

Over grensvlakken en het verleggen van grenzen

Intreerede

Prof. dr. Ir. C. Van Rhee



22 oktober 2008

Over grensvlakken en het verleggen van grenzen

Intreerede

In verkorte vorm uitgesproken op 22 oktober 2008 ter gelegenheid van de aanvaarding van het ambt van hoogleraar in de Faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek & Technische Materiaalwetenschappen en de Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen om werkzaam te zijn op het vakgebied Dredging Engineering.

door

Prof. Dr. Ir. C. Van Rhee

Mijnheer de Rector Magnificus, leden van het College van Bestuur. Collegae hoogleraren en andere leden van de universitaire gemeenschap, zeer gewaardeerde toehoorders, dames en heren,

Baggeren. Veel mensen, zeker in het buitenland, leggen niet meteen een verband tussen dit woord en een academische opleiding. Sterker nog, veelal wordt het woord bagger gebruikt om aan te geven dat iets niet zo geweldig is. Anders is het bij alle baggeraars in de zaal. Zij associeren dit woord met een dynamisch leven vaak in prachtige oorden, extreme oorden, andere culturen, enorme werken, gerealiseerd met materieel dat zich 24 uur per dag 7 dagen per week een weg baant door de grond, of dit nu slib, klei, zand of gesteente is. Een vakgebied met een fysica die alleen hier voorkomt en die zich op het grensvlak van de vloeistofmechanica en geotechniek bevindt.

In het komende half uur ga ik u enigszins wegwijs maken in deze aparte wereld. In deze industrie die behoefte heeft aan academisch geschoold personeel, hoogwaardig onderzoek verricht en die zo belangrijk is voor onze economie en veiligheid.

Het Van Dale groot woordenboek der Nederlandse taal geeft als verklaringen voor het woord baggeren:

1. Slijk uit sloten, grachten en veenplassen ophalen.
2. In ruimere zin het transporteren van specie van onder water van de vindplaats naar elders, om die plaats uit te diepen ofwel om de opgehaalde specie nuttig te gebruiken.

De eerste verklaring levert de negatieve associatie op. De tweede is een goede omschrijving van de huidige activiteiten. De baggerwerken zijn op te delen in de werkzaamheden die tot doel hebben vaarwegen te verdiepen of de diepte ervan te onderhouden en werkzaamheden die tot doel hebben nieuw land te creëren.

Het onderhoudsbaggerwerk wordt tegenwoordig meestal met een sleephopperzuiger uitgevoerd. Dit schip vult tijdens het baggeren het laadruim. Is dit laadruim, ofwel beun, vol dan vaart het schip naar een locatie waar het sediment wordt gelost.



Voor landaanwinning wordt dit type baggerwerktuig tegenwoordig ook veel gebruikt. Het lossen kan door de bodemdeuren plaatsvinden of door een leiding welke wordt

aangekoppeld. Tevens wordt vaak de zogenaamde ‘rainbow’ methode toegepast. De specie wordt dan door de lucht naar de wal getransporteerd.



De schaalvergroting welke heeft plaatsgevonden bij de sleehopperzuigers is grensverleggend geweest en heeft ook tot grensverleggende projecten geleid, zoals hier in Dubai.



Een ander veel gebruikt werktuig is de snijkopzuiger. Deze zuiger verbreekt de samenhang van de grond met een snijkop. In de snijkop bevindt zich de zuigmond waardoor de grond gemengd met water wordt op gezogen. Via een of meerdere pompen wordt dit mengsel naar de gewenste locatie getransporteerd. Vanwege het mechanische ontgravingsproces is deze zuiger beter geschikt voor harde grond zoals gesteente.

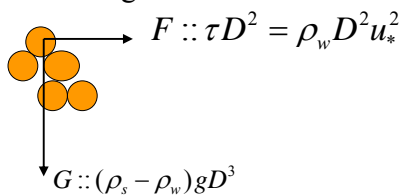


Naast deze twee genoemde werktuigen zijn er veel andere te noemen, dat ga ik niet doen, want dit wordt geen inleidend college baggertechnologie. Mijn bedoeling is met deze

zeer korte inleiding aan te geven, dat we te maken hebben met gecompliceerd drijvend materieel dat sediment los maakt in het grensvlak water-grond. Het losgemaakte mengsel wordt verpompt door leidingen waarbij de weerstand en slijtage bepaald worden door het grensvlak tussen slurry en pijpwand. Een groot aantal vakgebieden is hierbij betrokken. Werktuigbouwkunde voor de aandrijvingen, pompen, lieren en hydrauliek en de scheepsbouw natuurlijk. Scheepshydronechanica voor de voortstuwing en scheepsbewegingen. Elektrotechniek voor o.a. de elektrische aandrijvingen en generatoren. Meet en regeltechniek en IT. Voor al deze vakgebieden zijn al hoogleraren aanwezig op deze TU, dus waarom hebben we dan nog een specifieke hoogleraar Dredging Engineering nodig zult u zich wellicht afvragen.

Het antwoord is dat tijdens het baggeren processen plaatsvinden die specifiek zijn voor dit vakgebied. Zo wordt bij het ontgravingsproces de samenhang van de grond binnen zeer korte tijd verbroken, wordt de grond hydraulisch met hoge concentraties verpompt en treedt sedimentatie op bij een onnatuurlijke combinatie van snelheid en concentratie. Deze processen moeten we begrijpen en kunnen modelleren om de juiste input te kunnen leveren voor die andere vakgebieden. We hebben te maken met een zeer specifieke vloeistofmechanica, of is het juist dynamische grondmechanica, of is het een apart geval van sediment transport? Het is van alles wel iets. Het is een vakgebied overschrijdende fysica waarnaar in het verleden al veel grensverleggend onderzoek is uitgevoerd en nog uitgevoerd gaat worden.

De fysica van de baggerprocessen gaat vaak over fase veranderingen. Een vaste stof wordt in korte tijd omgezet in een suspensie, een zware vloeistof. De fysica van dit baggerproces bevindt zich in een niemandsland tussen de klassieke vloeistof- en grond mechanica. Ik zal hiervan een voorbeeld geven. We beginnen in de waterfase. Indien water stroomt over een zandpakket, zullen boven een bepaalde watersnelheid de korrels in het oppervlak in beweging komen. De stabiliteit van de korrels volgt uit een eenvoudige evenwichtsbeschouwing van een zandkorrel in het oppervlak.



Op deze korrel werkt een stromingskracht en de zwaartekracht. Het ligt dan voor de hand om naar de verhouding van beide krachten te gaan kijken en dan wordt de bekende Shields parameter gevonden, aangegeven met de Griekse letter theta.

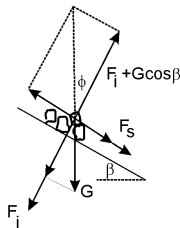
$$\frac{F}{G} :: \frac{\rho_w D^2 u_*^2}{(\rho_s - \rho_w) g D^3} = \frac{u_*^2}{g \Delta D} = \theta$$

Er kan sprake zijn van erosie indien de waarde van theta groter is dan een bepaalde kritische waarde welke afhangt van de korreldiameter.

Baggerwerktuigen worden vaak gebruikt om de grond te eroderen. Kenmerkend is dat dit met een enorm hoge erosiesnelheid gepaard gaat. De erosiesnelheden zijn duizenden malen groter dan in de natuur gebruikelijk. Hele lagen of complete stukken grond komen tegelijkertijd in beweging. Indien het zand in een dergelijk geval goed gepakt is krijgen we te maken met het grondmechanisch verschijnsel dilatantie. Dit verschijnsel, dat reeds door Reynolds is (Reynolds, 1885) beschreven, zorgt er voor dat het totale volume van een zandpakket toeneemt tijdens het vervormen.



Links zien we een dichtgepakte stapeling van deeltjes voorafgaand aan de vervorming. Rechts zien we dat de bovenste rij van korrels is afgeschoven. De korrels moeten over elkaar heen rollen en dat kan alleen als het poriënvolume tussen de korrels groter wordt. Er moet dus water toestromen. De drukgradiënt die hiervoor nodig is duwt de bovenste korrel laag op de daar onderliggende en zorgt dus voor extra stabiliteit. Dit stabiliserende effect (Kracht F_i op de korrel) kunnen we meenemen in het eerder getoonde krachtenspel, nu onder een taludhelling β .



Uit dit krachtenevenwicht kan nu een aangepast criterium gehaald worden, welke er als volgt uit ziet:

$$\theta_{cr}^1 = \theta_{cr} \left(\frac{\sin(\phi - \beta)}{\sin \phi} + v_e \cdot \frac{\Delta n}{k} a \right)$$

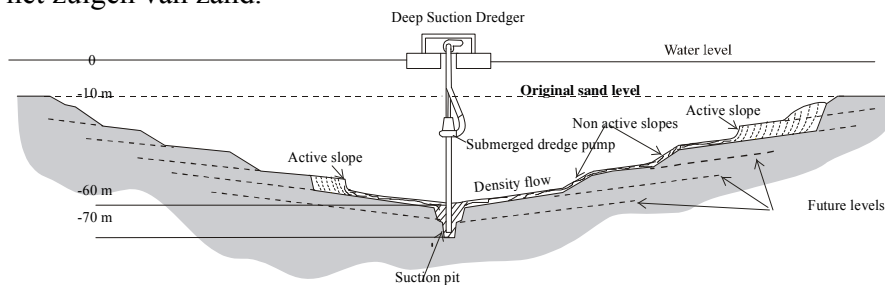
De eerste term tussen haakjes geeft de invloed van de bodem helling, de tweede geeft de invloed van het intredende water weer. Daar zien we naast de erosiesnelheid de doorlatendheid k en de verandering van de porositeit Δn . Een interessante situatie treedt op indien de uitdrukking tussen haakjes gelijk aan nul wordt. Dan wordt immers θ_{cr}^1 gelijk aan nul, wat tot gevolg heeft dat de korrels in het zandoppervlak voor alle situaties al in beweging kunnen komen. Wanneer we deze situatie uitwerken krijgen we de volgende uitdrukking voor de erosiesnelheid:

$$v_e = - \frac{k \sin(\phi - \beta)}{a \Delta n \sin \phi}$$

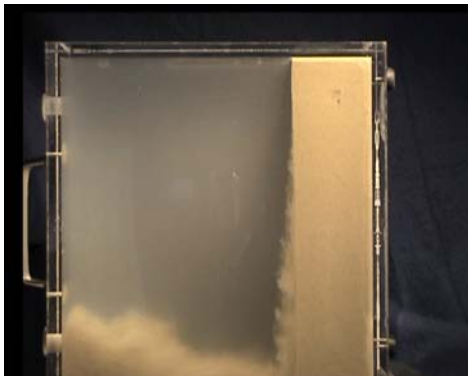
Deze uitdrukking levert alleen positieve waarden op indien $\beta > \phi$ ofwel als de hellingshoek groter is dan de hoek van inwendige wrijving. Uit de grondmechanica weten we dat in een dergelijk geval de helling instabiel is. Indien als hoek 90 graden wordt ingevuld (dus een vertikaal talud) dan verkrijgen we de onderste vergelijking waarmee de zogenaamde walsnelheid wordt uitgerekend:

$$v_e = v_{wal} = \frac{k}{a\Delta n} \cot \phi$$

Dit is de snelheid waarmee een steil onder water talud bezwijkt zoals dit gebeurt tijdens het zuigen van zand.



Met dit korte filmpje kunnen we dit proces verder verduidelijken. De snelheid waarmee we het oppervlak zien afkalven wordt door de bovenstaande formule weergegeven.



Zo zijn we begonnen bij de vloeistofmechanica en terecht gekomen bij de grondmechanica. Dit is kenmerkend voor de processen in de baggertechniek die altijd op de grensvlakken plaatsvinden. Overigens kunnen we met dit eenvoudige voorbeeld nog niet de erosiesnelheid voor een willekeurige combinatie van invoerparameters uitrekenen.

Probleem hierbij is dat de numerieke aanpak tussen de beide vakgebieden ter weerszijde van het grensvlak fundamenteel anders is. Een aanpak volgens Euler versus een aanpak volgens Lagrange. Bij de Eulerse aanpak staat het rekengrid vast en de materie stroomt er door. Bij de aanpak volgens Lagrange zitten de gridpunten aan de materie vast. Dit maakt het modelleren van de erosieprocessen niet eenvoudig omdat we het sediment voor beide fasen moeten beschrijven en de overgang ertussen. Dit is een mooie uitdaging voor Rik Bisschop die binnenkort als promovendus onderzoek gaat verrichten naar de

theorie hoge snelheidserosie. Naast de industrie financiert ook Rijkswaterstaat dit onderzoek vanwege de problematiek van dijkdoorbraken. Voor de veiligheid is het immers niet alleen van belang of een dijk doorbreekt, maar ook hoe snel de bres in deze dijk daarna groeit. Dit wordt geheel door de erosiesnelheid van de dijk bepaald. Door de hoge watersnelheid aanwezig in de bres, is dit vaak hoge snelheidserosie.



Onderwijs

Na deze intro in de hoge snelheidserosie begrijpt u dat er toch nog wel enige wetenschap nodig is bij het baggeren. Willen we verder komen in dit vakgebied dan zal er een goede opleiding moeten zijn. Een opleiding op academisch niveau.

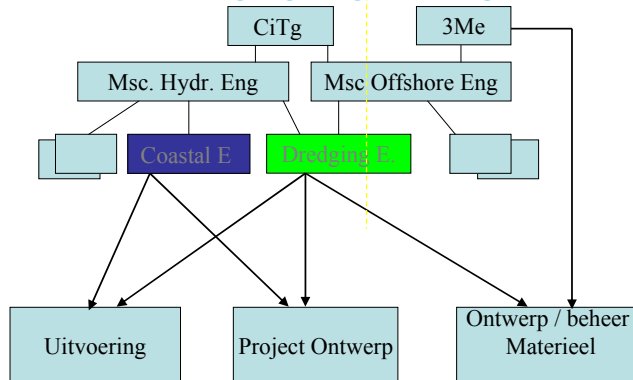
Het vakgebied is niet eenvoudig onder te brengen bij één faculteit. De werktuigen horen thuis bij werktuigbouwkunde en maritieme techniek, terwijl de optredende processen rondom de werktuigen bij de civiele techniek thuis horen, evenals de gerealiseerde projecten. Daarom heeft de industrie behoefte aan instromers vanuit beide faculteiten. Voor civiele ingenieurs die baggerprojecten ontwerpen of uitvoeren is het belangrijk de mogelijkheden of beperkingen te kennen van het equipment. Voor de ontwerpers en bouwers van het equipment is het weer van belang de processen te begrijpen die optreden door de interactie van het werktuig met de grond. Van oudsher was de opleiding bij werktuigbouwkunde ondergebracht en er was regelmatig discussie of dat de goede plaats is.

Dit probleem is nu opgelost waarmee mijn eerste doelstelling is bereikt.

Zoals u in de uitnodiging heeft kunnen lezen heb ik een benoeming aan beide faculteiten. In de praktijk houdt dit in dat Dredging Engineering nu een afstudeer specialiteit is in de MSc Offshore Engineering (die overigens ook al interfacultair is) als ook in de MSc Hydraulic Engineering binnen Civiele Techniek. Alle studenten die nu aan de TUD op het gebied van Dredging Engineering afstuderen komen bij dezelfde hoogleraar en medewerkers terecht.

Het schema is hieronder weergegeven. De doelstelling is dat een groter deel van de ingenieurs, waar ze ook terecht mogen komen in de industrie, een gedegen kennis op het gebied van baggerprocessen mee krijgt.

Positie Dredging Engineering



De tweede doelstelling heeft te maken met kwaliteitsverbetering. Een betere relatie moet worden gelegd tussen de theorie en de praktische relevantie ervan. Kennis blijft beter hangen indien deze zelf is ervaren. Daarom gaan we ons slurry circuit ook bij het onderwijs betrekken. De elektrische pompaandrijving kunnen we allerlei karakteristieken geven, bijvoorbeeld van een dieselmotor, waardoor we het specifieke gedrag van aandrijving, pomp en leiding aanschouwelijk kunnen maken.



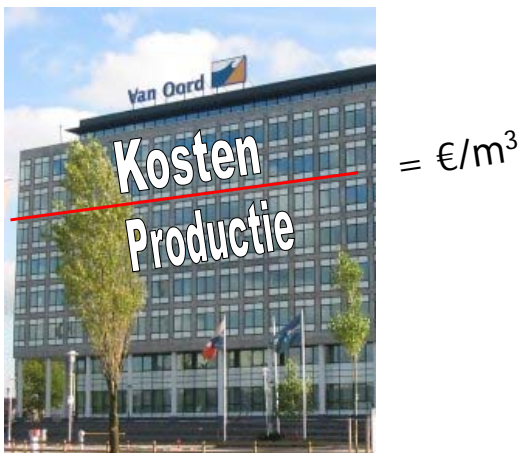
Mijn derde aandachtspunt is productiebewust ontwerpen. Een van de belangrijkste vergelijkingen in de baggerindustrie is:

$$Prijs = \frac{Kosten}{Productie} \quad \text{ofwel} \quad p = \frac{K}{P}$$

Hiermee wordt de eenheidsprijs berekend. Dit lijkt eenvoudig, immers lage kosten in combinatie met een hoge productie levert een lage prijs op. Het vervelende is dat in werkelijkheid zowel de kosten als de productie afhangen van de investering A plus nog een aantal andere factoren:

$$p = \frac{K(A, P, k_1)}{P(A, k_2, \dots)}$$

Vooraf de relatie tussen investering en productie is lastig, zowel technisch als economisch, omdat er aannames over de toekomstige markt gemaakt moeten worden. Maar afgezien van deze problematiek hebben we ook nog met een ander, en vaak groter, probleem te maken. De deelstreep in de breuk verdeelt teller en noemer. Deze deelstreep is soms ook letterlijk aanwezig. Bijvoorbeeld bij een niet nader te noemen baggeraar in Rotterdam waar de deelstreep wordt gevormd door de vloer tussen de 6^e en de 7^e verdieping. Op de 7^e verdieping zit de Technische Dienst en daaronder Estimating en Engineering. De TD heeft inzicht in de nieuwbouw kosten terwijl de productie- en research mensen weer het meeste afweten van de relatie tussen de baggerinstallatie en de daarmee behaalde productie. Dit levert vaak de nodige problemen en discussie op, omdat beide partijen onvoldoende inzicht hebben in elkaars expertise.



Schijnbaar dure oplossingen, dat wil zeggen die gepaard gaan met een hoge initiële investering, leveren vaak door een verhoogde productie een lagere kostprijs per m³ op, en daar gaat het om. Mijn doel is nu deze kloof te dichten door duidelijk te maken hoe ontwerpbeslissingen invloed hebben op de productie en daarmee op de kostprijs per m³. In het vak ‘design of dredging equipment’ is hieraan al invulling gegeven. De studenten maken in dit vak een conceptueel ontwerp dat niet alleen technisch voldoet aan de gestelde randvoorwaarden, maar ook tegen een zo lage kostprijs per m³.

Onderzoek

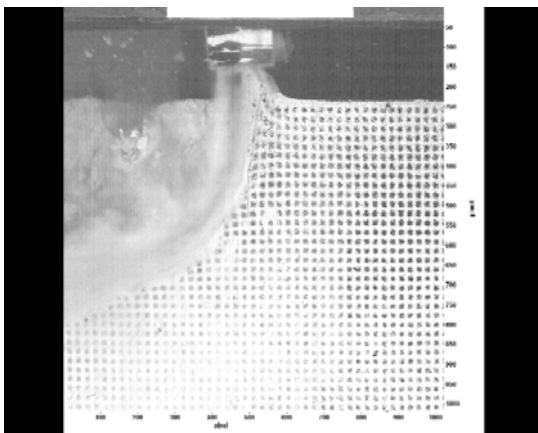
Eerst even een stukje historie. Aanleiding voor de start van het fundamenteel onderzoek naar de baggerprocessen is de watersnoodramp van 1953. Na de totstandkoming van de deltawet moesten er waterbouwkundige werken van een nieuwe orde uitgevoerd worden. Onder druk van Rijkswaterstaat gaat een aantal bedrijven onderzoek gezamenlijk uitvoeren. In 1965 krijgt dit samenwerkingsverband de fraaie naam 'de zuigclub', naar de eerste onderzoeken die gericht zijn op het proces rondom winzuigers.

Later wordt dit de Combinatie Speurwerk Baggertechniek. En nog steeds bestaat deze samenwerking en voert onderzoek uit onder de naam Stichting Speurwerk Baggertechniek (SSB). Tijdens de CSB tijd wordt het onderzoek voornamelijk door het Waterloopkundig Laboratorium en Grondmechanica Delft (Nu Deltares geheten) uitgevoerd. Een aantal aannemers mag niet meedoen met de CSB en ook IHC wordt buiten de samenwerking gehouden. Deze buitenstaanders zijn voor hun onderzoek aangewezen op de TU. Met financiële steun van deze bedrijven wordt door een van mijn voorgangers, prof. De Koning het laboratorium voor grondverzet ingericht. Zo hebben we dan de situatie in de jaren 80, dat het WL en de TU elkaars concurrenten zijn op het gebied van het onderzoek voor de baggerindustrie. De resultaten van het CSB onderzoek blijven strikt geheim. In de loop van de jaren '90 gaat de situatie veranderen. De eerste promotieonderzoeken in opdracht van de industrie worden uitgevoerd bij de TU en deze ontwikkeling heeft zich tot vandaag voortgezet.

Het besef is gegroeid dat een academische opleiding op het gebied van Dredging Engineering alleen toekomst heeft indien deze leerstoel voldoende op het gebied van onderzoek kan presteren.

Overzicht uitgevoerd en lopend onderzoek

Ten behoeve van het hydraulisch ontgraven kan het werk van promovendus Arno Nobel genoemd worden. Bij dit onderzoek wordt naar het hydraulisch ontgraven van klei gekeken, ofwel 'jetten in klei'. Het onderzoek is begonnen met een groot aantal experimenten, uitgevoerd bij Deltares. Onder verschillende omstandigheden is langs een glazen ruit gejet en zijn high speed video opnames gemaakt.



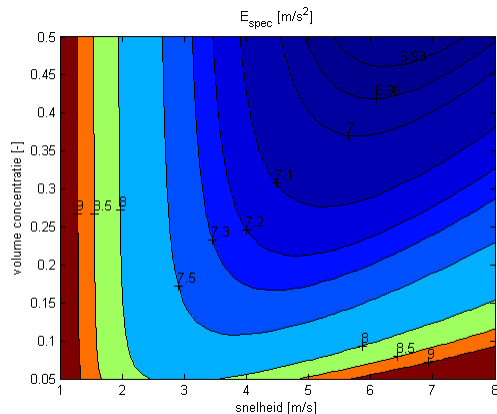
Hierin zijn de verschillende bezwijkmechanismen te onderkennen die een basis zullen zijn voor de modellering van het indringproces. Bij het jetten in klei vinden vaak hoge uittreesnelheden plaats waardoor vaak vrije straal cavitatie optreedt. Deze vrije straal cavitatie is nog weinig bestudeerd en nog minder gemodelleerd. Het optreden van cavitatie is echter wel van groot belang omdat door de aanwezigheid van de dampkegel rond de jet entrainment wordt verminderd waardoor de stuwdruk minder snel met de afstand afneemt. Om dat proces beter te quantificeren zijn speciale proeven uitgevoerd in een drukvat. De stuwdruk van de jet is gemeten als functie van de afstand tot de nozzle bij verschillende omgevingsdrukken.

Het hydraulisch transport is een van de meest belangrijke processen in de baggerindustrie. De benodigde baggerpomp hier is een apart geval omdat daar een compromis moet worden gevonden tussen een optimale hydraulische vormgeving en eisen met betrekking tot slijtvastheid en de doorlaat van grote stenen. Geen eenvoudig probleem om in een CFD pakket aan te pakken. Voor homogene vloeistoffen is de nodige voortgang geboekt op dit terrein, maar voor meerfase stromingen ligt nog een braak liggend gebied en dan heb ik het nog niet eens over de invloed van de korrelverdeling op het geheel. Om meer inzicht te krijgen en de modellering van meerfase stroming in centrifugaal pompen te verbeteren, is een aantal jaren geleden een promotieonderzoek gestart. Dit onderzoek wordt door IHC gefinancierd en uitgevoerd door Frits Hofstra. De eerste stap is proberen het stroombeeld in de pompwaaier beter in beeld te krijgen. Dit wordt letterlijk gedaan door een videocamera aan de pompas te bevestigen in combinatie met een doorzichtig zuigschild en waaier, zodat het beeld met de waaier mee roteert en op deze wijze één schoepkanaal kan worden gevolgd in de tijd. Dit maakt het mogelijk de baan van de deeltjes in de waaier te volgen wat niet mogelijk is met de stroposcopische technieken waarmee in het verleden werd gewerkt.

Toekomstig Onderzoek TU

Valt er eigenlijk nog wat te onderzoeken ten behoeve van de baggerindustrie? Binnen de baggerbedrijven zijn lieden werkzaam die deze vraag ontkennend zullen beantwoorden. Voor hen is een baggerwerktuig een willekeurig stuk gereedschap. Een soort dure schep. Hier valt geen concurrentievoordeel uit te halen. Dat lukt slechts met commercie, slimme contracten, design & construct etc. Deze mensen, die overigens ook vitaal zijn voor de bedrijfsvoering, begrijpen weinig van het materieel en de processen die daar in en om afspelen.

In werkelijkheid is er echter nog een enorme potentie voor verbetering aanwezig. Ik zal een paar voorbeelden geven. Bij het hydraulisch transport kunnen we zand-water mengsels verpompen tot een dichtheid van ongeveer 1800 kg/m^3 . Daarna is het afgelopen en neemt de weerstand asymptotisch toe. Toch zien we dergelijke waarden nooit vanuit de sleepkop naar boven komen terwijl dit fysisch gezien mogelijk zou moeten zijn. Tientallen procenten winst in zuigproductie is hier nog haalbaar. Veel onderzoek is nog nodig naar de ingewikkelde processen die daar plaats vinden. Ook vanuit het begrip duurzaamheid is het gunstig hoge dichtheden na te streven.



In bovenstaande figuur is de specifieke energie voor hydraulisch vertikaal transport uitgezet tegen de mengsnelheid en concentratie .

In deze figuur zien we de laagste waarden van deze specifieke energie (donker blauw) rechts bovenin, dus bij de hoogste concentraties en daar ligt ook de hoogste zuigproductie. Het nastreven van hoge producties kunnen we dus als een duurzame activiteit beschouwen, want dit levert een lager specifiek brandstof verbruik op. De in de bagger gebruikelijke term ‘gang is alles’ mag dus als duurzaam beschouwd worden. Nu we het toch over duurzaamheid hebben. De enorme schaalvergroting die heeft plaatsgevonden, heeft er toe geleid dat de schepen lichter zijn en minder brandstof gebruiken per getransporteerde m^3 . De aanleiding hiertoe was een lagere kostprijs. De industrie was al bezig met duurzaamheid voordat dit begrip een modewoord werd.

Een ander voorbeeld is het leegzuigproces van een sleepopperzuiger. Van dit proces zijn nog geen goede modellen beschikbaar. Hierdoor is het moeilijk de installatie te ontwerpen en te optimaliseren. Dit leidt in de praktijk vaak tot onverklaarbaar grote fluctuaties in uitlosproducties. Tientallen procenten productie verhoging zijn hier nog haalbaar.

Andere onderwerpen op het proces gebied waar ik kort op in wil gaan:

De tot nu toe uitgevoerde onderzoeken op leidingtransport hebben betrekking op rechte leidingdelen. Aan boord van een sleepopperzuiger wordt het leidingwerk echter gedomineerd door bochten, splitsingen en samenvoegingen. Aangezien het zogenaamde ‘rainbowen’ een steeds vaker gebruikte losmethode is, zien we dat de weerstand en daarmee de productie, steeds meer gedomineerd wordt door de leidingweerstand aan boord. Nu is er in de literatuur de nodige informatie te vinden over deze zogenaamde weerstandscoefficienten. Voorzover deze kloppen met de praktijk, hebben deze coëfficiënten alleen betrekking op homogene vloeistoffen, terwijl we aan boord juist vaak met een heterogene stroming te maken hebben door aanwezigheid van het sediment. Op het gebied van heterogene gelaagde stromingen is over deze weerstandscoefficienten weinig bekend. Hierdoor kan de weerstand sterk afwijken, zowel in positieve als in negatieve zin. Het ligt dan voor de hand dit proces beter in kaart te brengen. Binnenkort begint de eerste afstudeerder, in opdracht van de SSB, op dit onderwerp. Naar verwachting zal dit gaan leiden tot een promotieonderzoek.

Harde grond baggeren met sleephopperzuigers

Het baggeren van harde grond was vroeger vooral aan snijkopzuigers voorbehouden. Door schaalvergroting bij de sleephopperzuigers zijn het voortstuwingsvermogen en het sleepkopgewicht behoorlijk toegenomen. Hierdoor wordt nu ook het baggeren van gesteente met sleepzuigers economisch. We zullen zien dat hierdoor de snijkopzuigers een deel van de markt zullen gaan verliezen aan de hoppers met de zogenaamde ripperkoppen die op dit moment in ontwikkeling zijn.

Slijtage onderzoek

Wij zijn aan het proberen een industriebrede samenwerking op te zetten met als doel fundamenteel onderzoek te gaan verrichten naar slijtage. Het gaat hier zowel om slijtage ten gevolge van hydraulisch transport als slijtage van tanden bij het snijden in harde grond. Dit wordt binnen de TU een samenwerking met Materials Engineering onder de vlag van M2i. De kennis met betreffende slurry en gesteente, die de condities aan de wand bepalen komt uit onze groep, terwijl de specifieke materiaal kennis bij Materials Engineering vandaan komt.

Electric Resistance Tomography (ERT)

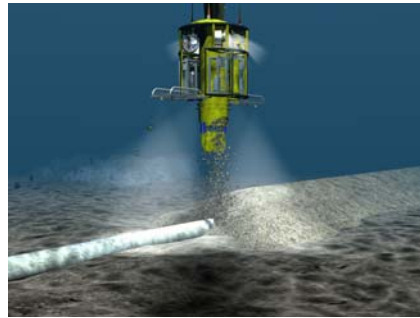
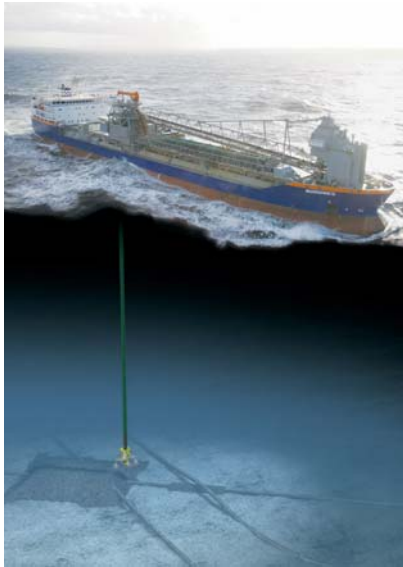
Voor het slurrylab hebben we ERT apparatuur aangeschaft. We gaan deze tomografische techniek gebruiken om de interne structuur van de genoemde mengselstromingen te doorgronden. Daarnaast is het de bedoeling de algorithmes te verbeteren om uiteindelijk te komen tot een dichtheidsmeter die werkt op basis van elektrische geleiding, zodat we in de toekomst de radioactieve dichtheidsmeters aan boord niet meer nodig hebben.

Mors bij het cutteren

Volgend jaar start een promotieonderzoek in opdracht van SSB naar het morsgedrag van cutterzuigers. Dit is een voortzetting van een promotiestudie uit het verleden.

Diep water ontwikkelingen

De offshore activiteiten t.b.v. de winning van fossiele brandstoffen verplaatsen zich naar waterdieptes van 1000 – 2000 m, omdat de velden in ondiep water reeds allemaal in productie zijn of zelfs al uitgeput. Voordat de subsea installaties geplaatst kunnen worden moet vaak de ligging van de zeebodem aangepast worden door baggeren of het storten van stenen. Het geschikt maken van deze concepten voor dergelijke grote dieptes zullen nog de nodige onderzoek en ontwikkeling behoeven.

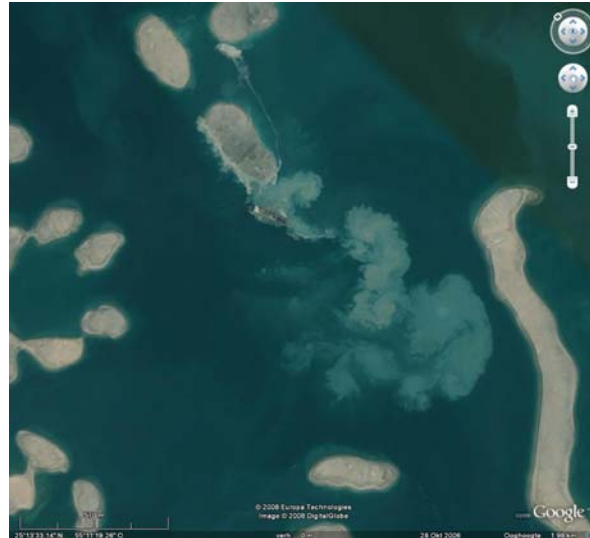


Hetzelfde geldt voor deep sea mining. Vooral de zogenaamde Seafloor Massive Sulphides staan de laatste tijd in de belangstelling. Dit zijn afzettingen met hoge gehalten aan kostbare metalen zoals goud, zilver en koper. Deze mineralen komen voor bij vulkanische gebieden op een diepte van rond de 2000 m en hebben een aanzienlijke druksterkte. Het economisch ontgraven en vertikaal transporteren van deze ertsen is een uitdaging van formaat. Op deze grote diepte heerst een enorme waterdruk van orde 20 Mpa. Onduidelijk is hoe het snijproces in gesteente verloopt bij een dergelijke waterdruk. De verwachting is dat de benodigde energie veel groter is dan bij ondiep baggeren, omdat de cavitatie die de scheurvoortplanting in het gesteente faciliteert, niet zal optreden.

In de toekomst gaan grote veranderingen plaatsvinden op het gebied van de energievoorziening aan boord van de schepen. Op korte termijn zullen strengere eisen komen op het gebied van emissie van uitlaatgassen. Op langere termijn de omschakeling van fossiele brandstof naar alternatieve energie dragers. Complicatie hierbij is het onvermijdelijke hoge energie gebruik aan boord van de baggerschepen. Gasolie heeft een hoge energieinhoud per gewicht. Alternatieven zijn er op dit moment nog niet. Ontwikkelingen op dit gebied worden gevolgd.

Invloed van baggeren op het milieu

Een belangrijk aspect is de mogelijke invloed van de baggeractiviteiten op het milieu. Tijdens het baggeren wordt vaak sediment opgewoeld. Dit levert meestal geen probleem op, maar in buurt van gevoelige gebieden, denk aan koraal, moet wel de nodige voorzichtigheid in acht genomen worden. In het kader van het project 'building with nature' is bij Dredging Engineering een paar weken geleden een promotie onderzoek gestart met als doel de bronterm van vertroebeling rond een sleephopperzuiger te kwantificeren.



Lynrd de Wit gaat zich concentreren op de gecompliceerde uitwisselingsprocessen die plaatsvinden op het grensvlak tussen de sediment pluim en het omringende water dichtbij het werktuig. Het zal duidelijk zijn dit een mooie mogelijkheid biedt onze kennis op het gebied van de meerfase CFD behoorlijk uit te diepen.

Tot zover een overzicht van de onderwerpen waar we ons in toekomst op gaan richten. De basis is onze kennis van de unieke fysica van het baggerproces. Deze stelt ons in staat de hiervoor genoemde uitdagingen aan te kunnen. Deze bestaan uit het verder verbeteren van bestaande methoden en materieel, en de fundamentele ondersteuning bij geheel nieuwe concepten.

Toekomst van de Nederlandstalige baggerindustrie

Het effect van de huidige kredietcrisis op de toekomstige markt is moeilijk te voorspellen. De voornaamste drivers gedurende het laatste decennium zijn de demografische ontwikkelingen en de ontwikkelingen op het gebied van wereldwijd transport van goederen en energie.

Het gegeven dat het grootste deel van de bevolking in kustgebieden woont en werkt, en dat daar de goedkoopste manier van uitbreiden met behulp van het baggeren is te realiseren, heeft tot grote werken geleid. Deze ontwikkeling zal in de toekomst doorgaan vanwege het grote verschil tussen de lokale grondprijzen en de prijs waarvoor nieuw land gemaakt kan worden.

Met betrekking tot het internationale transport laten de prognoses een doorgaande stijging zien in de hoeveelheid containers en de afmetingen van de containerschepen. Met name in Azië gaat dat gepaard met miljarden investeringen in havens. Of de stijging zo groot is als voorspeld valt te bezien, maar als we naar het verleden kijken, blijkt de toename van het container transport vrij gestaag te zijn ondanks perioden van stagnatie van de economie.

FIGURE 3-1: ECONOMIC GROWTH ESTIMATES UNDERLYING CONTAINER FORECASTS

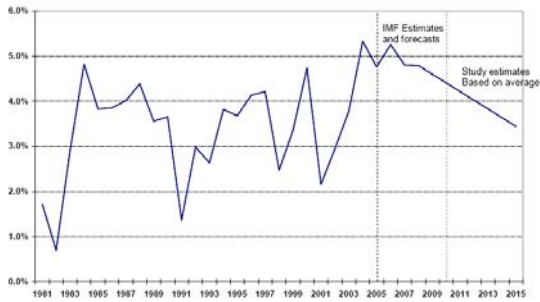
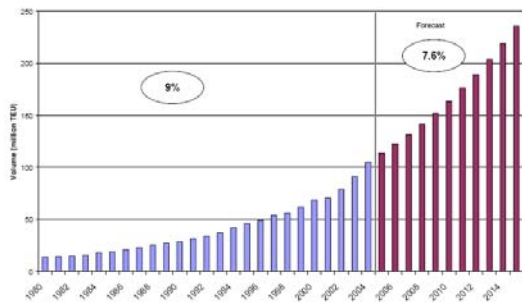
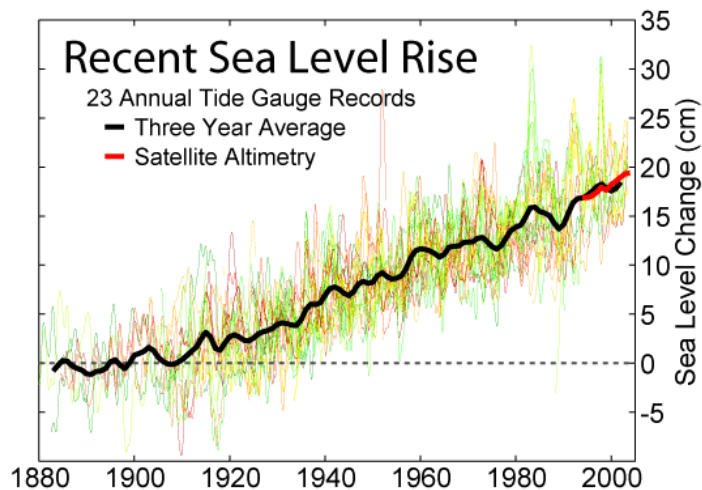


FIGURE 3-6: PAST AND FORECAST GLOBAL CONTAINER VOLUMES (1980-2015)



Als derde, een wat langere termijn effect, is de invloed van de zeespiegel stijging. Als de zeespiegel sneller gaat stijgen dan deze reeds eeuwenlang doet, zal er meer op de stranden gesuppleerd moeten worden.

De schattingen van de verwachte stijging lopen nogal uiteen, maar een tot nu toe meest gangbare voorspelling is dat de stijging deze eeuw met een factor twee toeneemt. Tot nu toe is deze versnelde stijging overigens nog niet meetbaar zoals u in bijgaande figuur kunt zien.



Voor het handhaven van de kustlijn in Nederland met de zeespiegelstijging die we tot nu toe hebben gemeten, is 12 miljoen m³ per jaar nodig.

Het antwoord van de Delta Commissie op de stijgende zeespiegel is het suppleren van 40-85 miljoen m³ per jaar. Voor 1 kilometer extra kust voor Nederland wordt voorgesteld 40 miljoen m³ extra per jaar voor een periode van 100 jaar te suppleren. Dan hebben we het dus over 4 miljard m³ zand extra. Even voor uw beeldvorming: Deze hoeveelheid is equivalent met ruim 36 palmeilanden.



$4 \text{ Gm}^3 / 110 \text{ Mm}^3 = 36 \times \text{Palm Jumeirah} \dots\dots$

Een hoeveelheid suppleren gelijk aan 36 palmeilanden voor een extra strook zand langs de kust (kosten ca. 20 miljard euro). Deze hoeveelheden zand klinken mij als baggeraar natuurlijk als muziek in de oren, en de watervogeltjes zullen er ongetwijfeld ook erg blij mee zijn, maar is het nu teveel gevraagd om een klein deel van deze enorme hoeveelheid te gebruiken voor een paar mooie eilanden voor de Nederlandse kust? Maak dan wel nuttig gebruik van de eilanden. Niet voor de veiligheid, wat dat betreft ben ik het met de commissie eens, niet voor een vliegveld, maar om er te wonen! In zo'n geval wordt de investering snel terug verdiend, net zoals in Dubai.

Kunnen deze Nederlandse cijfers worden vertaald naar een wereld markt? In een recent rapport van het International Institute for Environment and Development wordt gesteld dat 634 miljoen mensen in een gebied wonen op een hoogte van 0 – 10 m ten opzichte van zeeniveau. Dit is ongeveer 40 keer de bevolking van Nederland. Indien we dan aannemen dat deze mensen in gebieden wonen met een vergelijkbare kustlijn lengte ten opzichte van Nederland, kunnen we de Nederlandse suppletie hoeveelheden opschalen en komen dan uit op 2 miljard m³ per jaar. Dit is orden meer dan de huidige hoeveelheden die op dit moment worden gesuppleerd. Echter, dit is ook maar een ruwe schatting en weinig landen zullen zo'n enthousiaste delta commissie hebben. Tevens hebben veel landen ook niet de financiële middelen, daar een groot deel van bovengenoemde bevolking in ontwikkelingslanden woont. Ik verwacht daarom hooguit een verdubbeling van het volume de komende jaren, meer in lijn met de te verwachten zeespiegel stijging.

Nu we het toch over de Delta commissie hebben: Een ander advies is het verhogen van het peil van het IJsselmeer met 1.5 m. Dit in verband met het onder vrij verval kunnen afwateren naar zee en de zoetwater voorziening voor midden Nederland, welke anders in droge zomers in gevaar zou komen. Dit heeft grote consequenties voor de vele stadjes die aan dit meer liggen. Ik wil graag deze gelegenheid aangrijpen om een alternatief aan te bieden.

Hierbij gaan we gebruik maken van het Markermeer. Deze troosteloze slibput kunnen we een nuttige bestemming gaan geven. Door het aanleggen van dijken verdelen we dit gebied in twee compartimenten.



Het bovenste deel blijft water, maar met een verhoogd peil van +10 m NAP. Hiermee creëren we evenveel berging als de beoogde verhoging van het IJsselmeerpeil. In de winterperiode wordt het water opgezet, gebruikmakende van het surplus aan wateraanvoer door de Rijn. De energie hiervoor kan worden ontleend aan de wind, daar hebben we 's winters ook geen gebrek aan. In de zomer wordt het water weer afgelaten naar het IJsselmeer, waarbij eventueel nog energie kan worden opgewekt. Ook kunnen we dit gebied gebruiken als pompaccumulatie bekken waarmee het rendement van de toekomstig te bouwen kerncentrale(s) kan worden vergroot. Omdat we het peil van het IJsselmeer niet verhogen zal op termijn van afwatering door natuurlijk verval, geen sprake meer zijn. Het benodigde vermogen om het water naar zee te verpompen, is bij 1.5 m verval, circa 50 MW. De energie hiervoor kan geleverd worden door een aantal moderne windmolens.

De steden rond het IJsselmeer kunnen dus opgelucht adem halen. Geen enorme kosten voor alle lokale aanpassingen en de investering in het Markermeer verdient zichzelf terug zoals we hieronder zullen zien.

Het in de figuur groene deel wordt gebruikt voor grootschalige opwekking van zonne energie. De opwekking is mogelijk met zonnepanelen, algen of een combinatie. Door het enorme oppervlak is de energie productie groot, en is op jaarbasis te vergelijken met het totale benzine en diesel verbruik in Nederland.

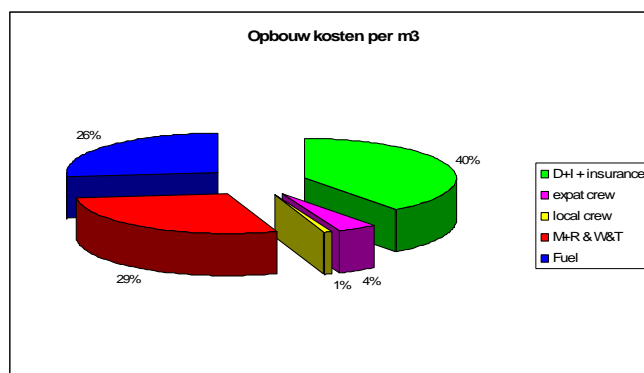
De totale energie die benodigd is voor het bouwen van de polder en leegpompen ervan is gelijk aan de energie van enkele uren zonschijn op dit gebied en is dus verwaarloosbaar. Dit geeft aan wat voor een geweldige energiebron de zon is. Veel meer aandacht zou moeten worden gegeven aan de directe omzetting van zonne energie. Het echte probleem waar we mee te maken hebben is niet CO₂, maar een toekomstig gebrek aan duurzame energie.

Ik beseft dat dit een ingrijpend plan is en de nodige tegenstand is te verwachten, maar de problematiek die we moeten aanpakken vraagt om grootschalige oplossingen en het maken van keuzes. Dit voorstel levert een project van formaat op en zal in elk geval wereldwijd tot de verbeelding spreken door de prachtige combinatie van waterbouw en duurzame energie productie.

Na dit korte 'uitstapje' naar de energieproblematiek ga ik nu in op de positie van de Nederlandstalige baggerindustrie op de wereldmarkt. Daarin kunnen we onderscheid maken tussen de aannemerij en de maakindustrie. Om te beginnen de aannemers. Als mogelijke toekomstige concurrenten worden de Chinezen vaak genoemd. De huidige kracht van China komt voornamelijk voort uit lage lonen. Als we echter kijken naar de kosten verdeling van een m³ zand, in dit geval voor een Jumbo sleephopperzuiger, dan zien we dat slechts 5 % uit loonkosten (van de bemanning) bestaat. Bij kleinere hoppers kan dit percentage naar ongeveer 10 % oplopen.

Dit geringe voordeel kan ruim worden gecompenseerd door een hogere productie en efficiency door de westerse bedrijven, welke een enorme voorsprong hebben op dit gebied.

Dit wil nog niet zeggen dat we nu achter over kunnen gaan leunen. Ook de Chinezen hebben begrepen dat procesinzicht en automatisering belangrijk zijn. Op de Hohai University is een exacte kopie gemaakt van ons voormalige laboratorium, inclusief de niet zo handige opties overigens. Tevens wordt alle relevante literatuur in snel tempo in het Chinees vertaald. Zij gaan de achterstand dus inlopen en de Nederlandse aannemers zullen moeten blijven innoveren.



Nu de situatie wat betreft tot de bouwers van baggermaterieel. Zij hebben wel meer last van de lage lonen landen. Voor een deel wordt dit opgevangen door een deel van de productie naar het buitenland te verplaatsen.

De kansen voor de bouwers zit in de intelligentie van de systemen, een optimale werking van de deelcomponenten, maar vooral ook in de samenwerking tussen de componenten, daarnaast een robuuste procesautomatisering. De intelligentie die hierin zit is veel moeilijker te kopiëren dan 'het staal'. Het implementeren van deze intelligentie aan boord zal alleen lukken indien de processen goed geautomatiseerd kunnen worden. Hiervoor is procesmodellering onontbeerlijk.

Het zal inmiddels duidelijk zijn geworden waar ik met Dredging Engineering naar toe wil. De basis is solide proceskennis op het gebied van het baggeren, aanwezig bij de TU.

Ook nieuwe fundamentele kennis zal in de toekomst op de TU worden ontwikkeld. Dit in tegenstelling tot het verleden waar fundamentele kennis buiten de TU in een kennisinstituut werd ontwikkeld. Deze kennisontwikkeling zal grotendeels plaatsvinden door promotieonderzoeken. Deze bieden daarmee volop mogelijkheden tot publiceren. De baggerindustrie staat er goed voor en gaat een goede toekomst tegemoet. En mochten er mindere tijden aanbreken, dan is het juist belangrijk scherp te kunnen begroten en optimaal te presteren. Hoe moeilijker en lastiger de regels worden met betrekking tot het milieu en hoe duurder de brandstof wordt, des te beter kan de technisch geavanceerde industrie zich onderscheiden van de rest.

Tot slot

Mijnheer de rector magnificus, dames en heren,
zonder Dredging kan er geen economische ontwikkeling zijn en loopt ook de veiligheid van miljoenen mensen in gevaar. Het onderwijs en onderzoek op het gebied van Dredging Engineering levert een belangrijke bijdrage aan de continuïteit van deze oer nederlandse sector.

Vele vakgebieden en beroepen komen en gaan in de loop der tijd. De eerste ontwikkelingen bijvoorbeeld ten behoeve van olie en gas waren minder dan 100 jaar geleden, en de laatste ontwikkelingen zullen ruim binnen dezelfde tijd vanaf heden plaatsvinden. Het baggeren is zo oud als de mensheid zelf en zal nodig zijn zolang er mensen zijn op aarde want het transport van sediment vond al een miljard jaar plaats voor de mensheid en zal daarna ook gewoon doorgaan.

Ter afsluiting wil ik graag een dankwoord uitspreken.

Om te beginnen mijn ouders die hier bij kunnen zijn. Mijn vader was ook werkzaam in het onderwijs ten behoeve van het grondverzet. Hier ziet u mij op een bulldozer en dragline op het terrein van SOMA.



Het geweld van deze machines in actie maakte een diepe indruk op de kleine jongen van toen. Die fascinatie is altijd blijven bestaan en zal ongetwijfeld onbewust hebben doorgewerkt in de latere keuzes in mijn leven die er toe geleid hebben dat ik nu voor u sta. Dan natuurlijk Monique, zonder jouw steun had ik hier zeker niet gestaan. Onze kinderen Charlotte en Ewoud, bedankt voor het begrip als ik weer even geen tijd voor jullie had.

Ik dank mijn promotor en voorganger Wim Vlasblom voor zijn inzet om mij te overtuigen dit ambt te willen ambieren. Ik dank de heren Eijgenraam, Kips, Vrijhof, Verhoeven, van Herwijnen en Hoek voor hun inzet die er toe heeft geleid dat de leerstoel werd gecontinueerd en financieel ondersteund. Ik dank de directie van Van Oord voor de gelegenheid die zij mij bied deze functie te vervullen naast mijn werkzaamheden voor Van Oord. Door deze combinatie blijf ik goed op de hoogte van de ontwikkelingen in het vakgebied. Ik dank de industrie voor het vertrouwen dat ze in mij hebben dat ik deze twee taken in volledige onafhankelijkheid kan uitoefenen. Specifiek wil ik Boskalis, IHC Merwede en Van Oord bedanken voor hun bereidheid promotieonderzoeken te financieren. Zonder onderzoek is er geen toekomst voor het onderwijs. Het college van bestuur dank ik voor mijn benoeming. Veel dank ook voor de studenten, en met name het dispuut DOT, dat mij het laatste jaar geholpen heeft Dredging Engineering weer nieuw leven in te blazen. Het is een groot voorrecht te mogen werken met zulke goede en gemotiveerde mensen. Naast de promovendi die ik al heb genoemd bedank ik natuurlijk ook Sape Miedema, Arno Talmon en Bart van der Schrieck. Ik houd hier dan wel dit verhaal, maar als 1 team zijn we verantwoordelijk voor het succes.

En natuurlijk alle aanwezigen die ik nog niet heb aangesproken, ik wil u allen bedanken voor uw aanwezigheid en aandacht.

Ik heb gezegd.

Literatuur

Reynolds, O. (1885). “On the dilatancy of media composed of rigid particles in contact, with experimental illustrations”, *Phil. Mag., Series 5*, 20 , pp. 469–481.