

Troebelingsstromen door onderzeese canyons

Troebelingsstromen door onderzeese canyons zijn hoog energiek en erg onregelmatig; dit maakt het doen van directe metingen vrijwel onmogelijk. Tijdens mijn promotieonderzoek bestuderen we deze stromingen aan de hand van de achtergebleven beddingvormen in moderne en fossiele canyons. De beddingvormen zijn het uitgangspunt voor experimenten en numerieke berekeningen.

In de afgelopen twee eeuwen zijn heel wat kabels op de zeebodem gebroken. Aan het einde van de negentiende eeuw (1897) werd hier al onderzoek naar gedaan. Daaruit bleek dat kabels vooral braken in diep uitgesleten canyons die zich vanuit de ondiepe kustzeeën uitstrekken naar de oceanabodem. Er was duidelijk iets gaande in deze canyons. In 1929 brak een aantal kabels in één canyon. Door het tijdstip van breken te vergelijken met de onderlinge afstand, kon worden afgeleid dat iets met 70 km/uur vanuit de kustzee bewoog naar de diepe oceaan en daarbij alles brak wat het onderweg tegenkwam.

Meegesleept

In de jaren veertig van de vorige eeuw werd een hypothese geopperd die dit fenomeen zou kunnen verklaren. Het idee was dat golven die braken op de ondiepe kust veel sediment in suspensie brachten. Deze wolken van sediment en water zijn van een grotere dichtheid dan het omliggende water en op een steile bathymetrie zouden zij zich een weg banen naar de diepte. Deze stromingen zijn bekend geworden als troebelingsstromen. Wanneer deze troebelingsstromen erosief genoeg zijn, kunnen zij ook het ontstaan van onderzeese canyons verklaren. Niet lang daarna kreeg deze hypothese,



Matthieu Cartigny in het laboratorium (tweede van voren), en in het veld (staand)

op basis van experimenteel werk door Kuenen aan de Universiteit in Groningen, ondersteuning. Het heeft daarna nog vijftig jaar geduurd voordat de eerste geslaagde metingen van dergelijke gebeurtenissen konden worden gemaakt. Dat dit zo lang heeft moeten duren had twee redenen. Ten eerste laat een troebelingsstroom zich niet makkelijk voorspellen, omdat verschillende factoren een rol kunnen spelen, zoals een aardbeving, een piek in de afvoer van een nabij gelegen rivier of een sterke storm. Ten tweede, wanneer een troebelingsstroom plaatsvindt, is deze zo sterk dat het zelden tot een goede meting komt. Vaak wordt alle in de canyon geïnstalleerde meetapparatuur meegesleept en vervolgens begraven onder enkele meters sediment. Dit demonstreert duidelijk het bestaan

van troebelingsstromen, maar bruikbare data over de eigenschappen van deze troebelingsstromen levert het zelden op.

Nieuwe aanpak

Gelukkig zijn er andere manieren om de eigenschappen van deze troebelingsstromen te achterhalen zonder dure meetapparatuur in canyons te laten zakken. Met de nieuwe ontwikkelingen in echoloden worden steeds nauwkeurigere beelden van de zeebodem gemaakt. De afgelopen jaren werd duidelijk dat de bodems van die onderzeese canyons vaak karakteristieke patronen van sedimentatie laten zien, die zijn achtergebleven na het passeren van een troebelingsstroom. Het eerste deel van de canyon, dichtbij de kust, is vaak steil en bedekt met duinvormige beddingvormen die in de

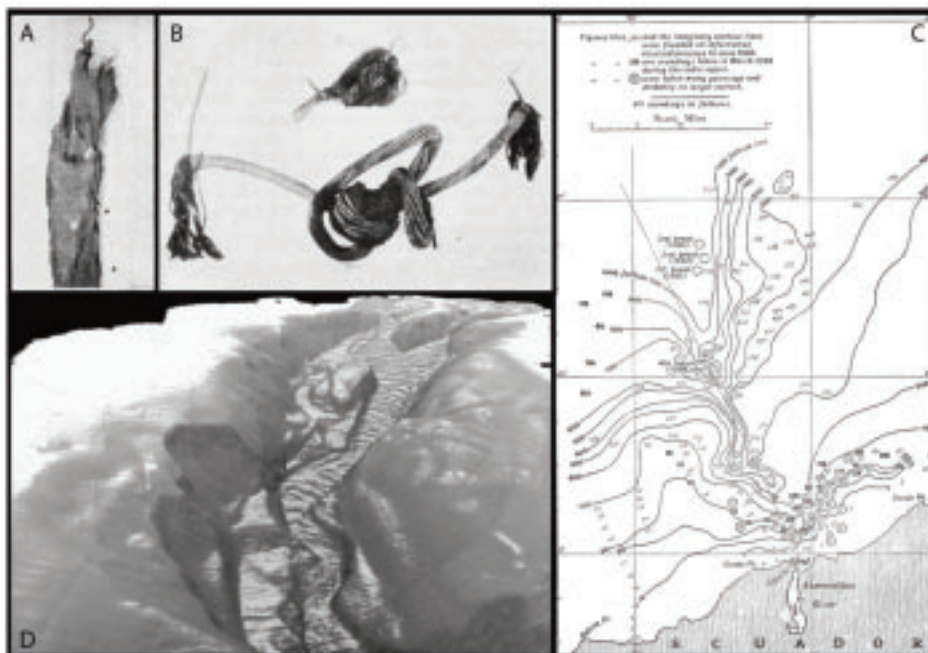
richting van de kust migreren. Lager in de canyon, waar de gradiënt snel minder wordt en de canyon breder, wordt de bodem vaak gekarakteriseerd door grote uitschuringen. Deze beddingvormen kunnen ons veel vertellen over de troebelingsstromen die ze gevormd hebben, zonder dat we de troebelingsstromingen zelf hoeven te meten.

Tijdens mijn promotieonderzoek bestuderen we de beddingvormen in canyons om tot een beter beeld te komen van de processen die zich afspelen tijdens het passeren van een troebelingsstroom.

Voor het bestuderen van de geometrieën, gebruiken we de beelden van echoloden. Dit geeft enkel alleen een bovenaanzicht van de beddingvormen. Om meer inzicht te krijgen in de interne structuur bestuderen we ook fossiele canyonbodems. Het fossiele systeem dat bewaard is gebleven in de Neogene sedimenten van het Tabernas Bekken in Zuid-Spanje biedt hiervoor goede mogelijkheden. Wanneer we een volledig beeld hebben van de beddingvormen in 3D, zoeken we een procesmatige verklaring voor deze patronen. Deze procesmatige verklaring geeft ons vervolgens inzicht in de fysica van troebelingsstromen. Het Eurotank laboratorium aan de Universiteit Utrecht is hiervoor van groot belang. Hier kunnen we geschaalde experimenten doen, om te achterhalen welke stromingscondities tot de gevonden sedimentatie en erosiepatronen kunnen leiden. De experimenten geven ons hypothesen over het ontstaan van de beddingvormen. Het is vaak lastig te voorspellen hoe het schalen van de processen invloed heeft op de gevormde patronen. Door middel van numerieke modellen en simpele rekenregels onderwerpen we deze schalingsproblemen.

Beddingvormen

De eerder beschreven methodiek geeft inzicht in de duinachtige patronen die soms hoog in de canyons worden gevonden. In de jaren tachtig is door de baggerindustrie en Rijkswaterstaat veel onderzoek gedaan naar tegen-de-stroom-in migrerende beddingvormen die ontstaan bij het onder water storten van zand-watermengsels. Deze beddingvormen zijn uitgebreid onderzocht in een laboratorium-opstelling en later ook beschreven in een numeriek model. Dit model voorspelt de beddingvormen aan de hand van een opgegeven stroming. In de baggerpraktijk kunnen stromingscondities worden opgelegd en is het zaak de beddingvormen te voorspellen. Wij gebruiken het model



Figuur 1 A & B. Voorbeelden van onderzeese kabels na breken, uit de verzameling van Milne (1897) **C)** Plot van kabelbreuklocaties in relatie tot een onderzeese canyon. **D)** Voorbeeld van een moderne canyon uit Smith et al. (2005) Stroomrichting is naar de lezer toe. Let op de regelmatige beddingvormen om de bodem.

andersom, nemen de beddingvormen als uitgangspunt om de stromingscondities te voorspellen. De numeriek voorspelde resultaten komen goed overeen met de beschikbare metingen van troebelingsstromingen door de canyon, en hebben daarnaast extra inzicht gegeven in de interne opbouw van de troebelingsstromen.

In het laboratorium hebben we vele soorten troebelingsstromingen gemaakt en de soort beddingvormen die zij achterlaten bestudeerd. Met deze kennis bestuderen we op dit moment de fossiele canyons in Zuid-Spanje. In samenwerking met de Universiteit van Bergen zijn we bezig met het aanpassen van een bestaand driedimensionaal numeriek model voor het beschrijven van deze processen. De bestudeerde processen zijn niet uniek voor onderzeese canyons. Alle stromingen op steile hellingen (bergstromen, glaciale uitstroomvlaktes) en stromingen met een relatief klein dichtheidsverschil ten opzichte van de omringende vloeistof (troebelingsstromen, pyroclastic flows) vertonen vaak analoog gedrag.

Toepassingen

Dit onderzoek kent twee belangrijke toepassingsgebieden. Ten eerste het beter in kaart brengen van deze processen ter voorkoming van meer kabelbreuken. Dit is nog steeds een probleem zeker gezien de

huidige trend om steeds complexere installaties op de zeebodem te plaatsen. Daarnaast is het onderzoek van belang voor de olie-industrie. Een beter inzicht in vooral de sedimentatiepatronen van troebelingsstromingen geeft een steeds beter beeld van de opbouw van zandlichamen die hierdoor ontstaan.

Een goede kennis van de opbouw van deze zandlichamen is voor de olie-industrie van belang voor het optimaliseren van de olieproductie.

Na ruim een eeuw onderzoek blijven troebelingsstromen wetenschappers bezig houden. Metingen van troebelingsstromen zijn nog steeds problematisch door hun onvoorspelbaarheid en destructieve vermogen. Door de focus van het onderzoek te verleggen van de troebelingsstromen naar de beddingvormen die zij achterlaten, hopen we dit probleem te onderwerpen. In de komende twee jaar willen we onze multidisciplinaire combinatie van geologie, geografie, natuurkunde en waterbouwkunde doorzetten om zo een beter inzicht te krijgen in de mysterieuze processen in onderzeese canyons.

Matthieu Cartigny, Universiteit Utrecht