzake "Dokkenmetingen Linkeroever en Rechteroever" eveneens voor opdrachtgever Havenbedrijf Antwerpen leunen aan tegen een gegunde waarde van 30.000€ . Daarnaast werden - door bijna altijd reeds vertrouwde opdrachtgevers - een rist aan kleinere opdrachten gegund die vaak beperkt bleven tot prestaties van 5 mandagen of minder.

In onderaanneming, vaak ook altijd van vertrouwde opdrachtgevers, blijft EV FH internationaal actief: via IMDC voor meerwerk in kader van het project "Trois Fontaines à Chooz" (Frankrijk) en via Jan De Nul voor "Port of Buenaventura" (Colombië), of uitzonderlijk als directe uitvoerder zoals voor het project "SWAN simulation naar aanleiding van storm Gloria" (Catalonië).

Actualisatie van het EV FH-decreet

Met de bepalingen uit het decreet van 9 oktober 2020 houdende diverse bepalingen over het gemeenschappelijk vervoer, het algemeen mobiliteitsbeleid, de weginfrastructuur en het wegenbeleid, en de waterinfrastructuur en het waterbeleid werd het oprichtingsdecreet van 31 januari 2003 van Eigen Vermogen Flanders Hydraulics geactualiseerd en, bovenal, fundamenteel gewijzigd.

In grote lijnen dienen de aanpassingen aan het decreet en aan de werking van EV FH tegemoet te komen aan volgende doelstellingen:

- het realiseren van een een-op-eenrelatie tussen het WL en het EV FH wat als gevolg heeft dat de huidige manier van werken met de anders gebruikers via overgangsmaatregelen afgebouwd wordt ;
- het mogelijk maken dat EV FH zonder complicaties kennis, expertise, producten en installaties van het WL exploiteert ;
- het herdefiniëren van het doel(publiek) van EV FH, zijnde het expliciet stellen dat EV FH enkel werkt voor andere organisaties dan de Vlaamse administratie ;
- het herzien van de samenstelling van de Beheerscommissie volgens het principe van een slanke organisatiestructuur ;
- het scheppen van duidelijkheid over het statuut van het personeel van EV FH en een flexibeler personeelsbeleid mogelijk maken.



Vlaamse overheid
Departement Mobiliteit en
Openbare werken

Waterbouwkundig Laboratorium
Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 3 224 60 35
Fax +32 3 224 60 36

www.waterbouwkundiglaboratorium.be

waterbouwkundiglaboratorium@vlaanderen.be

Depotnummer: D/2021/3241/225