

De zee, een wirwar van stromingen

Koen Trouw*, Homayoon Komijani**, Sigrid Maebe***, Joris Vanlede**** & Tina Mertens*****

* Fides Engineering; koen.trouw@fidesengineering.be

** Katholieke Universiteit Leuven

*** KBIN – OD Natuur

**** Waterbouwkundig Laboratorium

***** VLIZ

Een zwembeurt bij rustige zee is een deugd. Maar als het wat harder waait kan zwemmen een hachelijke onderneming worden. Als we dan proberen te blijven dobberen, worden we heen en weer geschud zoals in een wasmachine. We gaan op en neer en drijven af naar een onbekende bestemming. Daarenboven vragen we ons wel eens af waarom de zee nu eens helblauw, dan weer groengrijs tot bruin kleurt. Wat is hier aan de hand? In elk van die gevallen speelt stroming een rol. De getijstromingen, maar ook de stromingen aan het strand door wind en golven en het effect van de stromingen op bijvoorbeeld de verspreiding van olievlekken of bij het binnenvaren van de haven van Zeebrugge, komen in onderstaande bijdrage aan bod. De grotere oceaanstromingen, die de wereldzeeën omvatten, vallen evenwel buiten het bestek van dit artikel.

Stromingen maken pootje baden aan onze kust niet altijd vanzelfsprekend

Getijstroming, een steeds weerkerend gegeven

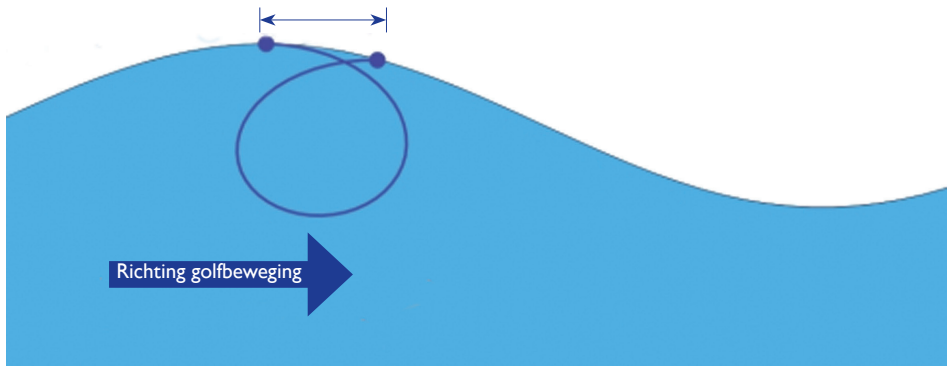
De best gekende stroming is de **getijstroming**. Ten gevolge van eb en vloed staat het water voor onze kust immers nooit echt stil. Bij opkomend tij (= vloed, startend 2-3 uur voor hoogwater) stroomt het noordoostwaarts (richting Nederland) aan een snelheid van wel 1-1,5 meter per seconde, mee met de tijgolf. Bij afgaand tij (= eb, start een 3-tal uur voor laagwater) is er een omgekeerde beweging (richting Frankrijk). Tussenin nemen de stromingen af en keren ze om, wat men aanduidt met de term 'kentering'. Op dat moment is er even geen stroming en gewaagt men van

'stil water'. Dat de stroming volgens een steeds terugkerend proces van richting verandert is erg belangrijk voor zeediensten, omdat het mee bepaalt naar waar drenkelingen afdrijven. Omdat de stroming bij vloed net iets sterker is dan die bij eb, is er netto doorgaans een verplaatsing van kustwater naar het noordoosten.

Doordat het water nabij het strand minder diep is dan op volle zee en de watermassa op deze plaats gemakkelijker door de zeebodem wordt afgeremd, stroomt het water hier minder snel. Hierbij kan gedacht worden aan snelheden tussen 0,5 en 1 meter per seconde. Daarenboven staat de stroming nabij het strand volledig evenwijdig met de kustlijn. Op volle zee verloopt de stroomrichting rond kentering bijna loodrecht op de kust.



■ Surfers kennen als geen ander de kracht en eigenschappen van golven en stromingen. Hier Oostendenaar en wereldkampioen kitesurfen Christophe Tack in actie (Philip Tack).



■ Een waterdruppel in een golf doorloopt een elliptische beweging en gaat per passerende golf een heel klein beetje vooruit. Dit is de zogenaamde Stokes drift. De pijl toont de richting van de golven en de netto beweging van de druppel, de blauwe lijn geeft de volledige beweging van één waterdruppel in de golf weer (naar: www.snipview.com/).

Stokes drift, een andere stroming die we beter kennen dan we vermoeden

Maar naast getijstroming zijn er nog andere stromingen aan onze kust voelbaar en al dan niet zichtbaar. De wind blaast over het zeeoppervlak op een eerder chaotische manier. Door de schokjes in de windsnelheid, ontstaan er rimpelingen op het water. De wind duwt dan verder op deze rimpels, waardoor deze groeien. Hoe harder en langer de wind blaast, hoe meer energie erin gepompt wordt en hoe groter deze golven worden. Deze op en neer gaande beweging verplaatst zich in de richting van de wind. Het blijven evenwel grotendeels rimpelingen (energie), zoals een jojo die op en neer gaat maar uiteindelijk ter plaatse blijft. De energie beweegt in de richting van de golven, maar de waterdeeltjes bewegen enkel in nagenoeg gesloten ellipsen (zie figuur). Hoe dichterbij de bodem, hoe kleiner deze ellipsen worden. En hoe groter de golven, hoe groter de ellipsen. In zeer diep water zijn de ellipsen vrijwel cirkelvormig; hoe ondieper het water, hoe platter ze worden. De ellipsen zijn echter niet helemaal gesloten. Per golf gaat een waterdeeltje een heel klein beetje vooruit, nauwelijks zichtbaar. Hierdoor ontstaat een kleine stroming die de **Stokes drift** genoemd wordt. Deze stroming situeert zich vooral tussen de top en het dal van de golf en kennen we van het soort Echternach processie (“vooruit en achteruit, maar toch netto geleidelijk vooruitgaand”) die je lijkt door te maken wanneer je in de golven drijft. Bij golven van 2 meter hoog kunnen we denken aan een snelheid van 10 centimeter per seconde, terwijl de golftoppen zich aan een snelheid van wel 10 meter per seconde voortbewegen. Deze golven bewegen zich, afhankelijk van hun richting, naar het strand. Daar kunnen ze schuin of loodrecht invallend toekomen. Als pootjebader voel je, bij elke golf die langskomt, dit duwtje in de richting van het strand.

Op het strand breekt de golf ook nog eens en stuwt nog meer water aan grote snelheid

over het zand. Bij hoge golven kan deze “swash” (“to swash” betekent “donderen, spetteren”) erg sterk zijn. Het is deze swash die kinderen of golfsurfers gebruiken om met hun plank aan hoge snelheden richting het strand te worden geduwd. Deze stromingen stuwden alle drijvende voorwerpen (hout, schoenen, schelpen,...) richting de kust waar ze eventueel in het vloedmerk nabij de hoogwaterlijn belanden. Immers, een golf duwt deze voorwerpen zo ver mogelijk op het strand en heeft nadien de kracht niet meer om het voorwerp, dat zich in het zand heeft vastgezet, terug mee te nemen.

Onderstroming en muistromen: een niet te onderschatten gevaar!

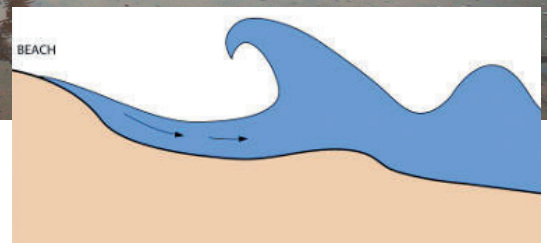
Maar als al dat water naar het strand loopt, waar blijft het dan? Wel, het keert terug naar zee, waardoor er nieuwe stromingen ontstaan. Deze terugstroming wordt ook wel **onderstroming** genoemd. De Stokes drift en swash zijn het sterkst nabij het zeeoppervlak, maar de onderstroming is juist groter richting zeebodem, vandaar de naam. Deze stroming kan je goed voelen als je niet te ver van de waterlijn staat. Enkele seconden nadat een grote golf is gepasseerd voel je al het water razendsnel tussen je voeten wegtrekken, waarbij veel zand wordt meegenomen. Soms dreig je zelfs om te vallen.

Water volgt steeds de weg van de minste weerstand. Waar het strand plaatselijk wat lager is of langs strandhoofden bijvoorbeeld, zal veel water zeewaarts terugvloeien en de stroming lokaal aansterken. Deze stroming wordt **muistroom** genoemd en kan erg gevaarlijk zijn voor zwemmers. Op nogal wat plaatsen in de wereld vormen deze stromingen een probleem. Zwemmers worden met de stroming naar dieper water gevoerd en raken in paniek. Ze trachten dan tegen deze stroming in te zwemmen, geraken uitgeput en verdrinken. Op deze plaatsen is het belangrijk het voorkomen van dit soort stromingen te voorspellen (in functie van het weer) en tijdig aan te kondigen. Tevens is het noodzakelijk kusttoeristen te adviseren hoe met deze stromingen om te gaan. Vaak is het aan te raden zich eerst te laten meedrijven tot in dieper water en dan op een andere





■ Iedereen kent wel het gevoel: je staat in de branding en enkele seconden nadat een grote golf is gepasseerd, voel je het water (en veel zand) razendsnel tussen je voeten wegtrekken. Soms is de kracht van deze onderstroming zo groot dat je dreigt om te vallen (VLIZ/Delva)



plaats terug naar de kust te zwemmen. Aan onze kust is het vooral langs strandhoofden gevaarlijk zwemmen. Meer over de effecten van deze stroming kan gevonden worden in Grote Rede 16 (2006).

Parallelstroming of “zopers” doen je afdrijven

Als de golven schuin op het strand toekomen en ze breken, ontstaat er ook een stroming evenwijdig aan de kust (langtransport). Deze **parallelstroming** kan bij storm snelheden halen van 1 tot 2 meter per seconde, vergelijkbaar met een snel stromende rivier, en (zeer plaatselijk) zelfs sterker worden dan de getijstroom. Bij kalmer weer is de stroming kleiner, maar wel waarneembaar. Als je rustig in het water ligt te dobberen en je komt terug naar het strand, dan merk je dat je achtergelaten handdoek een eindje verderop ligt. Je bent met andere woorden afgedreven. Deze stroming is, zeker als ze in dezelfde richting als de getijstrooming staat, ook belangrijk voor de redders: ze dienen zwemmers er constant attent op te maken dat ze richting de strandhoofden afdrijven! Deze stroming wordt in de volksmond ook wel “**zoper**” genoemd.

Verraderlijke stromingen door de wind

Naast het getij, de Stokes drift en het breken van golven bij aankomst op het strand, kan ook de wind rechtstreeks stromingen teweeg brengen. De wind veroorzaakt immers niet enkel golven, maar ook stromingen dicht bij het oppervlak. De wind duwt de waterdeeltjes aan het zeeoppervlak vooruit waardoor een oppervlaktestroming ontstaat. Deze heeft een invloed op niets vermoedende zwemmers en op drijvende voorwerpen. Dikwijls staat de wind in dezelfde richting als de golven (en dus ook ongeveer in de richting van de langsstroming) wat het effect op drijvende voorwerpen nog eens versterkt. Dit merk je vooral als je je strandbal moet gaan terughalen.

Verraderlijk wordt het ook wanneer de wind zeewaarts blaast. De golven die je dan op het strand ziet, zijn “oude” golven die enige tijd geleden opgewekt zijn, maar het strand nog niet bereikt hadden. Ook al lijken de golven niet zo hoog, toch kan het gevaarlijke situaties opleveren voor zwemmers. Deze schrikken als ze terug uit het water moeten komen, omdat de stroming aan het oppervlak hen dan naar de diepere zee drijft. Daarom ook is het, voor redders

en al wie wil gaan zwemmen of surfen op zee, belangrijk steeds de voorspellingen van de golfhoogtes en waterstanden op www.kustweerbericht.be te consulteren. Het Oceanografisch Meteorologisch Station OMS levert deze informatie o.a. gebruik makend van de voorspellingen die beschreven worden in het deel ‘Olie op zee, het geval van de Flinterstar’ (zie verder).

En wat is de invloed van stromingen op strand- en zeezand ?

Als de golven in ondiep water komen, bewegen ook de waterdeeltjes vlak bij de bodem sterk. Alles wat op de zeebodem ligt wordt omgewoeld en opgewarrelt. De hele fijne en lichte deeltjes (slib) bewegen tot aan het oppervlak en kleuren de zee bruin. Bij stormen zal ook de onderstroming veel zand van het strand naar dieper water voeren waarna het langtransport dit zand verder langs de kust meevoert. Bij kalmer weer beweegt het zand ook, zij het volgens veel ingewikkelder processen. Er zijn dicht bij de bodem namelijk nog andere, kleine stromingen, onder andere doordat de golven niet altijd symmetrisch zijn. Het netto

effect van al deze stromingen is afhankelijk van heel veel parameters en moeilijk te voorspellen. Aan onze kusten is er veel beweging in het water en ook is er heel wat aanvoer van heel fijn materiaal via de grote rivieren. Daarom kleurt het water bij ons veel minder helblauw dan bijvoorbeeld in de Middellandse zee.

Waar het voorspellen van stromingen belangrijk wordt: twee praktijkvoorbeelden

Olie op zee, het geval van de Flinterstar

De Operationele Directie Natuur van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (OD Natuur – KBIN) ontwikkelt al sinds 1976 een aantal stromingsmodellen voor de Noordzee en het Kanaal (zie kader p. 16). Zeer recent hebben die hun nut nog maar eens bewezen. Dinsdagochtend 6 oktober 2015, rond 4u10, kwamen de gastanker *Al Oraiq* en het vrachtschip *Flinterstar* in aanvaring vóór de Belgische Kust. Sinds die dag werkte de OD Natuur ononderbroken om de situatie op zee zo goed mogelijk in te schatten. Het observatievliegtuig van het KBIN vloog verschillende keren per dag uit en dagelijks waren er meerdere nieuwe voorspellingen over de olie die uit de brandstoftanks lekte. Deze informatie bleek, als continue 'beeldvorming' van de situatie en mogelijke impact, cruciaal voor het sturen van de interventies op het terrein en ter ondersteuning van het algemeen crisisbeheer van het incident. Ook de buurlanden maakten gretig gebruik van deze



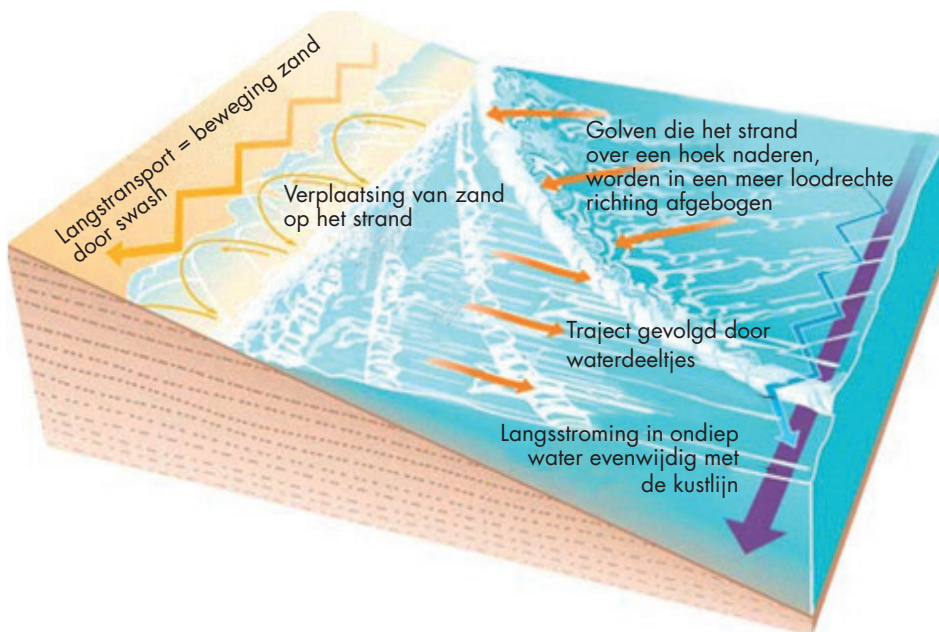
vluchtrapporten en modelsimulaties. De situatie op zee was overigens ernstig, maar niet dramatisch. De Kustwacht-partners werkten nauwgezet samen om de impact op het milieu tot een minimum te herleiden, de brandstoftanks aan boord zo goed en zo snel mogelijk leeggepompt te krijgen en de olie die uit de brandstoftanks van het wrak lekte, zo veel mogelijk aan de bron op te ruimen. Helaas kon niet voorkomen worden dat op enkele plaatsen toch olieresten aanspoelden. De stromingsmodellen waarschuwden de verschillende gemeenten zodat de opruimdiensten snel hun werk konden doen.

Na het ongeval kwamen enkele luiken van het vrachtschip *Flinterstar* los. Het stromingsmodel OSERIT bleek nuttig ter ondersteuning van zoekacties naar deze op zee wegdrijvende luiken. Intussen is het Algemeen Nood- en Interventieplan van de Noordzee opgeheven. Ook in deze nazorgfase blijven dagelijkse voorspellingen over de evolutie van een mogelijke olievervuiling nuttig. Indien nu om één of andere reden, bijvoorbeeld bij het verschuiven van lading in het wrak of later tijdens de bergingswerken, nog zekere olieresten zouden vrijkomen, kan deze dagelijkse modelsimulatie weergeven waar eventuele impact te verwachten valt.

Opgelet bij het binnenvaren van de haven van Zeebrugge

De sterke stromingen vóór de haven van Zeebrugge, dwars op de vaarrichting van schepen die binnen- of buitenvaren, zijn een belangrijk aandachtspunt. De voorhaven van Zeebrugge is vorige eeuw gebouwd. In een eerste fase (1899-1903) vormden twee tot 1 km zeewaarts strekkende dammen de contouren van de haven. In 1903 werd een toegangseul gegraven door een zandbank (de "Pas van het Zand"), waarna regelmatige wijzigingen volgden om de toegangseul te verdiepen en te verbreden. In een tweede fase (1980-1985) bouwde men twee havendammen van elk ongeveer 4 kilometer lang, waarbij het verste punt 3 kilometer uitsteekt ten opzichte van de kustlijn. Deze bouwwerken, de directe toegang vanuit zee (zonder sluizen) en de grote waterdiepte maken de Zeebrugse voorhaven bijzonder geschikt voor het snelle roll-on/roll-off- en containerverkeer. Ook schepen met vloeibaar aardgas leggen hier aan.

Maar de stromingen op zee zorgen dus tot op vandaag voor een beperking van de



Deze figuur toont enkele van de stromingen en het transport van zanddeeltjes zoals aan onze kust voorkomend. In dit geval komen de golven schuin toe op het strand en veroorzaken ze een langsstroming (paarse pijl) die zand transporteert evenwijdig met de kustlijn. Tevens is te zien hoe de golven op het strand oplopen ("swash") en een terugstroming veroorzaken. Omdat de golven schuin het strand oplopen zullen ze dus ook sedimentdeeltjes langs de kust doen bewegen (gele pijlen)(naar: www.thecoastalproject.org/).

Stromingsmodel ten dienste van Kustwacht, veiligheid en milieubescherming

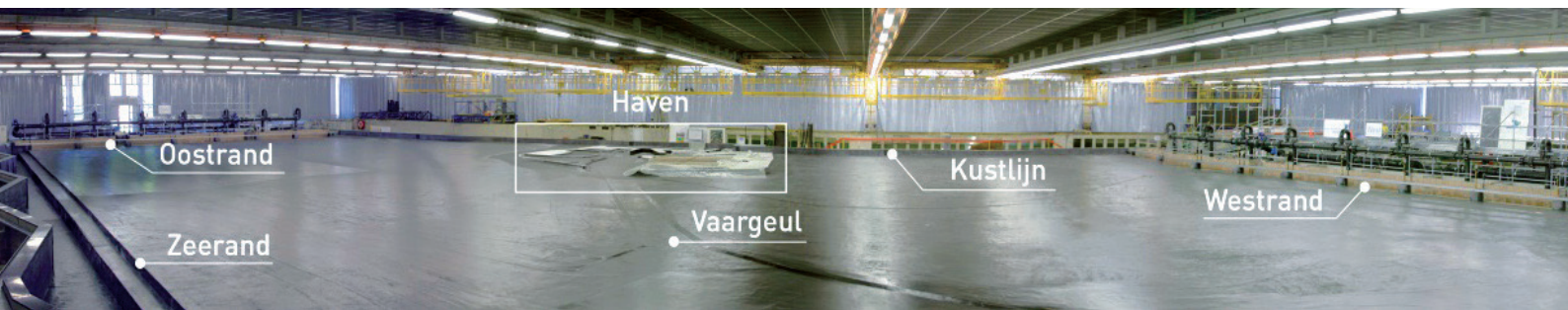
Het hydrodynamisch model, ontwikkeld door OD Natuur - KBIN, beschrijft de waterstanden (getijden) en de stromingen in drie dimensies. Hiervoor houdt het model rekening met de invloed van de maan op de bewegingen van het water en ook met de wind en de luchtdruk. De modellen voorspellen twee keer per dag een waaier aan fysieke parameters: stromingen, waterhoogte, temperatuur, golfhoogte, windsnelheid.... Momenteel gebeuren de voorspellingen voor een periode van vijf dagen, wat samenvalt met de beschikbaarheid van de weersvoorspellingen. De voorspellingen kunnen door een breed publiek online geraadpleegd worden. Maar ze zijn ook van cruciaal belang voor een aantal gespecialiseerde toepassingen voor de bescherming van de burgers, de veiligheid op zee, voor onderzoek en/of economische activiteiten.

Immers, twee van de drukst bevaren routes ter wereld doorkruisen het Belgische deel van de Noordzee. Onze kustwateren kennen dus een verhoogd risico voor aanvaringen, ladingverlies en voor al dan niet opzettelijke lozingen van olie- en andere schadelijke of mogelijk gevaarlijke stoffen. Ter ondersteuning van de Belgische Kustwacht werkte het Centrum voor Mariene Voorspellingen (OD Natuur – KBIN) een model uit, OSERIT genaamd, dat het traject van voorwerpen of vervuilende stoffen die op het zeeoppervlak drijven, kan voorspellen. Dankzij de speciaal voor OSERIT ontwikkelde website kunnen de operatoren van de OD Natuur of de Belgische Kustwacht het model op eender welk moment activeren en beschikken ze zo over de best mogelijke informatie voor de evaluatie van een incident op zee. In geval van een lozing van koolwaterstoffen (“olie”) kan het model helpen om in te schatten of de olie zal aanspoelen, hoe de vervuiling zich zal verplaatsen op zee, of er dreiging is voor de buurlanden, hoelang de blootstellingsduur is van een bepaald gebied of habitat aan een vervuilde waterkolom of om een vlek precies te lokaliseren tijdens bestrijdingsacties.

Het gedrag van koolwaterstoffen op zee is overigens zeer complex. Wanneer olie op het zeeoppervlak terechtkomt – vrijwillig of per ongeluk – blijft het eerst drijven en verspreidt het zich door het effect van zijn eigen gewicht en door de kracht van wind en stroming. Met het verstrijken van de tijd zullen de lichtere bestanddelen van de olie verdampen en zullen andere componenten oplossen in het water. De golven zorgen ervoor dat zeer kleine druppeltjes olie zich verplaatsen in de waterkolom. Soms zullen deze druppels een emulsie van water en olie vormen die op het oppervlak blijft. Bij hele dichte en stroperige olie, zoals zware stookolie, kan de olie in de vorm van grote druppels, vlekken of lagen, onder het wateroppervlak zinken en zich daar verder verspreiden. De snelheid waarmee dit alles gebeurt hangt sterk af van de soort olie, de windkracht, de getijdenstroming, de hoogte van de golven en de temperatuur. Al deze gegevens worden in het olieverspreidingsmodel OSERIT ingebracht om een zo goed mogelijk resultaat te verkrijgen. Huidige modellen voor onze kust: www.mumm.ac.be/NL/Models/Operational/forecasts.php. Binnenkort: <http://odnature.naturalsciences.be/home/>

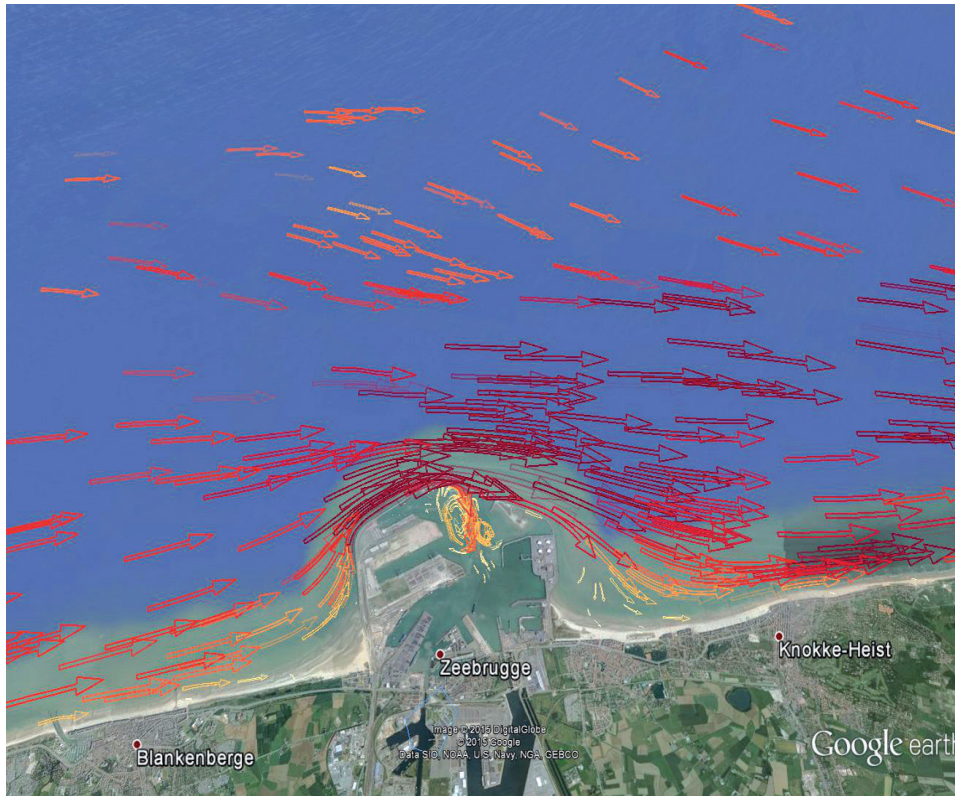


■ Beeld vanuit het vliegtuig van het KBIN van de olie gelekt uit het gestrande vaartuig Flinterstar na de aanvaring met een gastanker op 6 oktober 2015. Dit soort informatie wordt gebruikt in het model om te voorspellen hoe de olievlek zal evolueren. Op p. 17 onderaan een simulatie van de olievlek op 21 oktober 2015, waarbij voorspeld wordt dat olie zou kunnen aanspoelen ter hoogte van Blankenberge en Zeebrugge (OD Natuur-KBIN).



toegankelijkheid. Enerzijds is er het getij dat een drijvende kracht is in de Noordzee. Omdat de getijslag (het verschil tussen hoog en laag water; te Zeebrugge bedraagt die gemiddeld 4,30 meter) groot is, zijn hier sterke stromingen. Anderzijds versterken de in zee uitstekende strekdammen de plaatselijke stromingen. Dit is duidelijk zichtbaar in het numeriek stromingsmodel dat het Waterbouwkundig Laboratorium te Antwerpen heeft ontwikkeld om de stroming in en rond de haven te onderzoeken (zie figuur). De stroming in zee moet “rond” de haven lopen, die een hindernis vormt. Dit leidt tot contractie (samentrekken) van de stroomlijnen en een verhoging van de stroomsnelheid vóór de haveningang. Deze stromingen staan dwars op de vaarrichting van de schepen die de haven in- en uitvaren, waardoor het moeilijker is om richting te houden. Om veiligheidsredenen wordt daarom een “vaarvenster” ingesteld. Dit is een bepaald gedeelte van de getijcyclus met voldoende waterdiepte en waarbij de stromingen voor de haveningang voldoende laag zijn om een veilig scheepsmanoeuvre toe te laten. Zo kunnen de grootste schepen met een diepgang van 15,5 à 16,0 meter tijdens springtij de Zeebrugse voorhaven gedurende slechts 4 à 6 uur per etmaal bereiken (verspreid over meerdere ogenblikken per dag).

Op het Waterbouwkundig Laboratorium loopt er momenteel een onderzoek om de stroompatronen rond de haveningang beter te begrijpen, en mogelijk positief te beïnvloeden door ingrepen in de infrastructuur. Deze kennis kan worden aangewend om ontwerpen voor een eventuele uitbouw van de haven van Zeebrugge af te toetsen naar veiligheid en toegankelijkheid voor scheepvaart. Naast hoger vermeld numeriek model (computermodel) is er in Bergerhout ook een groot (2000 m²) schaalmodel gebouwd van de haven en de kustzone (zie foto). In dit model wordt door middel van pompen de getijstroming gesimuleerd. De zo modelmatig berekende stromingen worden ook in een scheepssimulator van het WL gestoken. Dit laat de loodsen toe om scheepsmanoeuvres bij het in- en uitvaren van de haven in realistische omstandigheden te oefenen.



■ Het numeriek stromingsmodel van het Waterbouwkundig Laboratorium, gemaakt op basis van metingen, toont de zeer sterke stromingen voor de haven van Zeebrugge (pijlen geven de stroomrichting aan, de grootte en de kleur van de pijlen de stroomsnelheid). Met een fysisch schaalmodel (55 meter bij 35 meter) van de haven van Zeebrugge in het Waterbouwkundig Laboratorium te Bergerhout (foto bovenaan p. 17) kunnen allerlei scenario's toekomstgericht worden uitgetest (Waterbouwkundig Laboratorium).

