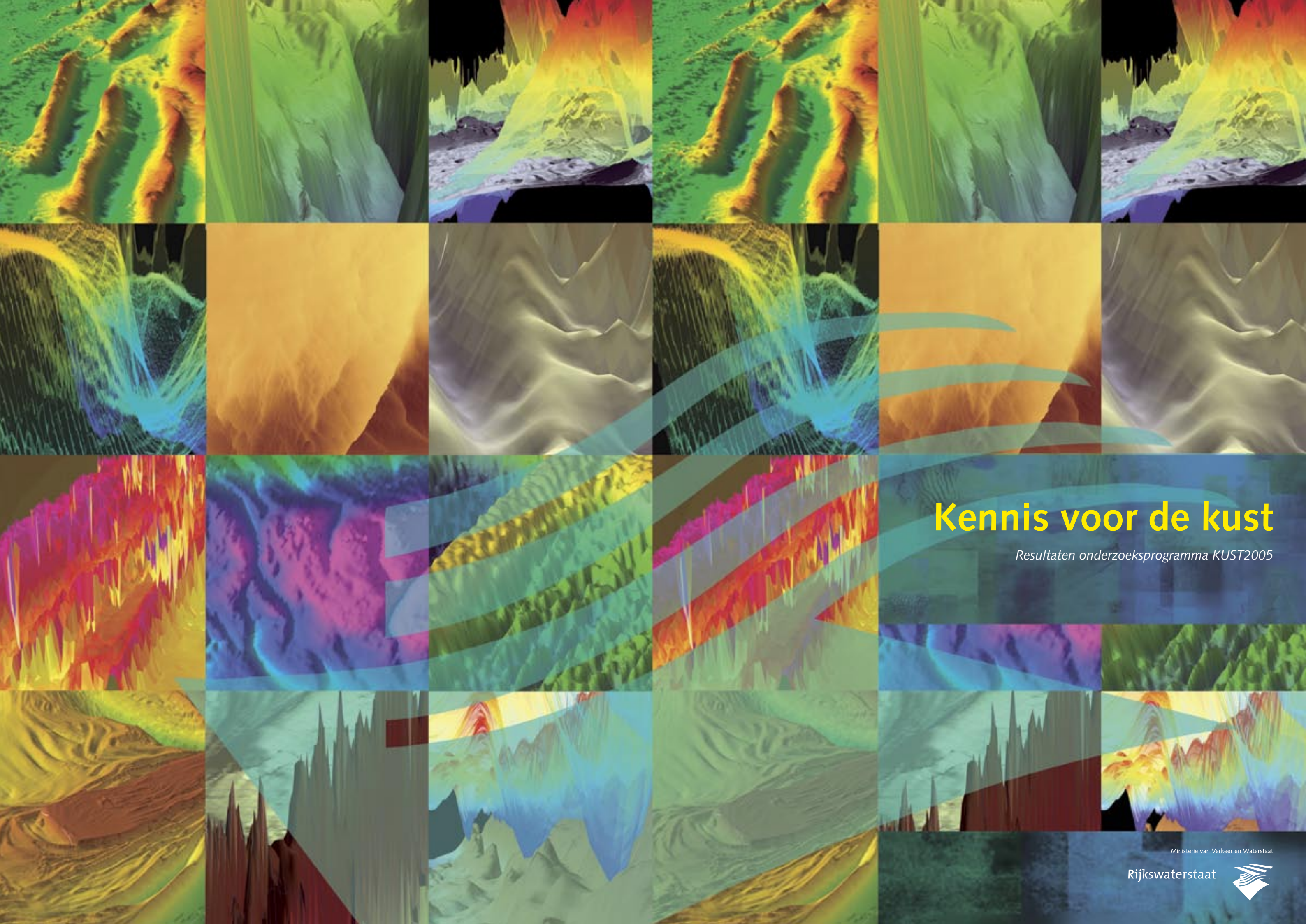


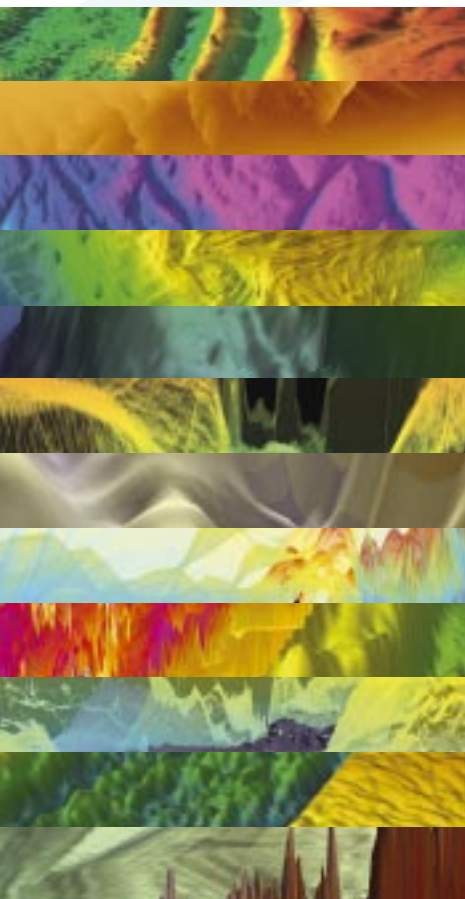


Kennis voor de kust

Resultaten onderzoeksprogramma KUST2005



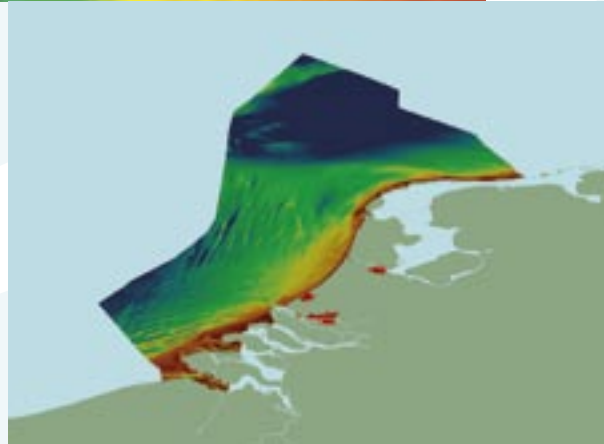
Inhoud:



Kust2005 (voorwoord)	2
Het onbegonnen werk begonnen	4
Multibeam toont megaribbels en zandgolven	6
Kustbeheer in een hele grote zandbak	8
Recepten voor eilandkopbeheer	10
Het 'huishoudboekje' van de Westerschelde	12
Lessen uit de onderwatersuppletie Egmond	14
Onderwatersuppleties, een kwestie van inzicht en timing	16
Argus, oog voor kustbeheer	18
De naakte waarheid over modellen	20
Zand uit zee	22
Strategische kennisontwikkeling	24
Begrippen	26
Betrokkenen KUST2005	27

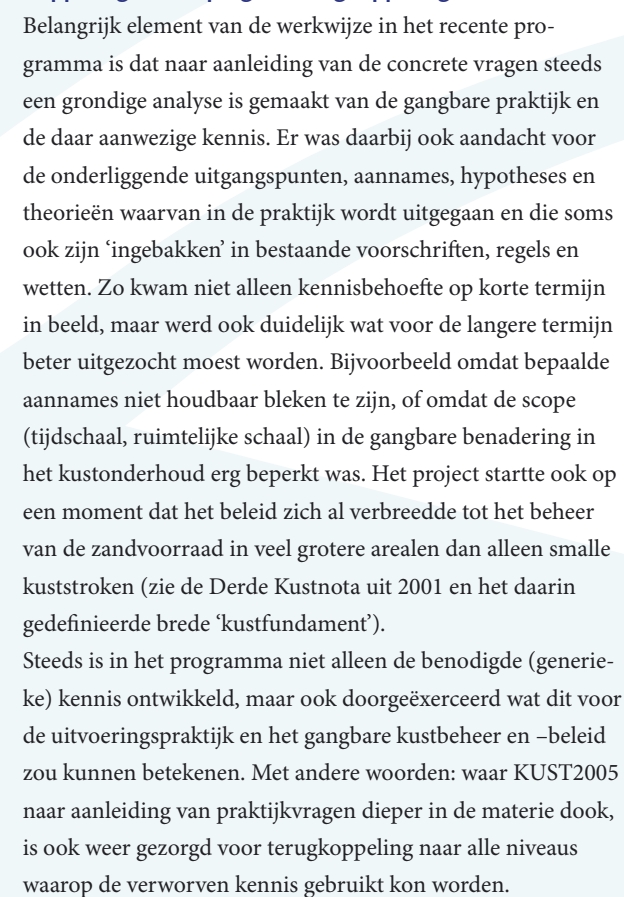


Deze brochure geeft een bloemlezing uit de oogst van vijf jaren KUST2005. In dit programma is de kennis van kustsystemen opgebouwd en toegepast die nodig is om huidige en aankomende vraagstukken in kustbeleid en kustbeheer op te lossen.



Wie ook de voorlopers van het programma bekijkt, ziet dat men door de tijd heen steeds dichter bij de 'klanten' is gaan staan. Het onderzoeksprogramma KUSTGENESE, dat halverwege de jaren '80 startte, was zeker *beleids*gericht. Het legde de basis voor de eerste kustnota. Tegelijkertijd was het gericht op de 'wetenschapswereld' zelf, waar destijds nog veel te doen was. Civiel-technici, fysisch geografen, geologen..., allemaal keken ze op een eigen manier naar het kuststelsel. Het programma

slaagde erin om alle kennis van kustverschijnselen en van methodes en instrumenten in gezamenlijk onderzoek te bundelen. Er ontstond een wisselwerking waardoor de kennis op een veel hoger niveau werd getild. In de opvolger, KUST2000, zette men bewust een stap verder richting een grotere groep 'afnemers'. Belangrijk was nu ook de bruikbaarheid van kennis in het *kustbeheer*. Alle problemen in kustgebieden – van Zeeland tot de Waddeneilanden – werden in kaart gebracht. Daarna richtte de kennisontwikkeling zich op de grootste gemene deler in die problemen. Deze kennis was op meerdere plaatsen toepasbaar en is in een aantal gevallen ook daadwerkelijk gebruikt om vanuit het programma praktische beheersvragen te beantwoorden. KUST2005, ten slotte, is helemaal vertrokken vanuit concrete vragen en problemen die beleids- en beheersinstanties, de opdrachtgevers in dit programma, aanreikten.



Het programma KUST2005 verbindt deze drie systemen op alle verschillende tijd- en ruimteschalen.

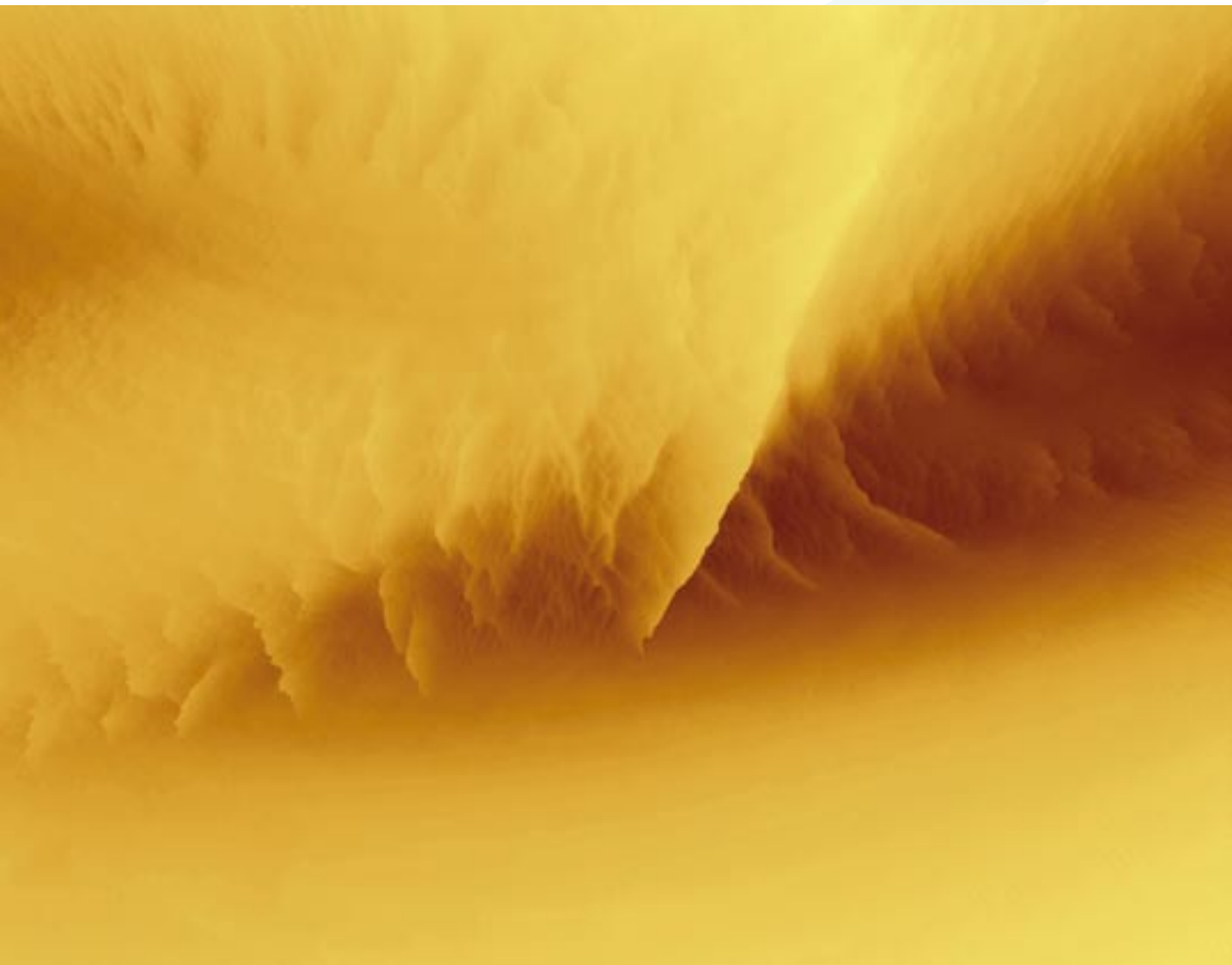
Maar genoeg over de werkwijze. Blader door de brochure om te zien welke resultaten zo'n aanpak oplevert. De hoofdstukken behandelen verschillende aspecten van het programma. Bijvoorbeeld het onderzoekswerk dat is verzet voor een specifiek gebied, het Haringvliet, of – minder gebiedsgebonden – het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van een nieuwe techniek als Argus in het kustbeheer.

De felgekleurde 3D-illustratie die in elk hoofdstuk is opgenomen, heeft wel wat weg van abstracte kunst. Het gaat echter steeds om een beeld van de werkelijkheid zoals die op basis van meetgegevens op het computerscherm kan worden opgeroepen. Ook hier dus die koppeling met de praktijk, geen *l'art pour l'art* maar 'kunst voor de kust'.



Het onbegonnen werk begonnen

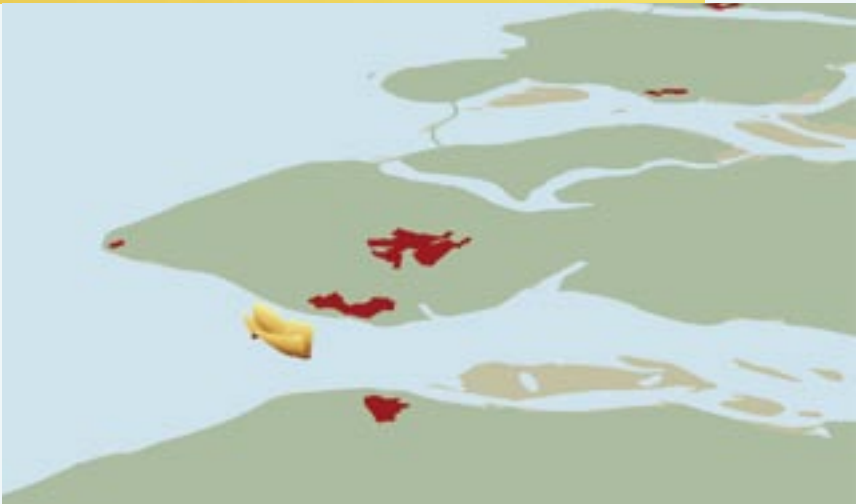
In KUST2000 heette het nog onbegonnen werk: zand storten aan de randen van snelstromende geulen om zo de kust intact te houden. Inmiddels zijn we vijf jaar verder en heel wat inzichten rijker.



Steile helling

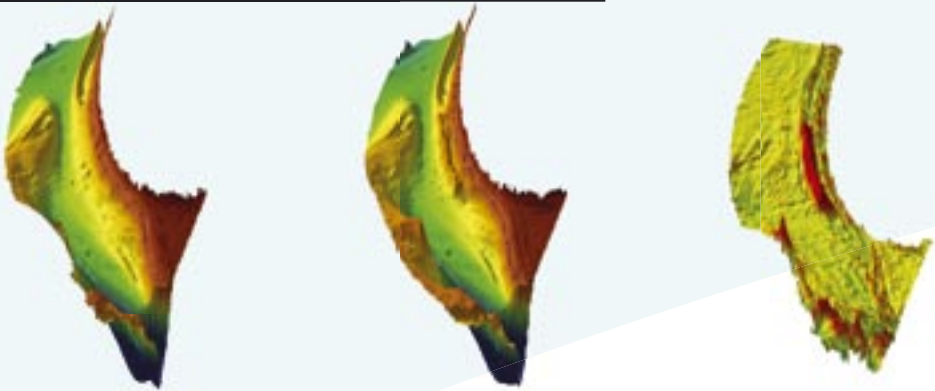
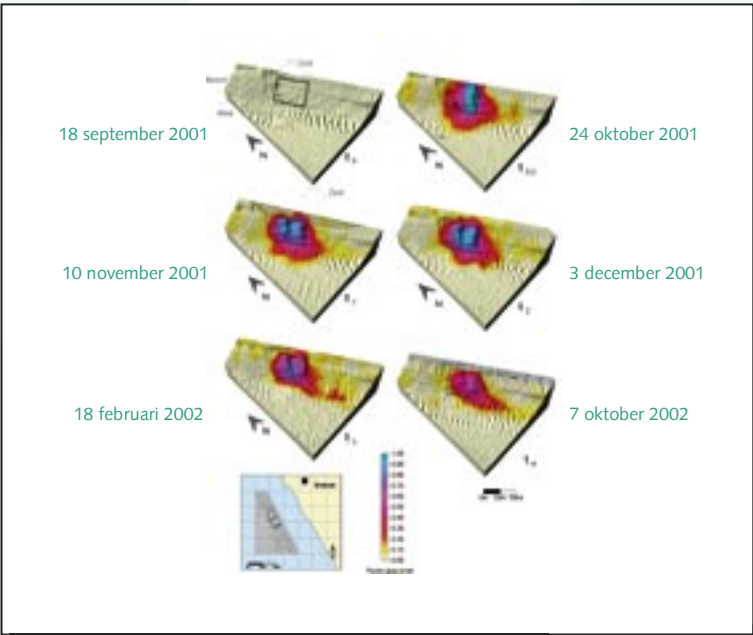
Om te zien hoe de kustlijn er voor staat, wordt berekend of er op een bepaald traject van het dwarsprofiel – van duinvoet tot een stuk onder de waterlijn - voldoende zand ligt. Een ‘onvoldoende’ is het signaal om zand te suppleren om de kustlijn (‘basiskustlijn’, BKL) te handhaven. Vroeger werd het zand bovenin die ‘rekenschijf’ voor de BKL aangebracht door het op het strand te spuiten, maar tegenwoordig wordt vooral het onderwaterdeel van die schijf aangevuld omdat dit goedkoper is en minder overlast oplevert (zie voor meer uitleg over de kustlijntoetsing pag. 19).

Tot zover de praktijk wanneer je van doen hebt met een gemiddelde, flauw aflopende zeekust. Maar er zijn ook plaatsen waar een geul steeds dichterbij de wal toe kruipt en de oever erodeert tot een steile helling. De kans dat het zand bij een



Geulbodem voor de kust van zuidwest Walcheren (drempel Oostgat/Sardijengeul).

onderwatersuppletie ‘hoog op de helling’ blijft liggen (en zo ‘meetelt’ in de kustlijnberekeningen) lijkt gering. Vandaar dat men daar nog altijd zand boven de waterlijn, op het strand aanbracht. De uitkomsten van de kustlijnberekening mogen dan misschien wel weer kloppen; eigenlijk houd je jezelf wat voor de gek. In feite gebeurt er namelijk niets aan het werkelijke probleem van de landinwaarts oprukkende geul. En er ontstaan uiteindelijk problemen omdat het strand toch blijft afkalven. Daardoor rest een steeds smallere strook waarop al dat zand moet worden neergelegd. Rijkswaterstaat Zeeland vroeg dan ook in het kader van KUST2005 te zoeken naar een meer structurele oplossing.



3D-weergave van de bodem in het Molengat (kijkrichting is naar het noorden), voor en na de geulwandsuppletie. De suppletie is goed te zien in het verschilbeeld (rechts).

Creatief met zand

Het alternatief werd niet zozeer gezocht in harde constructies zoals strekdammen. Deze zijn duur in aanleg en onderhoud en het zijn starre oplossingen. Als de ingreep achteraf niet het gewenste effect heeft, is deze niet snel weer weg te halen. Kies je voor ‘zachte oplossingen’ met zand, dan kun je kijken hoe het systeem reageert en voortdurend bijsturen: dynamisch handhaven van de kustlijn, zoals dat heet. Het aanvullen van het natuurlijke systeem met zandsuppleties onder water past in deze filosofie. Maar of dat wel zin heeft op plekken waar het zo sterk stroomt...



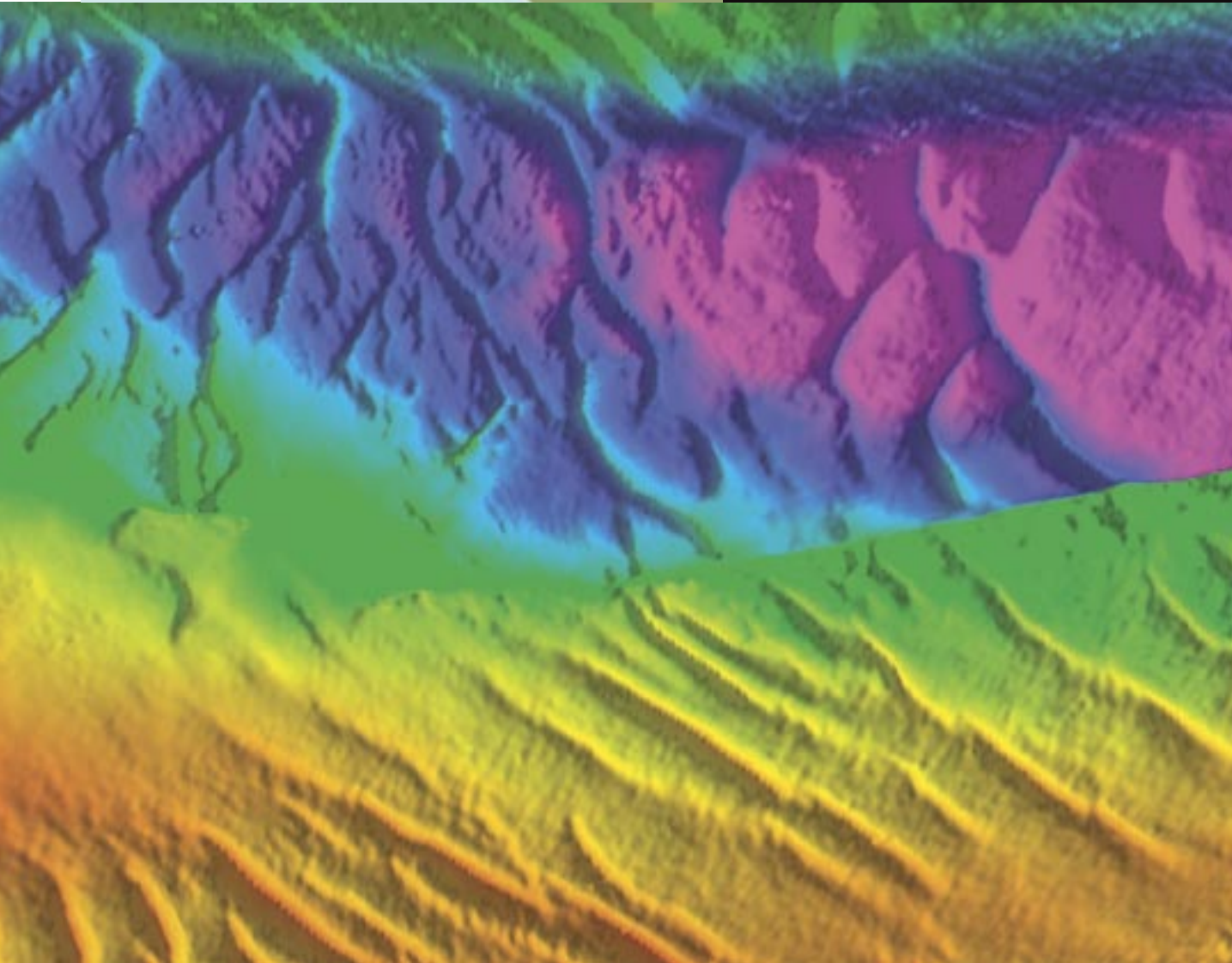
Het aanbrengen van de suppletie in het Oostgat met een zogenaamde splijtbak, die aan de onderkant zijn lading lost.

Innovatief

In 2001 werd een kleinschalig experiment met een geulwandsuppletie uitgevoerd in het Oostgat in de monding van de Westerschelde, gelegen onder de zuidwestkust van Walcheren. Dit gebeurde met zand dat was aangeboord bij aanleg van de Westerscheldetunnel en dat (door de aanwezigheid van glauconiet) een afwijkende achtergrondstraling had. Zo kon mooi worden gevolgd wat er met het gesuppleerde materiaal gebeurde. Het zand bleef boven verwachting op de steile

De geulwandsuppletie in het Oostgat (deels gerealiseerd in de tweede, voltooid in de derde opname), gevolgd in de tijd aan de hand van het te traceren glauconiet.

(1:7) helling liggen. Bij metingen een jaar na de suppletie viel te voorspellen dat twee jaar na het aanbrengen nog de helft van het materiaal ter plekke aanwezig zou zijn. In 2003 is daarop een vergelijkbare suppletie uitgevoerd op praktijkschaal, in het Molengat bij Zuidwest Texel. Een pessimist zal zeggen dat toch nog een aanzienlijk deel van de suppletie *niet* blijft liggen. Maar aan dat ‘verlies’ mag in de nieuwe filosofie voor het kustbeheer niet te zwaar getild worden. Het draait om de totale zandhuishouding van de kust. Wat van de ene plek verdwijnt, komt de kust elders wel weer ten goede.



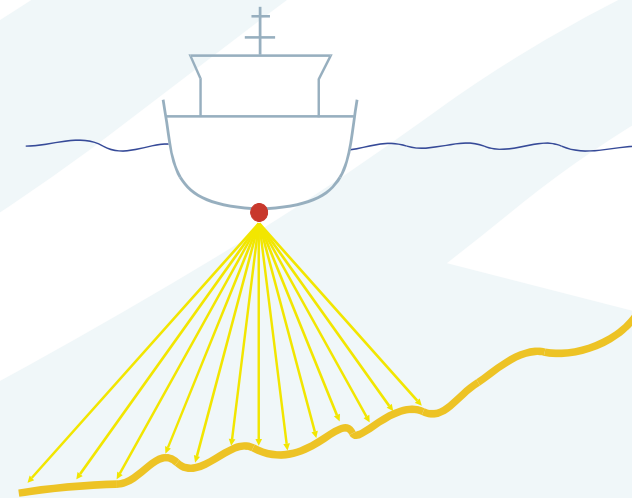
Bodemvormen in het Schulpengat bij de kop van Noord-Holland, zoals gezien met Multibeam.

Multibeam toont megaribbels en zandgolven

Bij de gebruikelijke lodingsmethode ontstaat 'in grote lijnen' een beeld van bodemdiepte en -structuur. Daarnaast is er nu ook de Multibeam-techniek die de bodemmorfologie tot in ongekende details en compleet gebiedsdekkend kan laten zien. 'Meer' is niet altijd nuttig, maar levert soms toch duidelijke winst op. Zo blijkt uit een analyse van voor- en nadelen van de techniek voor het kustbeheer.

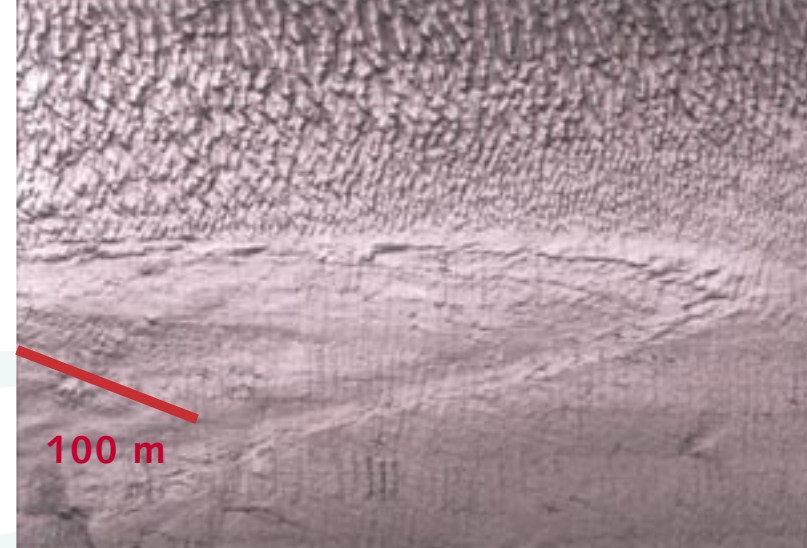
Gedetailleerd en gebiedsdekkend

'Op het droge' is Nederland tot op de centimeter nauwkeurig ingemeten. Maar onderwater kennen we de bodemligging minder precies. Dieptemetingen worden sinds jaar en dag uitgevoerd door met een echolood raaien te varen, met een afstand tussen deze lijnen van zo'n 100 tot 200 meter. Hoe de bodem er tussen twee lijnen uitziet, kan vanuit de raaigegevens worden ingeschat. Dit neemt niet weg dat kleinere structuren tussen twee raaien zo gemist kunnen worden. Met de relatief nieuwe meettechniek Multibeam vinden al varende metingen plaats op meerdere punten tegelijk, in een waaier onder de boot. In de opgemeten bodemstrook kan zeer gedetailleerd, bijvoorbeeld voor stukken van 0,5 bij 0,5 meter, de diepte worden bepaald. Kies je het vaarpatroon zo dat de waaiers aan elkaar grenzen, dan ontstaat een gebiedsdekkend beeld. In KUST2005-onderdelen waarbij met name Rijkswaterstaat Zeeland en Rijkswaterstaat Noord-Holland betrokken waren, is meer ervaring opgedaan met het gebruik van Multibeam. Belangrijk is natuurlijk ook de vraag of de bodemligging wel altijd zo in detail bekend moet zijn. In vergelijking met de oude (single-beam) methode zijn de opnames en verwerking tijdrovend en daarmee prijzig. Ook blijkt bij de interpretatie dat Multibeam-metingen bijna onhandelbaar grote bestanden opleveren waaraan zelfs snelle computers een enorme kluit hebben. Toch zijn er veel situaties waarin het de moeite loont.



Plaatjes met een verhaal

In samenwerking met de Meetinformatiedienst Zeeland en met de Informatiedienst Water van Rijkswaterstaat Noord-Holland zijn opnamen van de Waddenzee en de Scheldemonding gemaakt. Een blik op de plaatjes die Multibeam oplevert leert hoeveel er nog te ontdekken was: complexe patronen van zandgolven en kleinere patronen van ribbels, het product van golven en stromen. Dergelijke patronen en vormen van uitgesleten bodemkuilen geven informatie over de transportrichtingen van sediment. Dat inzicht kan bijvoorbeeld gebruikt worden bij het ontwerpen en uitvoeren van geulwandsuppleties (zie pag. 4). Welke vorm moet het zandlichaam hebben?

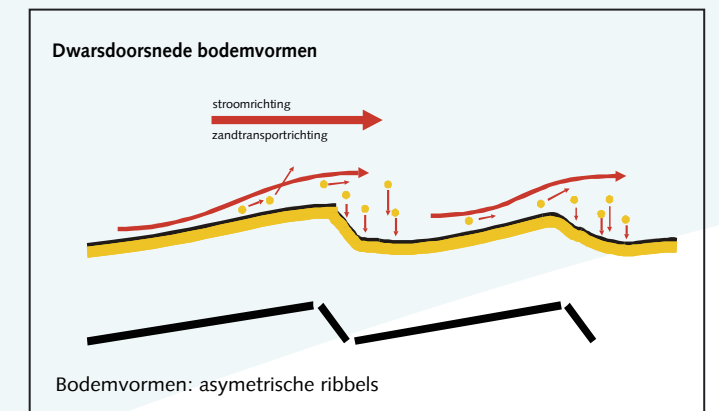


En waar leg ik het materiaal neer? Misschien moet dat wel iets noordelijk van het 'target' vanwege een sedimenttransport in zuidelijke richting. Multibeam helpt om zo'n 'pijl' te trekken.

Vreemde richels.

Soms, zoals bij de kop van Noord-Holland, toonde Multibeam zeer steile wanden en vreemde richels in de bodem. Het duidt op de lokale aanwezigheid van bodemmateriaal dat beter tegen erosie bestand is, bijvoorbeeld oude veen- en kleilagen. Met die indicatie is gericht geologisch onderzoek mogelijk dat meer duidelijkheid verschaft over de bodemsamenstelling. De aanwezigheid van stevige bodemlagen is een factor om rekening mee te houden in modellen en praktijksituaties. De aanleg van een dam bijvoorbeeld, veroorzaakt altijd een forse ontgronding aan de kop. Het zou slecht uitpakken als een dam zo werd ontworpen dat een resistente laag ter plekke door dat proces ondergraven zou worden.

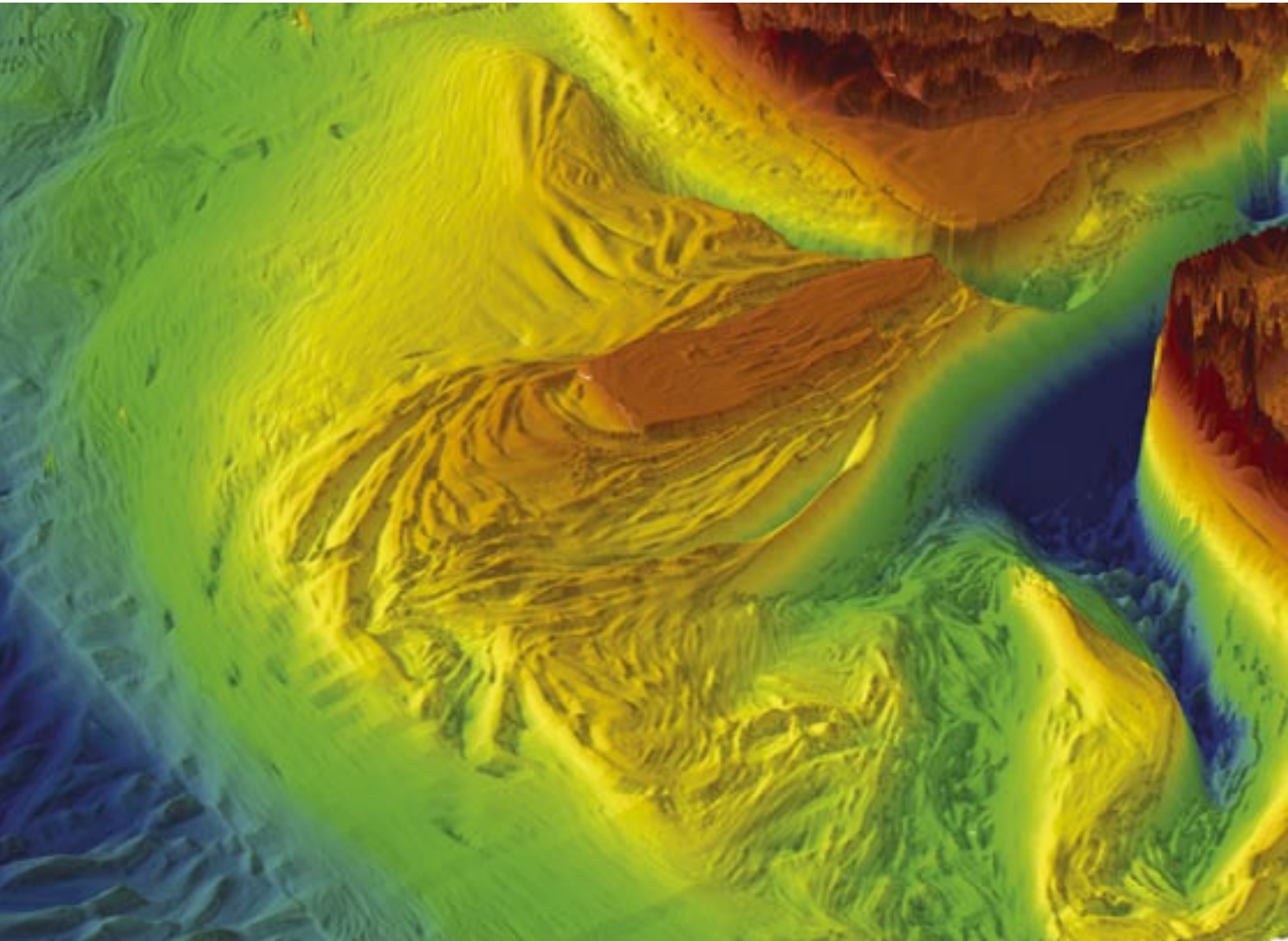
KUST2005 heeft duidelijk gemaakt dat een brede inzet van Multibeam in de smalle kustzone op dit moment 'overdone' zou zijn, vanwege de hoge kosten van metingen en verwerking en de geringe meerwaarde die daar in veel gevallen tegenover staat. Met beleid inzetten is dus het devies, in gebieden waar gedetailleerde informatie gewenst is of waar de reguliere lodingsgegevens vragen oproepen. Multibeam biedt dan de mogelijkheid om een schat aan informatie te verzamelen.



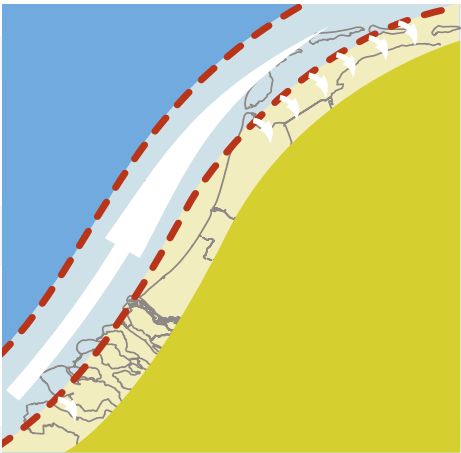
Asymmetrische bodemvormen verraden de stroomrichting.

Kustbeheer in een hele grote zandbak

Beheren is vooruitzien. En bij duurzaam beheren: ver vooruitzien. Bij duurzaam kustbeheer hoort ook een grote ruimtelijke schaal: je kijkt naar hele grote zandbakken in zee. Blijft daar genoeg zand in aanwezig? Hoeveel en waar moeten we bijvullen om ook in de toekomst aan zee te kunnen blijven wonen, werken en recreëren?



Het kustfundament strekt zich uit van de duinen tot 20 meter diepte op zee.



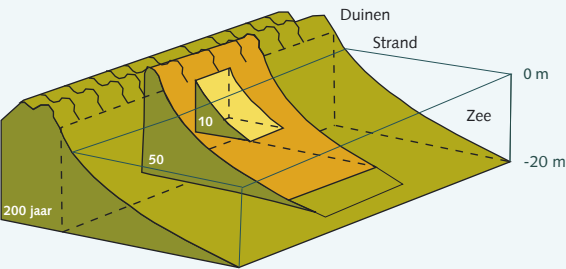
Het kustfundament is niet alleen stevig, maar ook dynamisch. Er vindt een noordwaartse zandbeweging plaats, vergelijkbaar met een traagstromende 'zandrivier'. Via deze 'zandrivier' wordt zand aangevoerd naar de Waddenzee.

Iets tussen tien jaar en de eeuwigheid

Al in KUST2000 is nagegaan wat duurzaam kustbeheer moet betekenen voor de grootte van het blikveld. Uit analyse van de methode voor de kustlijnzorg bleek dat daarin was uitgegaan van een tijdschaal van maximaal tien jaar. Nu is 'voor eeuwig' uiteraard te veel gevraagd voor het handhaven van de kust, maar tien jaar is weer wat weinig. Ter ondersteuning van duurzaam kustbeleid en -beheer bepaalde het RIKZ daarom de ruimtelijke schaal van duurzaamheid over een periode van 50 tot 200 jaar. Hoe groot zijn dan de zandbakken waarvan de zandvoorraad op peil moet worden gehouden door suppletie met zand uit diepere delen van de Noordzee? Behoorlijk groot, zo bleek. Werde eerder gedacht in zandbakken die liepen van -5 tot +3 meter NAP en die circa 250 meter lang waren; nu kwam de zandbakrand aan zeezijde op maar liefst 20 meter beneden NAP te liggen. In de lengterichting werden de zandbakranden midden tussen de zeegaten gelegd en aan de kustzijde gingen ook de duinen tot het kustfundament behoren.

Herberekening

In 1990 was, uitgaande van de kustlijnzorg met een tijdschaal van 10 jaar, berekend dat jaarlijks zes miljoen kuub zand gesuppleerd moest worden voor de Nederlandse kust om verliezen aan te vullen. Vanaf het moment dat van grotere zandbakken werd uitgegaan, startte het rekenwerk om op basis van bodemdata de zandvolumeveranderingen in die grotere arealen te berekenen. Een eerste schatting, op basis van destijds beschikbare gegevens, kwam uit op 12 miljoen kuub zand jaarlijks voor duurzaam beheer en was aanleiding om de jaarlijkse zandsuppleties op te voeren en in het kustbeleid te verankeren. In KUST2005 is een tweede schatting gemaakt, nu op basis van veel uitgebreidere gegevens van de bodemligging. Deze komt uit op een vergelijkbaar volume om het huidige tempo van zeespiegelstijging bij te houden. Er is behalve het berekenen van zo'n suppletievolumen nog veel meer te doen met het toegenomen inzicht in de zandbalans. Ook zullen individuele zandsuppleties op hun effectiviteit in de grote zandbakken worden afgewogen: waar leg je hoeveel neer in die grote systemen voor een optimaal resultaat?



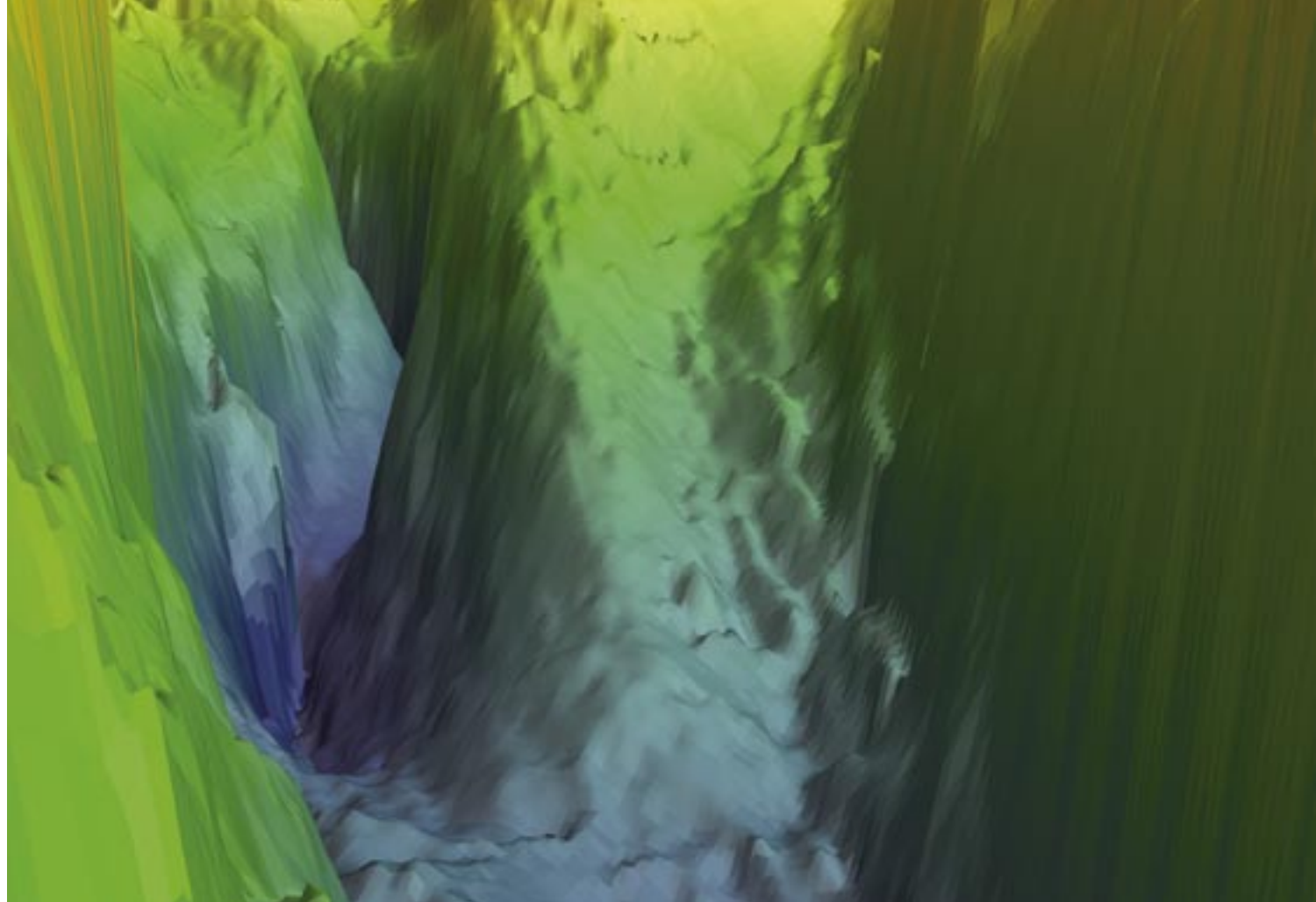
Langer vooruitkijken is ruimer om je heen kijken naar optredende processen. Op een termijn van tien jaar is het voldoende de kustlijn in de gaten te houden; op langere termijn is het behoud van het gehele kustfundament van belang.



Ook dit complexe systeem, de buitendelta van het Marsdiep, is een onderdeel van de zandrivier. Te zien zijn ook: de kop van Noord-Holland (rechts), de diepblauwe geul van het Marsdiep en een deel van het eiland Texel (rechtsboven).

Zandrivier

Het zand aan de Noordzeekust is altijd in beweging. Netto stroomt zand als in een 'zandrivier' in noordelijke richting. Die rivier stroomt niet overal even snel. De snelste en grootste verplaatsingen vinden plaats in de brandingszone; de langzaamste en kleinste op dieper water en bij de duinen. Bepalen waar de 'oever' van deze rivier liggen is een enigszins arbitraire zaak. Het ligt er maar aan op welke tijdschaal wordt gekeken. Op een schaal van tien jaar kan het zand zich onbewegelijk voordoen, terwijl er op een tijdschaal van tientallen jaren wel degelijk verandering optreedt. De zandrivier wordt dus breder naarmate je deze langer bekijkt. En ook de ruimtelijke schaal waarop in het kustbeheer gedacht en gehandeld moet worden, wordt groter bij een langere vooruitblik (afbeelding).



Een 'blik' in het Bordiep, de diepe geul tussen de eilandkoppen van Ameland en Terschelling.

Recepten voor eilandkopbeheer

Hét recept bestaat niet. Een receptenboek is er wel, sinds KUST2005 zich boog over de dynamische processen rond eilandkoppen, bestaande recepten verzamelde en nieuwe recepten bedacht en deels al uittestte.

Gulzige geulen

De koppen van de Waddeneilanden en Zeeuwse eilanden en de kop van Noord-Holland zijn in zekere zin de Kop van Jut. Hier speelt een groter complex aan problemen dan langs de 'normale' Hollandse kust. Zo wordt een groot deel van de zandvraag in de Waddenzee en het Schelde-estuarium, het gevolg van een stijgende zeespiegel, door de eilandkusten geleverd. Niet zelden zorgen diepe geulen vlak onder de kust er voor dat strand en onderwateroever zich in snel tempo landwaarts verplaatsen.

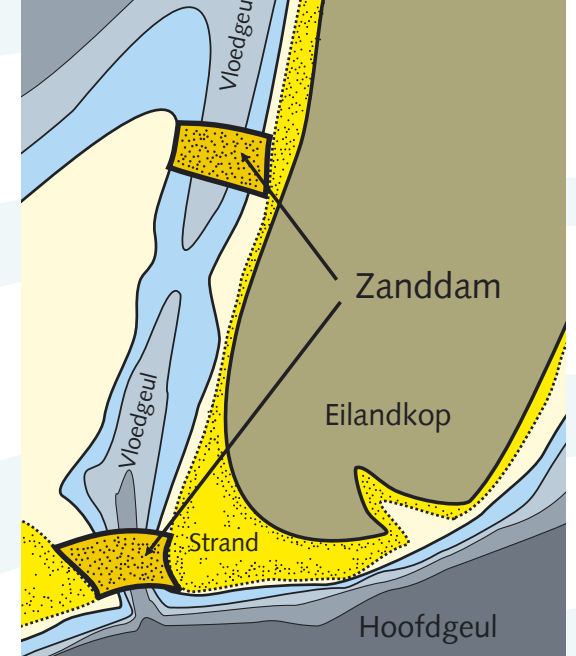
Het beheer van eilandkoppen is een vraagstuk waarmee Rijks-waterstaat Noord-Nederland, Rijkswaterstaat Noord-Holland en Rijkswaterstaat Zeeland te maken hebben.



Ameland

Harde koppen

In een aantal gevallen is bij eilandkoppen in de praktijk gekozen voor harde oplossingen voor het kustbeheer, zoals bestortingen onder water of het aanleggen van strandhoofden en dammen. In KUST2005 zijn de aanleg van de Eijerlandse dam aan de Noordkust van Texel en de ontwikkeling van de Westkust van Ameland, inclusief de aangebrachte steenbestortingen, geëvalueerd. Het blijkt dat dergelijke ingrepen zeer effectief zijn als ontwerp en uitvoering goed passen bij het type erosieprobleem. Leg bijvoorbeeld maar eens de ansichtkaarten naast elkaar waarmee vakantiegangers door de jaren heen de groeten overbrachten vanuit de Noordkop van Texel. Die van na 1995, het jaar dat de dam gereed kwam, laten een spectaculair areaal aan vastgelegd zand zien. Tegelijkertijd geven juist de successen van dit soort ingrepen te denken. Want waar ging al dat onderschepte zand vroeger naar toe, en wordt het daar nu niet node gemist? Evengoed kunnen harde oplossingen onder de lokale omstandigheden nog altijd het beste zijn, maar bij voorkeur is dat pas de conclusie na een afweging van de maatregel tegen zoveel mogelijk alternatieven.

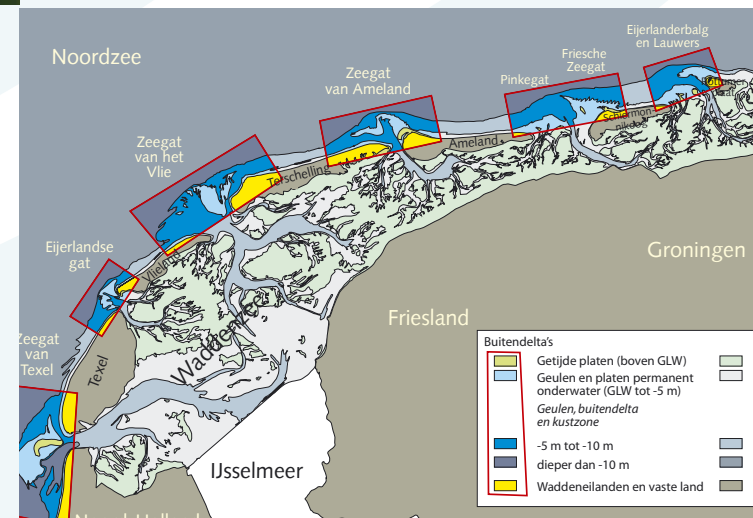


Met zanddammen zou een hele geul afgesloten kunnen worden, maar dat is wel zeer ingrijpend.

Zacht zand

Tot de zachtere oplossingen in het 'receptenboek' behoren geulwandsuppleties, het opwerpen van zanddammen die de geul afbuigen of zelfs een complete afsluiting van geulen met zand.

In het programma is een verrassende ervaring opgedaan met een experimentele geulwandsuppletie in het Oostgat (zie pag. 4). Dat leidde ook tot toepassing op praktijkschaal in het Molengat bij de Zuidwestkust van Texel in 2003. Met dammen die de geul insteken of zelfs geheel afsluiten bestaat nog geen ervaring. Vooral het laatste is ook erg ingrijpend en daarmee behoorlijk hard voor een zachte maatregel. Door geulafsluiting kunnen grote gebieden morfologisch en ecologisch (denk aan leefgebieden voor planten en dieren) sterk veranderen. Enige terughoudendheid om de kust als laboratorium voor dit soort experimenten te gebruiken, is dan ook op zijn plaats. Toch zou een dergelijke ingreep nodig kunnen zijn, als alternatief voor een misschien nog hardere maatregel. En dan is het goed als de gedachtevorming daarover nu al op gang is gekomen.



Buitendelta's van de Waddenzee.

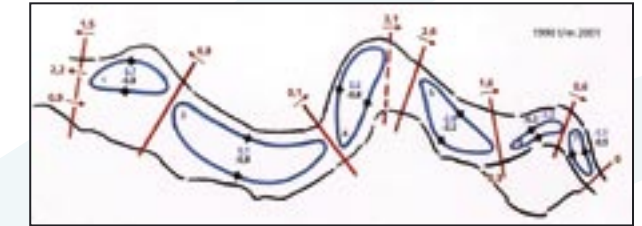
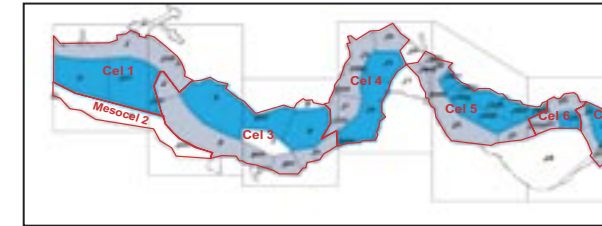
De Eijerlandse dam (loodrecht op de kust) bleek een zandvanger van formaat.



Het 'huishoudboekje' van de Westerschelde

Viermaal per etmaal draait de getijdenbeweging de stroming op de Westerschelde om. In deze 'bak' bevindt zich ook zand, als speelbal van het water. Interessant is de vraag wat er 'aan het eind van de dag' met dat zand gebeurd is. En dat bij voorkeur bekeken op een groter schaalniveau dan tot nu toe gebruikelijk was: tot in het mondingsgebied van de Westerschelde.

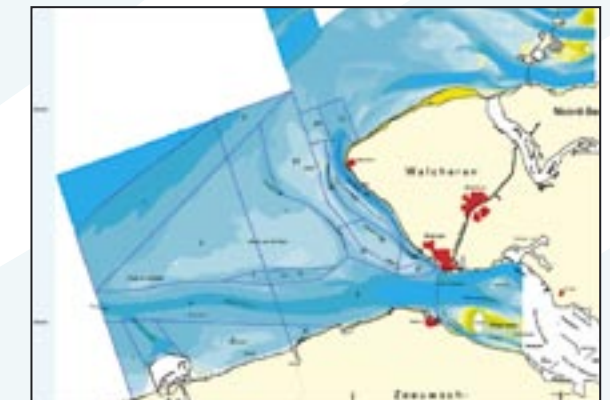
Deel van een geulbodembodem (geul bij Hansweert in de Westerschelde).



Indeling van de Westerschelde in 'macrocellen', eenheden waarvoor de zandbalans is opgesteld (linker afbeelding).

Daarnaast een voorbeeld (periode 1990-2001) van de jaargemiddelde transporten over de grenzen van deze cellen. Zwarte getallen: gemeten volumeverandering. Blauwe getallen, netto ingrepen (+ storten, - baggeren). Rode getallen: netto resulterend transport over de grens van twee macrocellen.

Rekenvakken voor de zandbalans van het mondingsgebied van de Westerschelde.



Een groter plaatje

Stond de pijl van het netto zandtransport op de grens van monding en Westerschelde tot eind jaren tachtig landinwaarts gericht (import); sinds die tijd wijst de pijl onveranderd zee- waarts, dus op export. Rijkswaterstaat Zeeland zag daarom de zandbalans graag uitgebreid tot een huishoudboekje dat ook het mondingsgebied van de Westerschelde beslaat. In een integrale gebiedsbenadering zijn Westerschelde en mondingsgebied immers niet los van elkaar te zien, zeker niet als je tientallen jaren vooruit wilt kijken. Je hebt dan rekening te houden met processen die zich op een groter schaalniveau afspelen dan alleen de Westerschelde. Daarnaast speelde de gedachte dat het wat zou uitmaken als het getransporteerde zand in het 'grotere plaatje' toch 'binnenboord' zou blijven. Als het zand in het mondingsgebied blijft liggen en daar het kustfundament versterkt, zou het zand uiteindelijk toch voor het grotere gebied behouden blijven. De vraag hoe de zandbalans er voor Westerschelde en monding uit ziet is in KUST2005 in nauwe samenwerking met het Rijkswaterstaatsproject Zeekennis opgepakt.

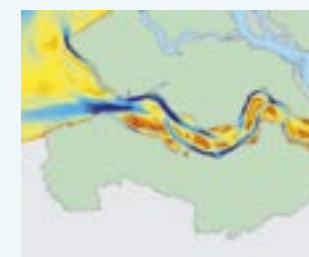
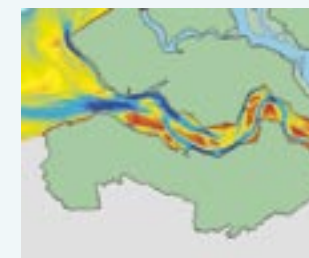
Slinkende zandvoorraad

Bij de uitbreiding van de zandbalans analyseerde Rijkswaterstaat RIKZ voor de Westerschelde ook eventuele onnauwkeurigheden in grootte van de 'pijl' op de grens van de Westerschelde en mondingsgebied. Ze concludeerde dat eventuele fouten in lodingen, in de compensatie voor interne sedimentverplaatsingen of onnauwkeurigheden in de boekhouding bij de zandwinning geen noemenswaardige invloed hebben op de berekende grootte van het netto transport. En voor wat betreft de vraag over de zandbalans in het grotere plaatje moest ze vaststellen dat het mondingsgebied al sinds het begin van de meetreeks (1970) zand verliest richting Noordzee. En nog steeds neemt de zandvoorraad hier af, ondanks het feit dat eind jaren tachtig het netto transport richting Westerschelde omsloeg in een toevoer van zand uit dat gebied. De resultaten zullen onder meer gebruikt worden bij de evaluatie van het zandwinbeleid, die in 2006 zal plaatsvinden, en bij beslissingen die in de nabije toekomst genomen worden over grootschalige inrichting van de Westerschelde en waarbij een balans moet worden gezocht tussen functies als veiligheid, toegankelijkheid en natuurlijkheid.

Rijker of armer

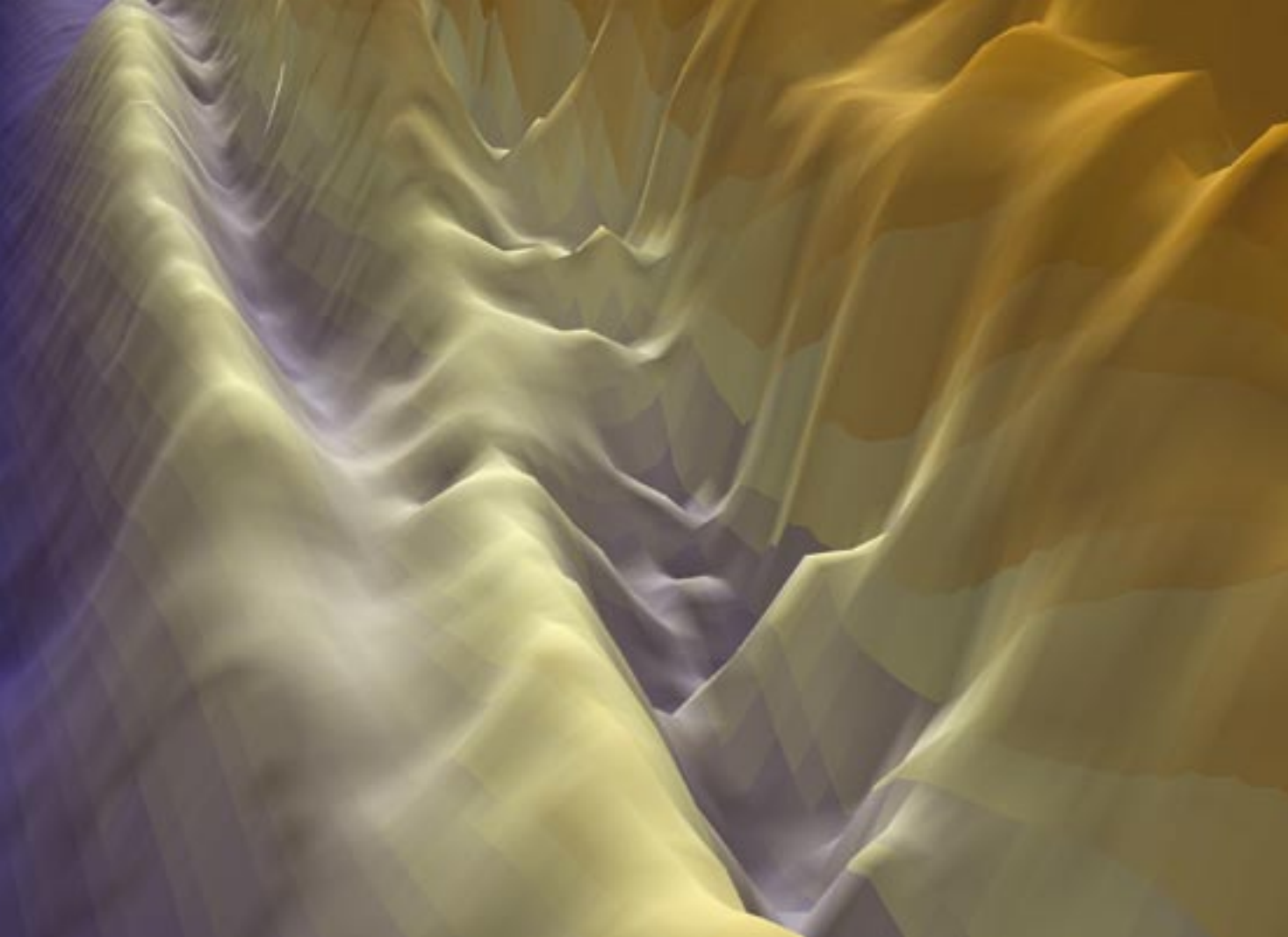
Inzicht in de zandbalans van de Westerschelde is van belang voor beleidskeuzes die voor het beheer van dit gebied gemaakt moeten worden. Om een beeld te krijgen verricht de Meetinformatiedienst Zeeland van Rijkswaterstaat jaarlijks metingen naar de bodemligging in de Westerschelde. Bij de interpretatie van de gegevens wordt rekening gehouden met kunstmatige zandverplaatsingen bij vaargeulonderhoud (sedimentonttrekking en -stortingen binnen het systeem), ingrepen die al lange

tijd nauwkeurig worden bijgehouden. Wat is onttrokken door zandwinning staat ook keurig in het huishoudboekje. Een af-treksom tussen de meetresultaten van twee jaren, gecorrigeerd voor zandverplaatsingen en zandwinning, leert uiteindelijk hoeveel zand men rijker of armer is door netto zandtransport over de grens tussen de Westerschelde en het mondingsgebied. Deze informatie, bekeken over een langere periode, maakt ook duidelijk wat de grootschalige ontwikkelingen zijn.



De bodemligging in 1968 (boven) en 1998 (linksonder) en het verschilbeeld (rechtsonder).

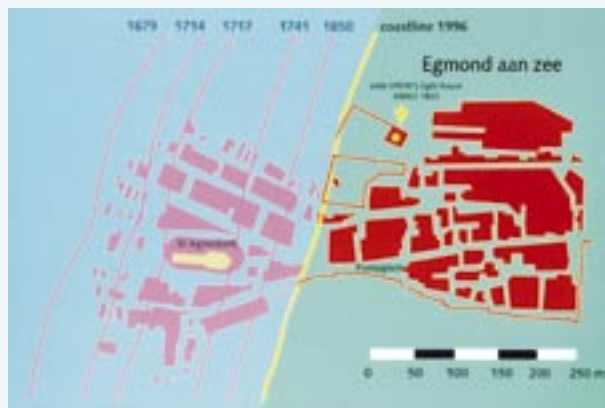
De bodem in dit dynamisch gebied is duidelijk veranderd (in het verschilbeeld is rood aanzanding, en blauw verdieping).



3D-weergave van de gemeten bodem met linksboven (wit-geel) de onderwatersuppletie.

Lessen uit de onderwatersuppletie Egmond

Met een zandsuppletie om de één à twee jaar vormde Egmond een 'hot spot' in het Nederlandse kustonderhoud. Reden om de suppletie eens wat grootser aan te pakken en de effecten intensiever te gaan volgen.



Egmond aan Zee/Egmond in Zee. Een deel van het vroegere dorp verdween in de afgelopen eeuwen in zee door een verschuivende kustlijn.

Bolwerk behouden

Bij Egmond ligt de kust vooruitgeschoven richting Noordzee. Dat wil men ook zo houden, om de boulevard tegen afslag te beschermen. De te handhaven minimale kustlijn (BKL) werd hier destijds (1990) zelfs nog wat verder zeewaarts gelegd dan de kustlijn van dat moment. De natuur verzet zich tegen het kunstmatige zandbolwerk en is daar redelijk succesvol in. Dit stuk kust heeft bijna jaarlijks een zandsuppletie nodig, tegen andere kustgedeelten eens in de vijf jaar tot zelden of nooit. Om zoveel mogelijk zand direct aan het bolwerk ten goede te laten komen (en direct mee te laten tellen bij de toetsing aan de BKL, zie ook pag. 19) liet Rijkswaterstaat Noord-Holland het zand hier lange tijd op het strand spuiten, terwijl elders al werd overgestapt op onderwatersuppleties.



De WESP, een elf meter hoge 'rijdende peilstok' voor metingen op het strand en de zeebodem tot circa zes meter diepte

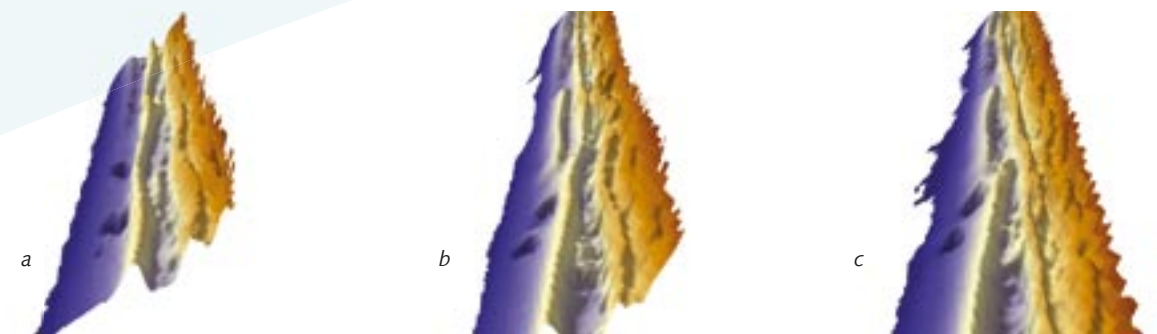
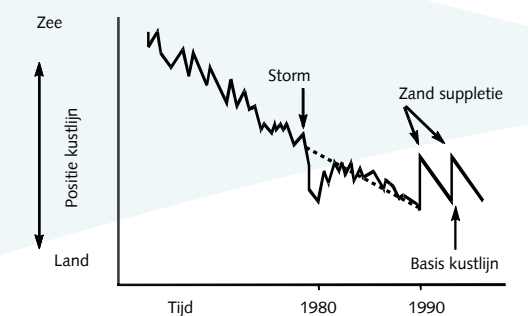
Langere levensduur

Rijkswaterstaat zocht naar een mogelijkheid om de suppleties een langere levensduur te geven. Meer zand opspuiten per strekkende meter strand was geen optie omdat het praktisch slecht uitvoerbaar zou zijn, kostbaar en bovendien relatief ineffectief omdat extra zand ook extra snel zou worden afgevoerd. Weinig soelaas bood ook een ander, beproefd middel: het aanleggen van een langere strandsuppletie. Zo'n suppletie gaat in het centrum langer mee, tenzij er, zoals bij Egmond, veel muilen liggen die zich vanuit zee het strand in 'vreten'. De hoop werd daarom gevestigd op een additionele onderwatersuppletie, tegelijkertijd uitgevoerd met de gebruikelijke strandsuppletie. Deze gecombineerde aanpak, nog niet eerder vertoond in Nederland, werd in 1999 in stelling gebracht. Als onderdeel van het KUST2005-programma volgde Rijkswaterstaat de bodemveranderingen. Dat gebeurde veel intensiever dan gebruikelijk met extra ladingen vanaf schepen, met een Argussysteem dat videobeelden van de kust vertaalt naar bodemmorfologie (zie pag. 18) en met de Water En Strand Profiler (WESP).

Bankgeheimen

Bij Egmond liggen in zee, parallel aan de kust, meestal twee brekerbanken. Deze banken verschuiven in de loop van jaren zeewaarts en verdwijnen, terwijl nieuwe banken zich van de kust losmaken. Bij de onderwatersuppletie werd zand tegen de zeewaarts gekeerde helling van de buitenste bank aangelegd. Het bleek een heftige reactie van het bankensysteem op te roepen en het kustsysteem in een bredere omgeving te beïnvloeden. Het oorzakelijk verband werd 'hard gemaakt' door de waargenomen veranderingen te vergelijken met de kustontwikkeling zonder deze suppletie. De referentie werd (door extrapolatie) ontleend aan oude meetreeksen in het ongestoorde kustsysteem en uit recenter gemeten ontwikkelingen na (alleen) strandsuppleties. Het zandlichaam tegen de bank bleek ervoor te zorgen dat de oorspronkelijke bank zich landwaarts begon te verplaatsen, een gunstige wending dus in de gebruikelijke morfologische ontwikkelingen (voor details over dit proces: zie pag. 17). Aan de zuidkant van de suppletie deed zich een complicatie voor. Door een breuk in een zandbank ontstond hier een gat, maar dit kan met een ander suppletieontwerp ondervangen worden. Overheersend effect was de stabiliserende invloed van de onderwatersuppletie op de ondiepe kust en zo ook op de aangebrachte strandsuppletie. Pas in 2003/2004 werd het weer nodig om maatregelen te nemen wegens overschrijding van de basiskustlijn.

De ligging van een kustlijn in de tijd, met - vanaf 1990 - de invloed van herhaalde zandsuppletie.

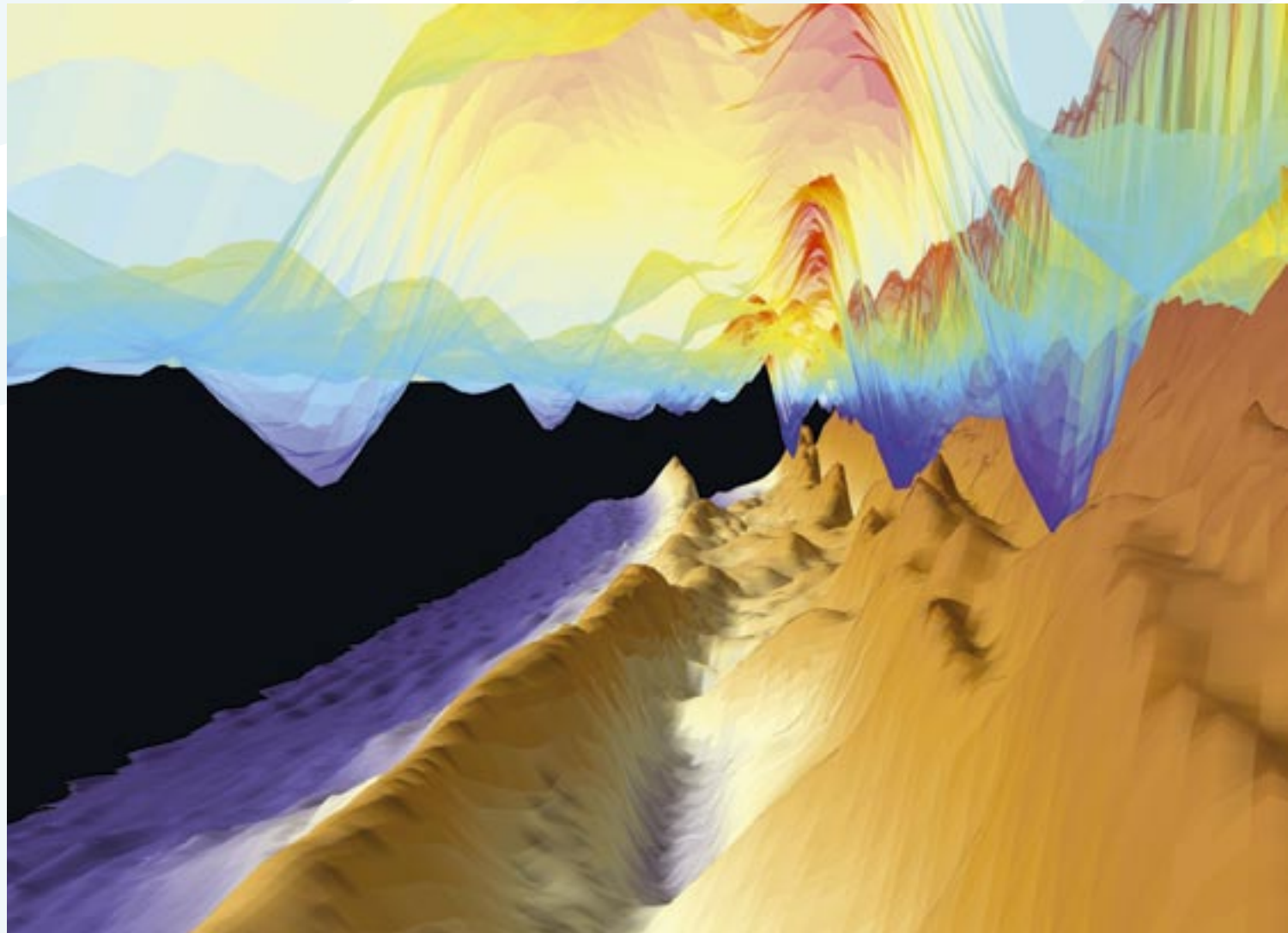


De kust (3D) bij Egmond 'gezien' vanuit het zuiden (blauw tot lichtbruin: zeebodem; donkerbruin: strand tot aan duinvoet), gemeten vlak voor de aanleg van de onderwatersuppletie 1999 (a) en na één (b) resp. twee (c) winters.

De onderwatersuppletie (nieuwe bank in b) drukt de oude banken lokaal landwaarts, en de oude buitenste bank hecht zich op den duur (c) in het zuiden aan de binnenste bank.

Onderwatersuppleties, een kwestie van inzicht en timing

Er zijn vele redenen om onderwatersuppleties te verkiezen boven het opspuiten van stranden. Meer inzicht in het gedrag van de zeebodem geeft meer zekerheid over het uiteindelijke effect op de ligging van de kustlijn. En mogelijk is het aanbrengen van de suppletie dan ook slimmer te timen.



3D-weergave van de bodem bij Terschelling. Een blik in de trog tussen de buitenste twee banken. In het midden, als een bult, de onderwatersuppletie van 1993. (Hemel: verschilbeeld bodemligging tussen 2000 en 1993. Rood: sedimentatie; blauw: erosie.)

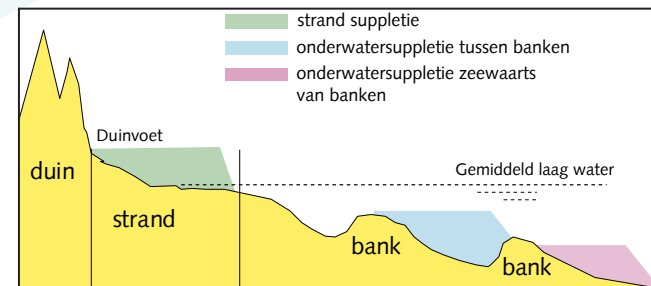
Leren door evalueren

Na jaren van strandsuppletie groeide in de negentiger jaren het besef dat het zand ook vóór de kust kon worden aangebracht (onderwateroever-suppletie of, kortweg, onderwatersuppletie). Het is een methode die minder hinder oplevert en goedkoper is. De basisgedachte was dat de natuur dit zand verder verdeelt, ook dwars op de kust, waarbij het kustprofiel zijn oorspronkelijke vorm weer terugkrijgt, zij het wat zeewaarts verschoven, en er weer een tijdje tegen kan. Onzeker was nog wel hoeveel zand uiteindelijk dicht bij het strand, en daarmee in de reken-schijf voor het toetsen van de kustlijn zou belanden. (Zie pag. 19 voor uitleg over deze toetsing van de kustlijn.) Het scheelt wel dat deze suppleties zoveel goedkoper zijn dat er voor het

Het gedoe (en de kosten) van een suppletie op het strand (foto) worden met een suppletie onder water vermeden.



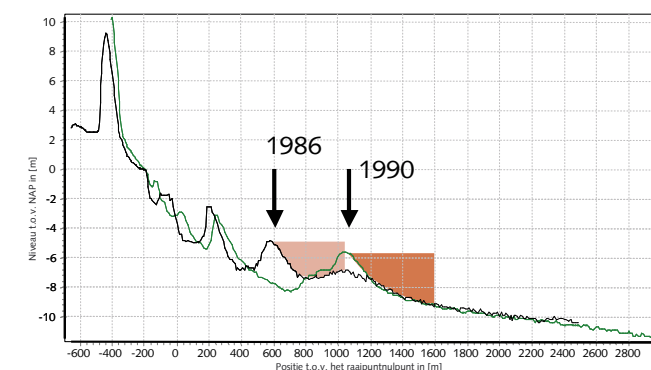
zelfde geld veel meer zand kan worden neergelegd. Maar toch moest een evaluatie van diverse onderwatersuppleties leren wat het succes van zo'n suppletie bepaalt. In een enkel geval is het effect van een onderwatersuppletie daartoe ook zeer intensief gevolgd (zie pag. 14).



Mogelijke locaties voor suppleties. Tegenwoordig worden onderwater-suppleties meestal zeewaarts van de banken aangelegd.

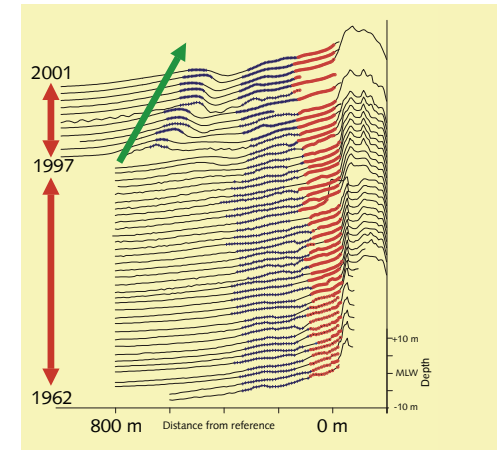
Coöperatieve dwarsliggers

Inmiddels is duidelijk dat de uitgevoerde onderwatersuppleties anders werken dan alleen via de globale herverdeling in dwarsrichting uit het oorspronkelijke beeld. Vaak liggen er brekerbanken voor de kust. De meeste onderwatersuppleties worden uit praktische en economische overwegingen tegen de zeewaartse flank van een plaatselijke buitenste brekerbank gelegd. Het horizontale bovenvlak van de suppletie heeft dan ongeveer de hoogte van de top van de bank. Er volgt een reactie van het bankensysteem die waarschijnlijk het gevolg is van de toegenomen breedte van de buitenste bank. De golven breken er nu *bovenop*, creëren daar een nieuwe bank en trog, en duwen het binnenste deel van de bank - de oorspronkelijke brekerbank - richting kust. Ook eventuele banken dicht bij het strand worden in dat proces landwaarts gedrukt. De cyclus van het natuurlijke bankgedrag (banken ontstaan bij de kustlijn, schuiven in de loop van de jaren zeewaarts en bereiken daar een grens waar ze afsterven) wordt door deze gebeurtenissen teruggeschroefd.



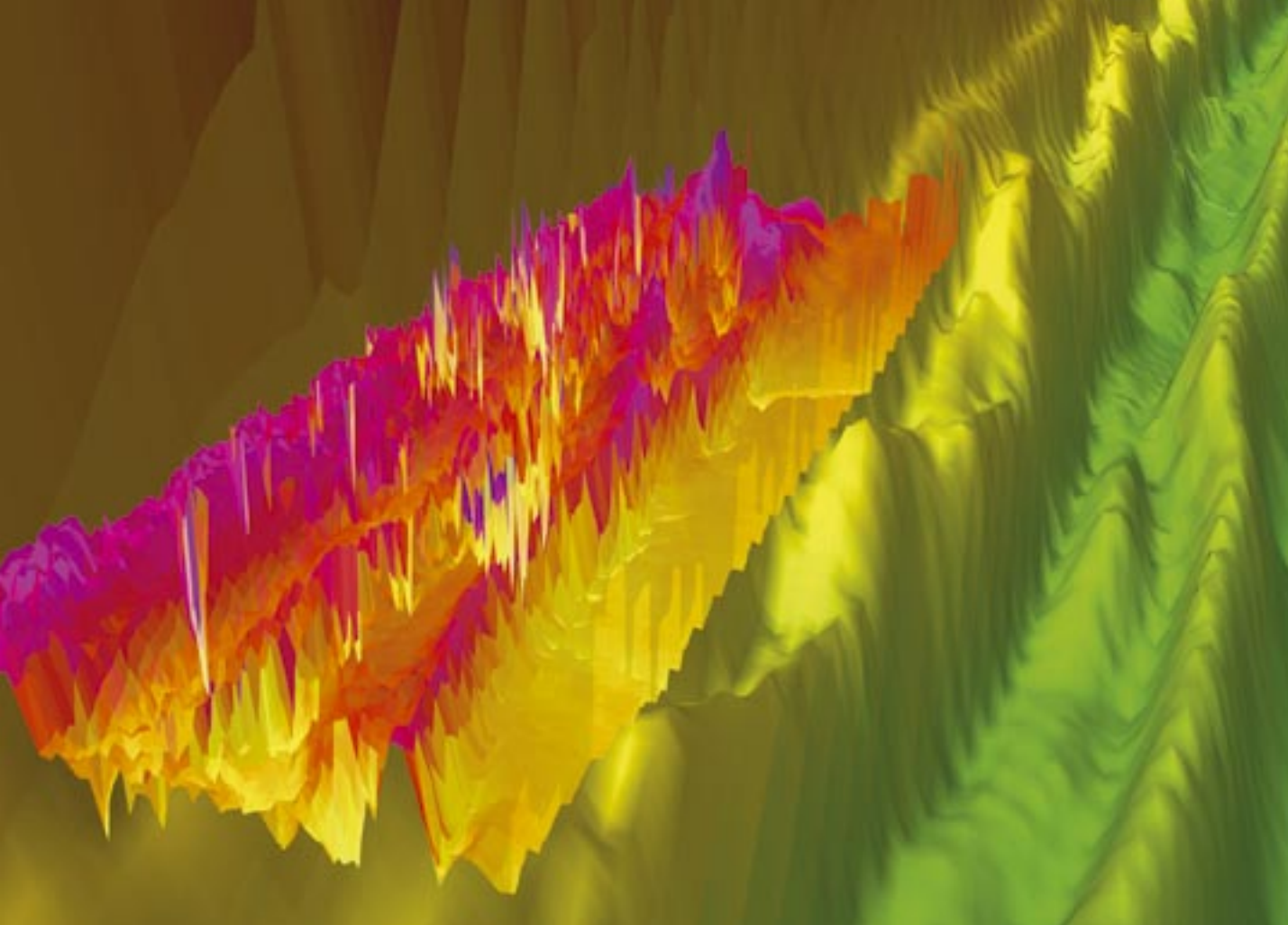
Een onderwatersuppletie (gekleurd) kan op een geschikt tijdstip in de bankencyclus dicht bij de kust worden aangelegd.

Meestal vormt een onderwatersuppletie zich tot een (nieuwe/extra) bank die landwaarts beweegt. De figuur toont één dwarsraai die bij iedere volgende meting met een zelfde afstand verticaal verschoven is (overgang rood-blauw is de laagwaterlijn). In 1997 is een onderwatersuppletie uitgevoerd.



Snelle reactie

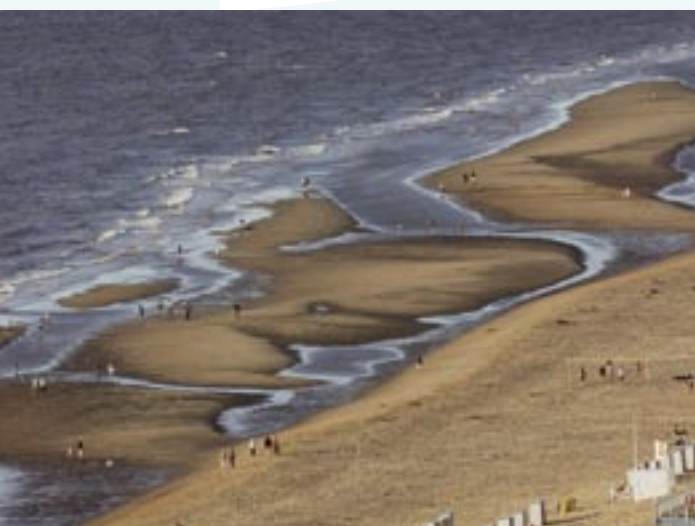
De banken reageren opvallend snel, vaak al tijdens de aanleg van de suppletie en zeker na de stormen in het eerste winterseizoen. Het valt ook op dat het kuststelsel zijn oorspronkelijke bankstructuur wil herstellen. Doordat *binnen* het suppletievak de verplaatsingsrichting van de oorspronkelijke buitenste bank wordt omgekeerd (deze 'wandelt' nu naar de kust), zal deze bank op de grens van dit vak breken (*buiten* het vak wandelt de bank immers onveranderd in zeewaartse richting). De nieuwe buitenste bank (ontstaan uit de suppletie) in het suppletievak en het losse uiteinde van de gebroken bank net *buiten* het suppletievak zoeken vaak aansluiting met elkaar. Ook kan de rij weer gesloten worden doordat de naar binnen gedrukte bank, in het suppletievak, versmelt met een jongere binnenbank die zich, net buiten het suppletievak, van de kust verwijderd. In het suppletiegebied leidt de maatregel tot het ontstaan van een extra beschermende bank en een zandtransport richting kust. Dat proces heeft wel tijd nodig. Voor een snel effect op de kustlijn zou het gunstig zijn het zand zo hoog mogelijk op de onderwateroever neer te leggen. Het bekorten van de 'reistijd' geeft ook minder tussentijds zandverlies door afvoer in een richting langs de kust. De gelegenheid tot een 'hoge' suppletie zou zich voordoen op het moment dat uit reguliere ladingen blijkt dat de buitenste bank net genoeg is afgestorven om er schepen over heen te laten varen. Enige flexibiliteit in de omgang met de norm voor de kustlijn (de basiskustlijn, BKL) is dan misschien wel noodzakelijk. Suppleren op het moment dat de alarmbellen gaan rinkelen vanwege overschrijding van de basiskustlijn kan immers net iets te vroeg (of veel te laat) zijn voor het beste resultaat.



De Argus-videocamera maakt opnames van de plaats waar golven breken. Daaruit is de ligging van de bodem en de kustlijn af te leiden.

Argus, oog voor kustbeheer

Beelden van zeewaarts gerichte videocamera's kunnen vertaald worden naar informatie over strand, zeebodem en waterbewegingen. Dit systeem, Argus, was eind jaren negentig vooral nog een onderzoeksinstrument van universiteiten en instituten. Inmiddels is het in beeld als instrument voor het kustbeheer.



Bron van informatie

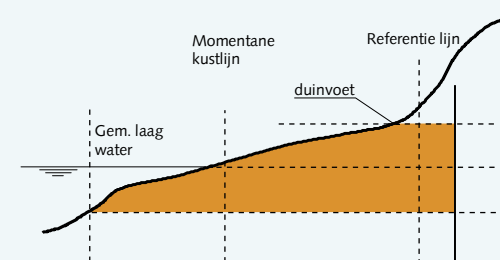
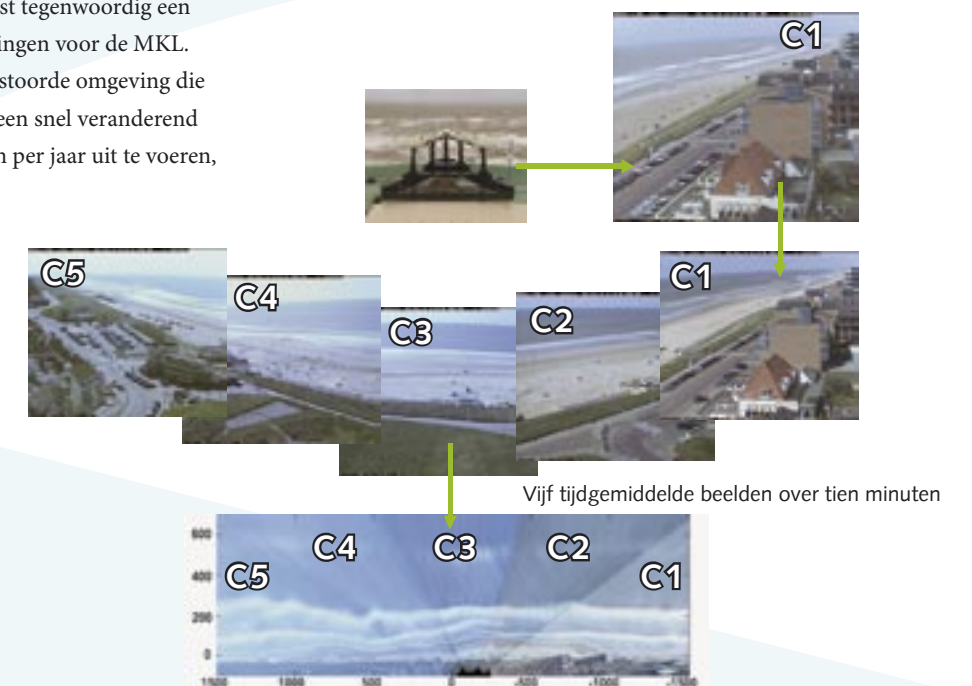
In Nederland (Noordwijk en Egmond) staan al drie Argus-stations. Op zo'n station kijken vijf videocamera's elk onder een andere hoek vanaf een hoge positie richting zee. Samen beslaan ze een hoek van 180 graden en een aantal kilometers kust. Paspunten maken het mogelijk de beelden als één groot bovenaanzicht te projecteren. Uit de beelden is onder meer informatie te halen over de bodemligging van duinvoet tot in de brandingzone. De hoogteligging van het strand wordt bepaald op basis van een serie kustlijnen, verzameld gedurende een getijcyclus. Dat Argus ook onderwater kan 'kijken' is te danken aan de golfbrekingen die het systeem registreert. Via een golfmodel zijn de brekingspatronen om te rekenen naar de bodemdieptes. En dit alles, zo je wilt, niet één keer per jaar, maar op diverse momenten van de dag en het hele jaar rond.

Vaker kijken

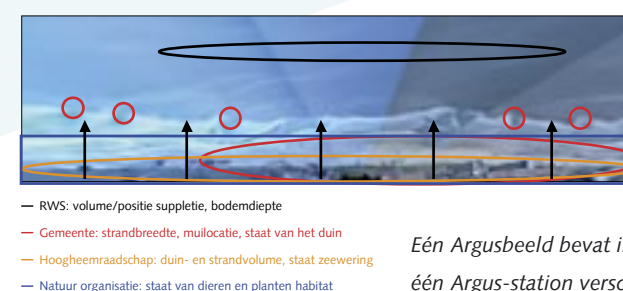
Vanouds vinden jaarlijks al dieptemetingen van de kust plaats (JARKUS-programma). Vooral de ligging van brandingszone en strand zijn belangrijk omdat uit de hoeveelheid zand in deze zone de Momentane Kustlijn, MKL, wordt berekend (figuur). Traditioneel vindt toetsing van de kustlijn plaats door een lijn te trekken door de MKL-waarden van tien achtereenvolgende jaren. Hierna wordt uit deze trend een elfde waarde, de toetswaarde (TKL), voor een komend jaar afgeleid. Deze waarde wordt met de norm, de te handhaven 'basiskustlijn' (BKL) vergeleken. De jaarlijkse opname ten behoeve van de MKL is arbeidsintensief en - in de dynamische brandingzone - behoorlijk lastig. Een Argus-videosysteem kan wat dat betreft heel wat werk uit handen nemen. Een tweede voordeel ligt in de mogelijkheid om relatief gemakkelijk veel meer opnamen per jaar te maken, en niet enkel voor een raai om de 250 meter (JARKUS) maar op elke gewenste plek in het Argusbeeld. En dat kan nodig zijn omdat de vele zandsuppleties voor de kust tegenwoordig een complicerende factor vormen bij de metingen voor de MKL. Steeds vaker zijn het opnames in een verstoorde omgeving die mogelijk slechts een 'dagkoers' tonen in een snel veranderend systeem. Door met Argus meer metingen per jaar uit te voeren,

op exact die locatie waar meer informatie gewenst is, wordt een beter beeld van de MKL, en zo een realistischer en nauwkeuriger toetswaarde verkregen. Ook vragen die de kustbeheerder van derden krijgt, vereisen soms een aanvulling op de jaarlijkse opname. Neem een gemeente die, vlak voor het badseizoen, wil praten over de actuele strandbreedte met het oog op de recreatie. Of denk aan strandwachten, die zeer gebaat zouden zijn bij precieze en actuele informatie over de ligging van muilen. Bij voldoende golfbreking ter hoogte van muilen kan Argus die informatie van uur tot uur en tot op enkele meters nauwkeurig leveren. Inspelen op behoeften vanuit de maatschappij zou goed passen bij de gedachte van *integraal* kustbeheer, dat zich richt op het behoud van de diverse *functies* die de kust vervult. Ook kleinschalige kustproblemen worden daarbij naar verwachting belangrijker.

Vijf camerabeelden, via paspunten samengevoegd tot één bovenaanzicht van de kust.



Uit het zandvolume in deze zone wordt jaarlijks de Momentane Kustlijn (MKL) berekend.



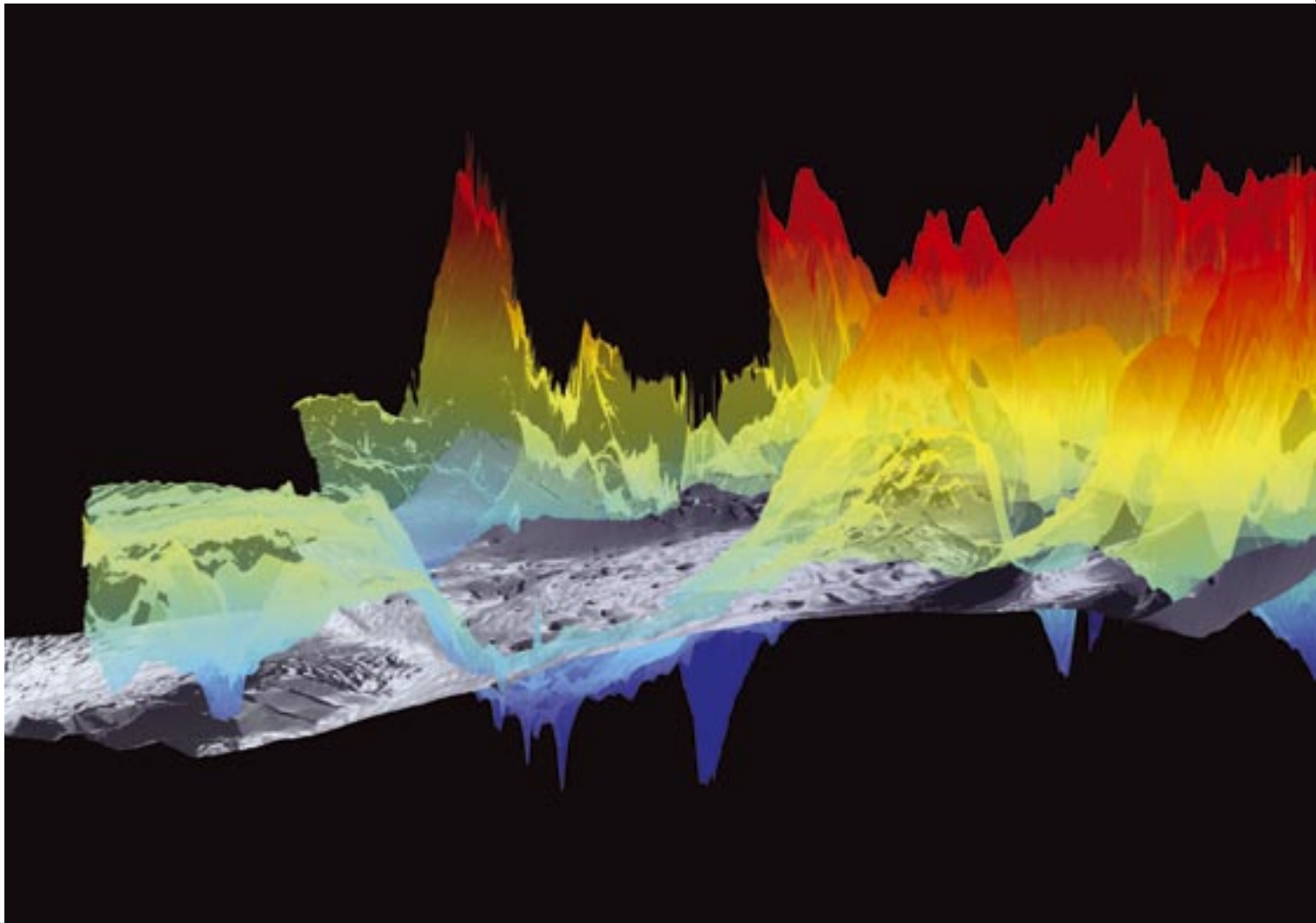
Eén Argusbeeld bevat informatie die van belang is voor meerdere partijen. Zo kunnen er met één Argus-station verschillende beheersvragen tegelijk beantwoord worden.

Beheerders aan zet

Aspecten van Argus zijn in het kader van KUST2005 en het EU-project CoastView onder de loep genomen. Het is nu aan de beheerders om over een eventuele inzet van Argus te beslissen. Het resultaat van die afweging kan per kustvak anders zijn, afhankelijk van de beheersvragen en gebruiksfuncties. De kosten en informatieproducten van Argus voor het kustbeheer zijn in ieder geval haarscherp in beeld gebracht.

De naakte waarheid over modellen

Het is nogal een stap: op basis van het gedrag van sedimentkorreltjes voorspellen hoe een zeebodem er over enkele decennia uit zal zien. Toch wordt er veel met simulatiemodellen gewerkt om dergelijke vragen te beantwoorden, bijvoorbeeld rond het Haringvliet.



De bodem van de Haringvlietmonding met de visualisatie van 30 jaar erosie en aanzanding.

Voorspelbaar?

Als beheerder van het Haringvliet zag Rijkswaterstaat Zuid-Holland tal van mogelijke veranderingen op zich afkomen: een ander sluisbeheer om getemd getij in het achterland toe te laten; de mogelijke aanleg van de Tweede Maasvlakte; en een klimaatverandering die zich zal laten voelen in zeespiegelstijging en grotere rivierafvoeren. De beheerder wilde weten wat dat zou betekenen voor het beheer. In het verleden waren al uiteenlopende computermodellen ontwikkeld en ingezet om, gekoppeld aan bepaalde veranderingen, zicht te krijgen op de toekomstige zeebodemligging. Nu leveren modellen altijd wel voorspellingen op, maar niet zonder ‘onderweg’ allerlei aannames te doen die het resultaat beïnvloeden. En omdat modelbouwen lastig werk is hebben bouwers de automatische neiging om ook nog tijdens het gebruik aan de ‘knoppen’ van het model te blijven draaien. De kanttekeningen die bij modellen - en daarmee bij de

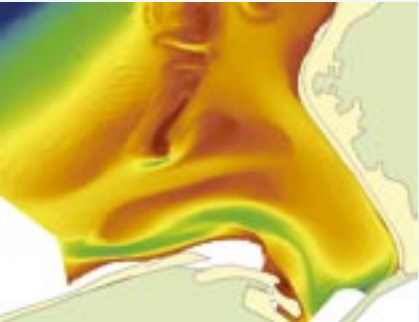
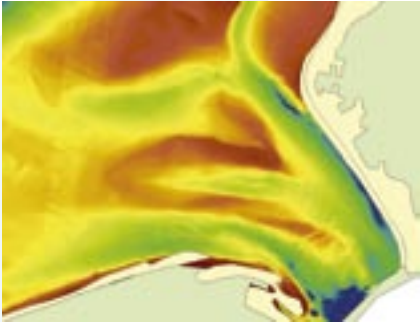


Detailfoto van de Hinderplaat (zomer 2004), belangrijk intergetijdengebied van de Haringvlietmonding.

resultaten - te plaatsen zijn, krijgen in de praktijk niet altijd aandacht. Beheerders en politiek willen uiteraard ook het liefst een duidelijk antwoord en geen ‘enerzijds-/ anderzijds-verhaal’. Toch zou je de voorspelkracht van modellen moeten kennen, vond ook Rijkswaterstaat Zuid-Holland. Ze was opdrachtgever van een KUST2005-onderdeel dat zich hierop richtte. Het doel: weten wat de voorspellingen van bestaande morfologische modellen waard zijn (inzicht in bandbreedte) en een programma van eisen in handen krijgen voor de inzet van modellen.

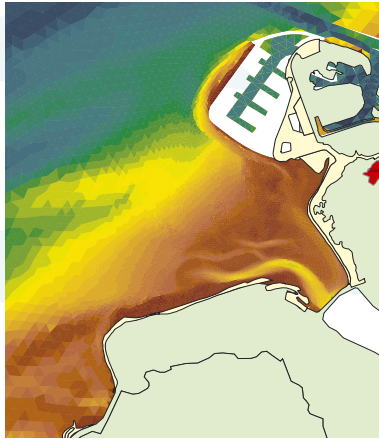
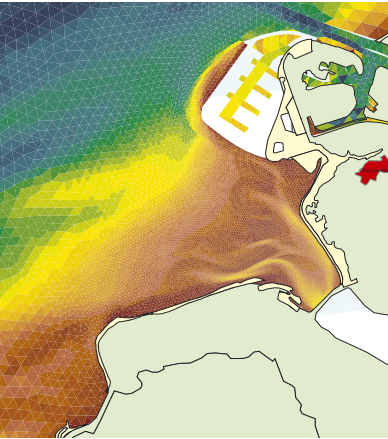
Bandbreedte

Voor de beantwoording van de vraag voedden modelleers, in opdracht van Rijkswaterstaat, de verschillende modellen voor de bodemmorfolgie steeds met identieke sets oude data, bijvoorbeeld historische meetreeksen van de bodemligging. Zo was te zien in hoeverre de resultaten verschilden, tussen modellen onderling en ten opzichte van werkelijk in het veld waargenomen veranderingen. Om het werk niet te complex te maken, werden de uitkomsten voor één parameter bekeken: het areaal intergetijdengebied. Een parameter van gewicht overigens: deze gebieden, die bij eb droogvallen, hebben een belangrijke ecologische functie, onder meer als voedselgebied voor vogels. En juist in de zorg voor de ecologische functie van de Haringvlietmonding moet rekening worden gehouden met strenge Europese richtlijnen.



Bodemmetingen in de Haringvlietmonding uit 1970 en (onder) 2000 illustreren hoe het gebied al veranderde onder invloed van het afsluiten van het Haringvliet. (Blauw: diep; rood: ondiep.)

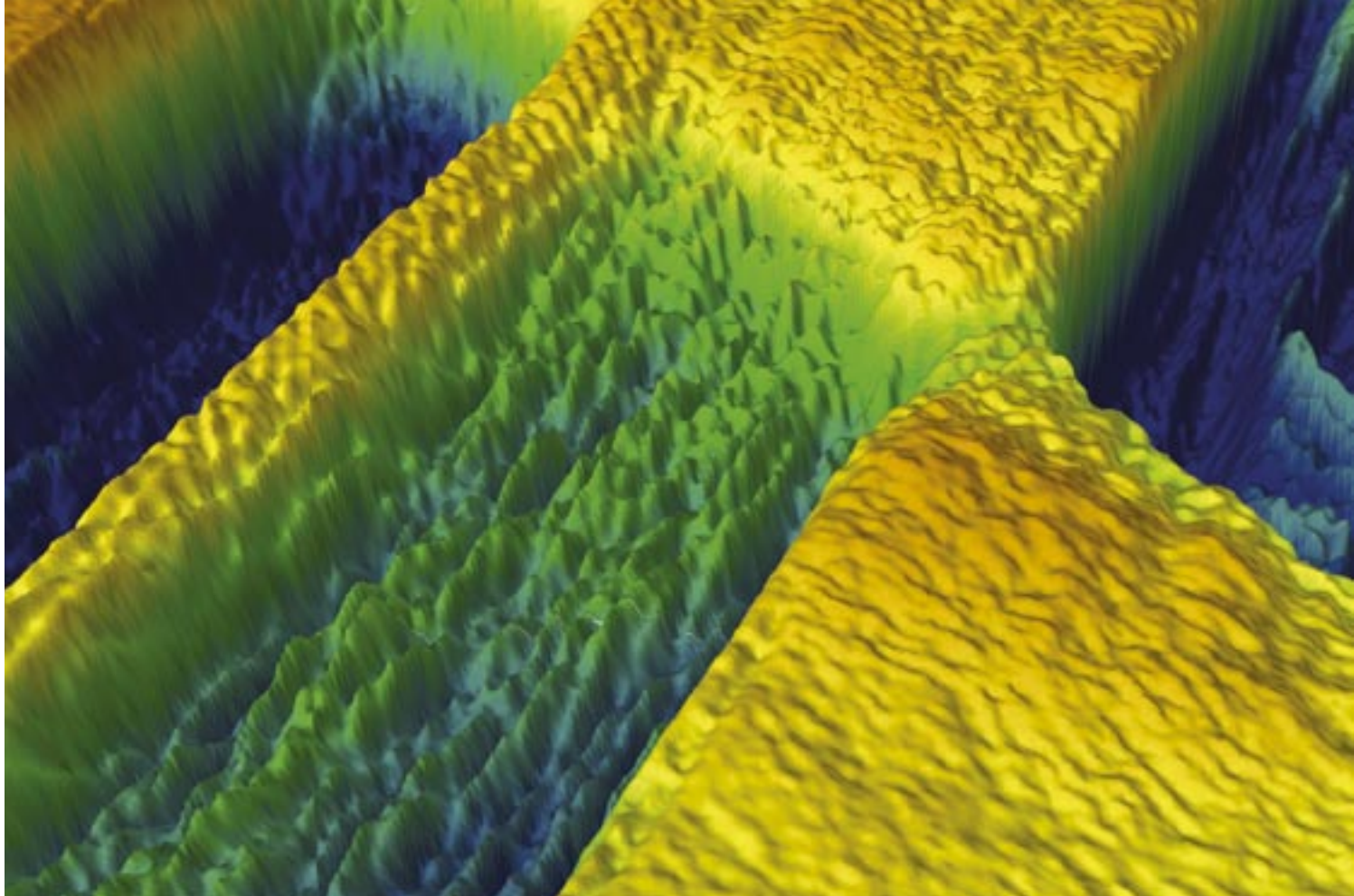
Nadat door het draaien met oude datasets meer inzicht in de modellen was verkregen werden de modellen gebruikt om een voorspelling te doen voor het toekomstige areaal intergetijdengebied in het Haringvliet. In die voorspelling werd ook de bandbreedte in de mogelijke uitkomsten aangegeven. Door onderliggende oorzaken van bandbreedte systematisch te analyseren, ontstond een methodiek om modellen op voorspelkracht door te lichten. Er is in het onderzoek uitgegaan van een wijze van uitvoering van de Tweede Maasvlakte die inmiddels achterhaald is. De resultaten zijn daarom slechts illustratief voor de mogelijke bandbreedte in voorspellingen, maar in die zin veelzeggend. Zo is het verschil in voorspelde bodemligging groot (zie figuren). Vergeleken met de meest gunstige prognose zou er dus ook de mogelijkheid zijn dat vogels het met aanzienlijk minder areaal intergetijdengebied moeten doen.



Voorspellingen volgens twee modelmethodieken voor de bodemligging in 2010, scenario Maasvlakte II en gedeeltelijk sluisopening (getemd getij.) Let op de verschillen in het geleenpatroon in de Haringvlietmonding.

Voor de zekerheid

Noem het ‘onzekerheid’ als de beperkingen van modellen en de zwakke plekken in voorspellingen zichtbaar zijn. Maar het wordt dan wel mogelijk om er rationeel mee om te gaan en onzekerheden mee te nemen in een risicoanalyse. Om vervolgens bijvoorbeeld ook een ‘Plan B’ te ontwikkelen en achter de hand te houden. Of door monitoring toe te spitsen op de zaken waarover onzekerheid bestaat. Tegelijk kan door een grondige analyse heel gericht geïnvesteerd worden in modelontwikkeling om de voorspelkracht structureel te verbeteren.



De verdiepte loswal, 9 km. uit de kust en 5 km. ten noorden van de Euro-Maasgeul. Metingen hier hebben veel inzicht opgeleverd over het gedrag van diepe zandwinputten op de Noordzee.



Zand uit zee

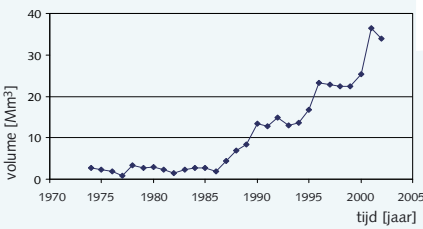
De Noordzee levert veel zand voor de markt en de zandsuppleties ter versteviging van de kust. De winning laat uiteraard sporen na op de zeebodem. Met welke gevolgen?

30 miljoen kuub

Jaarlijks wordt, op een diepte van 20 meter of meer beneden de zeespiegel, ruim 30 miljoen kubieke meter zand onttrokken aan het Nederlandse deel van de Noordzeebodem. Het zand wordt onder meer toegepast in bouwprojecten zoals de aanleg van de Betuwelijn. Daarnaast gaat een groot deel, bijna de helft, op aan zandsuppleties. Het is voor Rijkswaterstaat belangrijk welke (eventuele) effecten de winning heeft op kust, ecologie en andere belangen in de gebieden, bijvoorbeeld die van de offshore infrastructuur (kabels, leidingen boorplatforms, windmolens). In KUST2005 is gekeken naar de effecten van zandwinning door het creëren van diepe putten en van winning door het afgraven van zandbanken. Zandwinning uit diepe putten is actueel in verband met de aanleg van de Tweede Maasvlakte: win je het benodigde zand oppervlakkig in een groot gebied, of kan het ook door winning uit enkele (zeer) diepe putten?

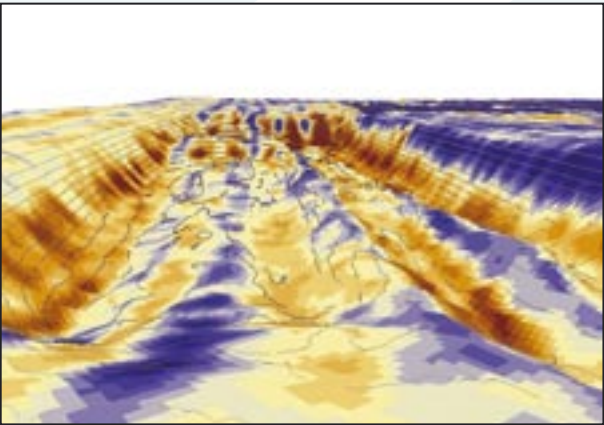
De diepte in

Bij de gebruikelijke zeezandwinning uit putten, tot hooguit twee meter diep, mag ervan worden uitgegaan dat deze geen relatie heeft met kustveiligheid. De gedachte is dat deze ondiepe putten daarvoor te ver uit de kust liggen. Bij de winning wordt niets onttrokken aan de zandbalans die bepalend is voor de toestand van het kustfundament (zie ook pag. 8). Maar kun je de putten met een gerust hart tien meter diep maken? Hoe groot is dan de kans dat ze van vorm en plaats veranderen?



Zandwinning op het Nederlands Continentaal Plat. In nog geen twintig jaar tijd is de vraag naar Noordzeezand vertienvoudigd.

En welke risico's zijn er bij deze manier van winnen voor kust, offshore infrastructuur en ecologie? Voor het beantwoorden van dergelijke vragen is onder meer een meetcampagne uitgevoerd bij de verdiepte loswal voor de kust van Hoek van Holland, waar diepe putten zijn aangelegd voor het storten van baggerslib. Onderzoek in een nog lege, tot 10 meter diepe put leverde veel informatie op over waterbeweging, zuurstofconcentraties, slibsedimentatie en morfologie. Deze gegevens zijn ook ingebracht in SANDPIT, een EU-project waarbinnen een aantal Europese instituten samenwerkt om de effecten van zandwinning op zee beter te begrijpen. Het werd duidelijk dat bij dergelijke diepe putten geen belangrijke ecologische of morfologische problemen hoeven op te treden. Een belangrijke conclusie is dat het eeuwen duurt alvorens een diepe put wordt opgevuld. Het zandtransport op die diepte is uiterst gering vergeleken met dat in ondiepere delen van de kust. Dit bevestigt nog eens dat dit deel van de kust aan de zijlijn staat bij het 'zandverdelingsspel' dat van belang is voor de toestand van het kustfundament (zie ook pag. 8). De uiteindelijke conclusie ten aanzien van diepe zandwinning luidt dat het een goed alternatief kan zijn voor ondiepe zandwinning, met name als het gaat om grootschalige winning zoals die voor een Tweede Maasvlakte.



Sedimentatie (bruin) en erosie (blauw) in één van de putten van de verdiepte loswal.



Metingen naar het zandtransport bij Noordwijk in het kader van het EU-project SANDPIT. Hiermee kunnen we het morfologisch gedrag van zandwinputten beter begrijpen.

Voor het opscheppen

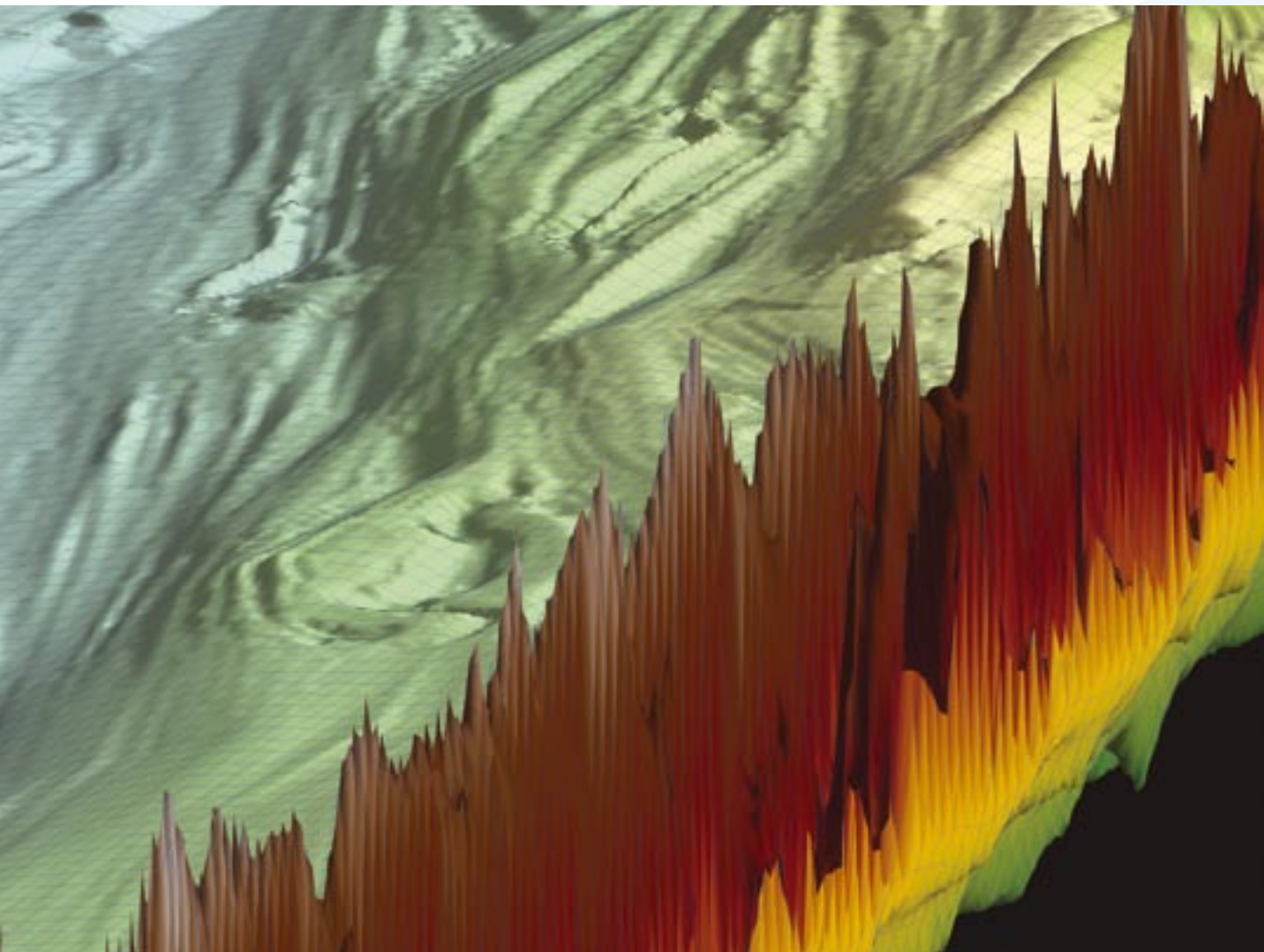
Voor de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden liggen een aantal grote zandbanken voor de kust, zoals de 'Bollen van Goeree' en de 'Steenbanken'. Er is nagegaan wat zandwinning op deze 'Zeelandbanken' zou betekenen voor de golfafslag van de kust en - ook hier - voor de aanwezige belangen in het wingebied zelf. Modelberekeningen lieten zien dat zelfs bij een volledig afgraven van de banken geen noemenswaardige versterking van de golfaanval tijdens stormomstandigheden zou optreden: de Voordelta tussen de banken en de kust neemt de beschermende functie van de banken over. Na inventarisatie bleek dat er potentieel een grote hoeveelheid zand beschikbaar is, zonder dat er grote schade aan de nu bekende belangen wordt verwacht. Ook is aan de hand van morfologische modellen ingeschat of de banken zich na afgraving zouden herstellen. Het lijkt erop dat ook herstel van afgegraven banken eeuwen vergt.



Sleephopperzuiger.

Strategische kennisontwikkeling

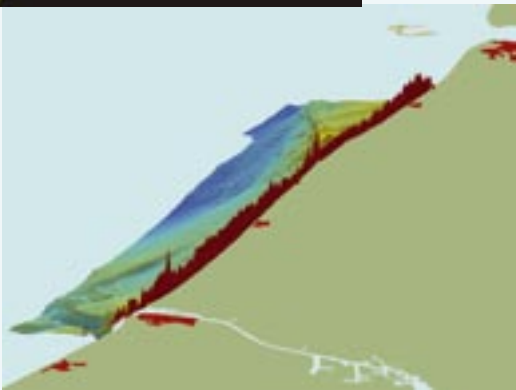
De een kent de vragen die vanuit kustbeleid en -beheer gesteld worden. De ander heeft naam als kennisinstituut, onder meer op het gebied van de kustmorfologie. In KUST2005 vormden ze een tandem. Prachtig uitgebalanceerd kozen zij koers op het raakvlak van kennisvraag en kennisontwikkeling.



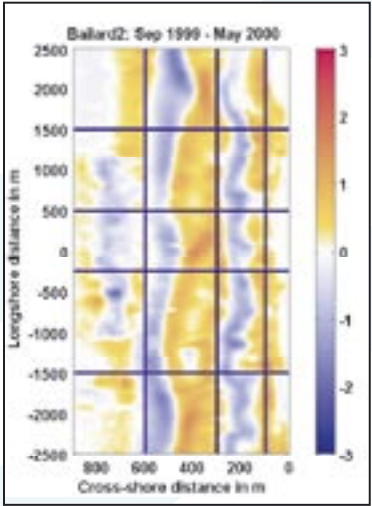
Koppeling

Als een van de oudste kennisinstituten op het gebied van water is WL|Delft Hydraulics continu bezig met kennisontwikkeling. Denk aan proefopstellingen met grote waterbakken waarin golven en stroming worden nagebootst. En aan computermodellen waarin steeds nieuwe kennis wordt verwerkt om de werkelijkheid te beschrijven en te voorspellen. Het RIKZ kent als adviseur voor waterbeleid en -beheer als geen ander de vragen die uit die praktijk beantwoord moeten worden. In het KUST2005-programma 'Voortschrijdend Onderzoek Programma (VOP) voor Generiek Kustonderzoek' werkten de twee intensief samen. Zo kwam heel specifiek voor de waterstaat strategische kennis beschikbaar. 'Strategisch', omdat vanuit een goede analyse van de te verwachten problemen met de kust gezocht is naar de kennis die daarbij nodig zal zijn.

Rekenrooster van een simulatiemodel met daaronder de bodemmorfologie.



Soms ging dat om echte ontwikkeling van nog ontbrekende of te verbeteren kennis, in sommige gevallen (zie pag. 18) om onderzoek naar de mogelijke betekenis van reeds ontwikkelde nieuwe technieken voor een specifiek probleemveld.

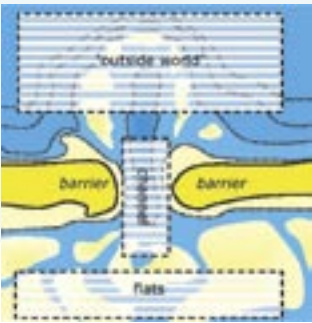


Het bodemprofiel voor een stuk kust na een zandsuppletie, voorspeld door Delft 3D. Omdat het een voorspelling achteraf is ('hindcast') kan deze nu al aan de werkelijkheid getoetst worden. De voorspelling blijkt dan behoorlijk uit te komen, tot en met de voor het beheer belangrijke zaken zoals het bankenpatroon.



1+1=3

Een van de zaken die ter hand is genomen is een samenvoeging van twee bestaande modellen -PONTOS en ASMITA- tot een beter instrument dat de zandverdeling voor de hele Nederlandse kust kan beschrijven en voorspellen. Dat inzicht is nodig voor een duurzaam kustbeheer (zie pag. 8). Beide modellen zijn goed in het beschrijven en voorspellen van specifieke processen. PONTOS doet dat voor het grootschalige gedrag van de kust. De kust is hierbij geschematiseerd met een aantal (diepte)lijnen. Verplaatsingen daarvan, zeewaarts bij aanzanding en landwaarts bij erosie, maken duidelijk wat het effect is van golven en getij. ASMITA is een model voor het zandtransport in zeegaten en estuaria en, daaraan gekoppeld, het gedrag van plaat-geul systemen. De twee modellen moesten gaan 'communiceren' zoals er ook 'fysische communicatie' is tussen de gebieden die ze beschrijven. Zo is een groot deel van het zand dat in de Waddenzee wordt afgezet, afkomstig van de Noord-Hollandse kust. Wat ASMITA uitrekt over - in dit geval - processen in de Waddenzee is onontbeerlijk om goede voorspellingen met PONTOS te doen voor de doorgaande kust. Het gekoppelde model gaf zicht op de interactie tussen zeegaten en estuaria en de kust. Aan zo'n model is onder meer behoefte bij het uitvoeren en evalueren van het recent ingevoerde beleid om ook zandverliezen op dieper water aan te vullen. Het construeren van zo'n verbeterd model is illustratief voor de werkwijze die in het VOP is gevolgd. Op basis van al bestaande praktijktoepassingen zijn steeds de noodzakelijke ontwikkelingen gedefinieerd, om de verbeterde modellen vervolgens weer toe te passen, uit te testen en (vanuit die ervaring gestuurd) zo nodig verder te ontwikkelen.

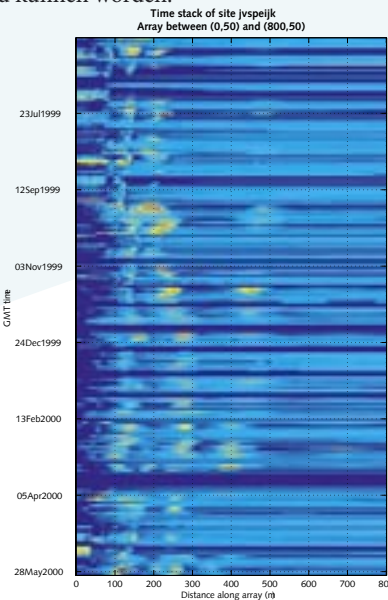


De relatie tussen ASMITA en PONTOS kan ook in een 'nutshell' getoond worden. In zeegaten beschrijft ASMITA de zandbalans tussen de 'outside world' en 'flats'. Het zand dat hier wordt getransporteerd is grotendeels afkomstig van de kust van de eilandkoppen, en die wordt beschreven met de lijnen van PONTOS.

Betere bouwstenen

Er zijn allerlei procesmodellen die proberen zoveel mogelijk kennis van de natuurlijke processen aan de kust te gebruiken om waargenomen kustgedrag (aanzanding en erosie) te kunnen begrijpen en te voorspellen. Een van de belangrijke bouwstenen in deze modellen is kennis over sedimenttransport onder invloed van stroming en golven. In het VOP is ook gewerkt aan betere zandtransportformules. Uiteindelijk leiden die tot betere voorspellingen over bijvoorbeeld het gedrag van zand in zandsuppleties of het effect van grootschalige zandwinputten in zee op de kust. Daarnaast genereerde het programmaonderdeel ondersteunende middelen om zo efficiënt mogelijk tot direct toepasbare modellen te komen. Zo is een 'testbank' ontwikkeld, een gestandaardiseerde procedure om modelvoorspellingen te vergelijken met in het veld en (vooral) in laboratoriumproeven waargenomen veranderingen. Zo is de doorstroming van kennis naar toepassing sterk verkort. In algemene zin geldt dat voor het gehele VOP: op verschillende manieren is bereikt dat beheers- en beleidsvraagstukken en kennisontwikkelingsprocessen beter aan elkaar gekoppeld kunnen worden.

X-as: het golfbrekingspatroon volgens Argus op één raai, loodrecht op de kust (één horizontale balkje in de figuur). Dit patroon wordt gevolgd in de tijd (Y-as, opeenvolgende balkjes van boven naar onder). Geel-rood: plaats waar de golven op een zandbank breken.



Begrippen

Afslag
Proces waarbij in korte tijd (uren) als gevolg van stormvloed een deel van het duin afslaat.

Aanzanding
Proces waarbij de kustlijn onder invloed van wind en water langzaam aangroeit.

BasisKustlijn (BKL)
De volgens een afgesproken definitie bepaalde kustlijn, ongeveer overeenkomend met de ligging in 1990, die wordt gehandhaafd. Komt de kustlijn landwaarts van de basiskustlijn te liggen dan wordt met zandsuppleties ingegrepen.

Brekerbank
Zandbank of -rug, die nagenoeg evenwijdig aan de kust loopt, gevormd onder invloed van brekende golven.

Diep water
Het deel van de zee dat op grotere diepte ligt. Over het algemeen loopt de zeewaartse grens tot de NAP-20m dieptelijn en loopt de landwaartse grens tussen de NAP-6m à NAP-8m.

Dynamiek
Veranderingen, fluctuaties onder invloed van natuurkrachten als water en wind.

Dynamisch handhaven
Het beleid om de kustlijn op zijn plek te houden (handhaven) met ruimte voor natuurlijke fluctuaties.

Erosie
Proces waarbij de kustlijn onder invloed van wind en water (langzaam maar gestaag) achteruitgaat.

JARKUS
Landelijk databestand van jaarlijks opgenomen diepte- en hoogtemetingen van de zandige kust (Jaarlijkse KUSmetingen).

Kustlijn
Grens tussen land en zee; meestal de gemiddelde laagwaterlijn.

Kustnabije zone
Het deel van de zee en de waterkering dat dicht onder de kust ligt. Over het algemeen loopt de zeewaartse grens tot de NAP-6m à NAP-8 m dieptelijn en loopt de landwaartse grens op de laagwaterlijn.

Kustsysteem
Samenhangend deelsysteem van de kust op een tijdschaal van enige decennia met ruimtedimensies van enige tientallen kilometers breedte en een dieptebereik van zeereep tot NAP-20 m.

Kustvak
Bepaald gedeelte van de kust in lengterichting.

Kustzone
Het deel van de zee, de waterkering en het achterland waar de kust als één geheel beschouwd wordt. Over het algemeen loopt de zeewaartse grens tot de NAP-20 m dieptelijn en loopt de landwaartse grens enkele honderden meters landwaarts van de waterkering en/of binnenduinrand.

Mui
Verlaging van een bank of diepte tussen twee banken waardoor een sterke zeewaartse stroom kan plaatsvinden.

Onderwatersuppletie
Een suppletie aangelegd onder water.

Strandsuppletie
Een suppletie aangelegd op het strand.

Suppletie
Kunstmatig aanbrengen van zand op het strand of onder water.

Zandbalans
Verskil in zandinhoud van een kustvak, begrensd in lengte en dwarsrichting en over een bepaalde tijdsperiode.

Zandverliezen
Erosie van zand uit een bepaald (balans)gebied.

Zeegat
Toegang tot de open zee; plaats waar een rivier of binnenzee in open zee uitmondt.

Betrokkenen KUST2005

Bij de samenstelling van deze lijst is de nodige zorgvuldigheid betracht. Desondanks kan het voorkomen dat een fout is gemaakt. Onze welgemeende excuses hiervoor.

KUST2005 projecten
MORFMOD
K2005*LTModellen
K2005*ALGEMEEN
K2005*Wsmond
K2005*Waddendeltas
K2005*NL-Kust
K2005*HK
K2005*Kustzone
K2005*Voordelta
K2005*Suppleren
K2005*COASTVIEW
K2005*Zeebodem

Adviesbureau's/ GTI's
Alkyon BV
Geo Delft
Gerritsen F.
Grontmij Geo Informatie BV
Haecon
HR Wallingford
Hydrest Inc.
Dienst der Hydrografie Koninklijke Marine
Medusa Explorations BV
Modelit
Kon. Ned. Inst. Onderzoek der Zee
Sepra Ingenieursbureau BV
Svasek Ingenieursbureau BV
Task Engineering BV
TNO
Vortech Computing
WL | Delft Hydraulics
MX Systems

Universiteiten
Technische Universiteit Delft
Old Dominion University CCPO
Universiteit Utrecht
Universiteit Twente
Universiteit van Antwerpen
Universiteit van Amsterdam
Vrije Universiteit Amsterdam
University of Hawaii

Directoraat Generaal Water

Rijkswaterstaat
Rijkswaterstaat AGI
Rijkswaterstaat NOORD-HOLLAND
Rijkswaterstaat NOORD-NEDERLAND
Rijkswaterstaat NOORDZEE
Rijkswaterstaat ZEELAND
Rijkswaterstaat ZUID-HOLLAND
Rijkswaterstaat RIZA
Rijkswaterstaat DWW

Ondersteunende leveranciers
Cluez Language & Translation
Microformat Systems BV
Pats Graphics Design
Quantes
Terra Scientific Publ. Company
Supply House Nederland BV
Maurits Groen Milieu & Communicatie
Isist BV
Infram
Guthschmidt Studio
Glassinstruments BV
Art Flightsupply
Artoos drukkerijen
Atelier Leo Mineur BV
Berg-Kleijn

Netwerken
NWO Aard- en Levenswetenschappen “Outer delta dynamics”
NCK

Stagiaires/afstudeerders RIKZ
Daan Willems
Teun Terpstra
Saskia Hommes
Cynthia de Bok
Stijn de Keijzer
Gilles Erkens
Michiel Baak
Luuk Bijsterbos

Danny Mus
Matijs Burger
Niels Mansveld
Nelle van Veen
Ester Groenendaal
Danny Mus
Cathelijne Bader
Rutger Wierda

Rijkstraine
Hanneke Keijer
Laura van Breen

AIO
Edwin Elias

Co-financiering EU-FP5
COASTVIEW
SANDPIT
COAST3D

Colofon

Copyright Rijkswaterstaat 2004

Contact:

Infocentrum RIKZ

info@rikz.nl

Tel.: 070 311 44 44

Fax: 070 311 45 00

Uitgave:

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor

Kust en Zee.

Teksten:

Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en

Zee; Maurits Groen Milieu & Communica-

tie, Haarlem.

Vormgeving:

MixedMedia, Bussum.

Foto's/illustraties:

S. Warner (alle panoramafoto's); TNO-

NITG (samenstelling voorplaat januari); I.J.P.

Elshoff (strandfoto op pag. 18); Ministerie

VROM (kaart met kustfundament bij de

maand april. Oorspronkelijk gebruikt in de

Nota Ruimte, 2004); Rijkswaterstaat (over-

ige afbeeldingen).

Druk:

Artoos drukkerijen