

Per kerend tij: het spel van water en zand in rivieren en delta's

Inaugurele rede in verkorte vorm uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar

in de Fysische Geografie, in het bijzonder de proces-sedimentologie van riviergedomineerde systemen,

aan de faculteit Geowetenschappen van de Universiteit Utrecht, op 26 september 2014

door Maarten Kleinhans.

SLIDE nummers refereren aan de powerpoint. Filmpjes zijn beschikbaar in de volledige oratiefles en op het youtube kanaal van de Universiteit Utrecht.

**Mijnheer de Rector Magnificus,
beste collega's, studenten,
familie, vrienden, meisjes en jongens,**

Grote vraagstukken

SLIDE2 Water en zand maken fascinerende patronen op het oppervlak van Aarde en Mars. Deze patronen ontstaan waar rivieren in de loop van de tijd waaiers, riviervlakten en delta's opbouwen. Vaak draagt het leven, met name plantengroei, bij aan de vorming van deze patronen.

Er zit duidelijk regelmaat in de patronen, maar er zijn ook allerlei imperfecties en veranderingen van patroon te zien. En daar wordt ik **heel nieuwsgierig** van. **SLIDE3** Wat maakt deze patronen? Waarom worden ze niet gewoon glad geveegd en uitgewist door weer en wind en stromend water? Ontstaan ze als geheel of verspreiden ze zich vanaf één onregelmatigheid? Hoe worden ze beïnvloed door plant en dier? Welke aspecten van deze patronen ontstaan dankzij het oudere, overgeërfde landschap eronder?

De opdracht van de leerstoel proces-sedimentologie van rivier-gedomineerde systemen is om de morfodynamiek en afzettingen te beschouwen

SLIDE4 langs het continuüm van bron naar put, **SLIDE5** waaronder de subsystemen van puinwaaiers, hier op Spitsbergen, Mars en in het lab,

SLIDE6 rivieren en hun overstromingsvlakten,

SLIDE7 delta's, hier op Aarde en Mars en in het lab,

SLIDE8 tot in de benedenstroomse getijrivieren en estuaria.

In **klare taal** betekent dit dat ik als 'professor water en zand' onderzoek hoe stromend water landschappen maakt van zand en modder, van de bergen naar de monding van de rivier in zee. Dat doe ik niet alleen omdat ik ze mooi vind en nieuwsgierig ben naar hoe ze ontstaan. We hebben ook begrip nodig van deze systemen, omdat een belangrijk deel van de mensheid er op woont en ze belangrijk zijn voor soortenrijkdom en voedselketens in de natuur. Hoe kunnen we deze systemen onderzoeken, leren begrijpen en voorspellen?

Eén van de drie kerntaken van de Universiteit Utrecht is het onderwijzen van studenten en promovendi voor de arbeidsmarkt. Dat doen we onder andere door het **doen** van wetenschap. Dit maakt de wetenschap overigens al eeuwen lang tot waarde voor de maatschappij, lang voordat wijzen uit het westen de woorden 'valorisatie' en 'topsector' bedachten.

Maar hoe maken we de uitwisseling van vragen en inzichten tussen onderzoek en samenleving zo effectief mogelijk? Het motto van de Universiteit Utrecht, '**Bright minds, better future**', gaat niet alleen over studenten, maar ook over een **miljoen** Nederlandse kinderen die zullen leven met de rivieren en in de delta. Daarvoor is wetenschap nodig en daarom moeten we onze inzichten en het nut ervan in **klare taal** uitleggen. Maar doen we dat goed genoeg? Voor veel kinderen en andere leken lijkt wetenschap op tovenarij en bij een aangeklede oratie valt niet te ontkomen aan een vergelijking met Harry Potter en Professor Perkamentus. En deze vergelijking is zo **gek** nog niet: het onderwijs op Zweinstein is academisch vormend, maatschappelijk relevant (behalve het vak Waarzeggerij) en meestal erg spannend. Maar is ons hoger onderwijs dat ook allemaal? Hier ga ik straks op in.

Patronen in het zand SLIDE9

Bewegend water maakt patronen in het zand die we **zien** op het strand, in de zandbak en op satellietbeelden van Aarde en Mars.

SLIDE10 Hoe ontstaan deze patronen? Het zand wordt meegesleept door de stroming, maar pas boven een bepaalde grens, want zand is zwaarder dan water en de korrels haken in elkaar. Die korrelwrijving is goed te zien als we proberen een lawine in zand of grind te maken:

SLIDE11 het sediment stroomt pas als de helling steil genoeg is. Bij langzame waterstroming wordt daarom helemaal geen sediment meegesleept, en bij snelle stroming weinig. Een verdubbeling van stroomsnelheid geeft een veel grotere, niet-lineaire toename van sedimenttransport.

Stel nu dat er een egale laag water stroomt over een volledig vlak zandbed. Eén kleine verdieping in het zandbed geeft een grotere waterdiepte, waardoor het daar iets harder kan stromen. Er beweegt dan veel meer zand dan net bovenstrooms van de verdieping. Dat betekent dat er meer zand wegspoelt dan er van bovenstrooms bij komt, en dat geeft uitschuring. Het gevolg is dus dat de kleine verdieping groeit en benedenstrooms een zandbank ontstaat. Omgekeerd ligt de zandbank de stroming een beetje in de weg, waardoor deze nog verder aangroeit. Benedenstrooms **daarvan** komt de stroming weer samen en dat geeft opnieuw uitschuring.

SLIDE11 Kortom, het patroon van geulen en banken verspreidt zich vanaf die ene kleine verstoring.

Dit is vergelijkbaar met hoe paadjes ontstaan in een grasveld. Als mensen een paar maal de bocht door het gras hebben afgesneden, zullen meer mensen er gebruik van durven maken en wordt het olifantenpad helemaal kaal gelopen. Het spel van water en zand is ook zo'n zichzelf versterkend, morfodynamisch proces. En dit zit in de computermodellen waarmee de patronen worden verklaard en nagebootst.

Zandbanken en zingende snaren SLIDE13

Rivieren kunnen verschillende patronen hebben.

SLIDE14 Het zandbankenpatroon in een **vlechtende** rivier lijkt zowel voor het oog als wiskundig gezien op het trillen van snaren in muziekinstrumenten. De lengte van de snaar bepaalt de lengte van de staande golf en daarmee de toonhoogte. Bovenop de basistoon zit vaak nog een heel aantal boventonen, wat de klank van het instrument bepaalt.

Ik zal u dat demonstreren op de piano met een deel uit De Verzonken Kathedraal van Debussy, en daarna met iets met hele andere boventonen (PIANO)

In een rivierbedding hangt het aantal zandbanken dat naast elkaar ligt af van de verhouding van geulbreedte en diepte. Over het algemeen is deze vergelijkbaar met de verhouding van breedte en dikte van een **pannenkoek**.

SLIDE15 In relatief brede en ondiepe rivieren vormt zich zo'n vlechtend patroon, terwijl smalle en diepe rivieren maar één geul hebben. Die **kan** zich ontwikkelen tot een slingerende, meanderende rivier. Kleinschaliger zandbanken liggen als hogere boventonen op deze basale patronen.

Rivierpatronen blijven over tientallen jaren wel **globaal** hetzelfde, maar de banken, bochten en geulen **verplaatsen** zich doorlopend. Hoe dit precies gaat, is nog verre van duidelijk, maar is wel van levensbelang om te weten voor mensen die erop en ernaast wonen.

SLIDE16 Een groot probleem is dat de patronen lastig **objectief** zijn te beschrijven en nog lastiger is het om de **veranderlijkheid** daarin mee te nemen. In samenwerking met wiskundigen en natuurkundigen blijven we zoeken naar nieuwe methoden.

Zelf-bouwend rivierenland SLIDE17-22

Wat bepaalt de breedte en diepte van een rivier? De **grootte** van een rivier hangt ruwweg af van de hoeveelheid water die er over de jaren doorheen stroomt.

(SLIDE18) De breedte en diepte worden bepaald door het evenwicht tussen **afkalving** van oevers en **opbouw** van de overstromingsvlakte.

(SLIDE19-21) Tijdens overstromingen wordt klei afgezet op de overstromingsvlakte. En er groeien planten en bomen,

SLIDE22 behalve op Mars natuurlijk. Zulke oevers zijn sterker dan los zand, waardoor ze niet snel afkalven, en de meer geconcentreerde stroming de rivier op grotere diepte houdt.

Daarbij kan meandering ontstaan. Rivieren die weinig slib krijgen aangevoerd uit het achterland zijn juist breder en ondieper en kunnen gaan vlechten.

Dit idee van een rivier die meandert, omdat hij zichzelf in een keurslijf van klei en vegetatie legt, bestaat al meer dan een halve eeuw, ofschoon er ook veel onzin over is gezegd. Maar we slaagden er tot voor kort niet in om dit te **bewijzen** door het na te bootsen in experimenten en computermodellen.

SLIDE23 Maar nu is het **gelukt**. In een computermodel lijkt de wederzijdse beïnvloeding van rivier en bomen het meanderen te bevorderen. In dit riviermodel hebben we nu ook een 'bomenradar' die leven en dood van vegetatie nabootst en de stroming tegenhoudt.

SLIDE24 In een zandbak is een vlechtende rivier nabootsen kinderspel. Maar voor een meanderende rivier moet ook de vorming van een overstromingsvlakte worden nabootst.

SLIDE25 Gewone klei is veel te sterk ten opzichte van het kleine riviertje in het lab, maar gemalen steen werkte wel. In onze experimenten ging de rivier zonder steenmeel vlechten en de rivier met steenmeel ontwikkelde spectaculaire meanders.

SLIDE26 Ondertussen werden we **verrast** door een andere vondst en dat toont de kracht van experimenten. Dynamiek op de instroming bleek een buitengewoon groot effect te hebben. Toen we het water altijd op dezelfde plek de zandbak in lieten stromen, bleven de meanders klein en vrij statisch. Op het moment dat we het instroompunt langzaam verplaatsten gedurende het experiment, werden de meanders groot en dynamisch.

SLIDE27-40 Dit hebben we later bevestigd in modellen. Het laat zien dat naast water en zand ook informatie over de **kromming** van de rivier zich stroomafwaarts verplaatst. Hoe ver dit komt, en hoe dit werkt bij eb en vloed, is nog een grote vraag.

Riviersplitsingen en rivierverleggingen

SLIDE41

Splitsingen zijn belangrijke knooppunten in rivieren en delta's: hier worden water, sediment, dynamiek **en overlast** verdeeld over het benedenstroomse land.

SLIDE42-43 Vaak nam men aan dat splitsingen stabiel zijn in de zin dat de verdeling van water en sediment over de twee takken in de **tijd** hetzelfde blijft. Maar er zijn steeds meer aanwijzingen dat ze meestal **instabiel** zijn, zelfs in theoretisch ideale omstandigheden.

SLIDE44 In de afgelopen achtduizend jaar heeft de Rijn zich bijvoorbeeld zo'n negentig maal verlegd. Bij elke verlegging ontstaat tijdelijk een splitsing waarbij een van de twee takken verzandt en steeds minder water trekt en de andere juist groeit. In grote laaglandrivieren en delta's kan het duizenden jaren duren, zoals bij de verlegging van de **Rijn** van Leiden naar Rotterdam. In het Departement Fysische Geografie onderzoeken we de invloeden van klimaatverandering, ontwikkeling van vegetatie en riviermondingen in de Rijndelta, en ingrepen door de mens in de afgelopen 1000 jaar.

SLIDE45 De bestaande splitsingen van de grote Rijntakken baren me **zorgen**: vooral de Pannerdensche Kop, waar de Bovenrijn zich splitst in de Waal en het Pannerdensch Kanaal. Dit kanaal is drie eeuwen geleden aangelegd om de gevolgen van die rivierverlegging van Leiden naar Rotterdam teniet te doen. Metingen laten zien dat het splitsingspunt bij Pannerden nog steeds verandert.

SLIDE46 De roemruchte wordingsgeschiedenis van het Pannerdensch Kanaal laat luid en duidelijk zien dat een veranderend splitsingspunt tot **grote problemen** leidt door overstromingen en gehinderde scheepvaart. De verandering gaat langzaam maar kan uit de hand lopen. Als we op tijd zijn kunnen we wellicht met een kleine ingreep de onwenselijke verandering langzaam tegenwerken. Ik ben daarom van mening dat Rijkswaterstaat meer aandacht moet gaan schenken aan de langetermijn sedimentverdeling op deze splitsingen.

SLIDE47 Bekende onderzoekers zoals Christaan Huygens vier eeuwen geleden en Christiaan Brunings twee eeuwen geleden zochten de oorzaken van de veranderingen vooral in de **waterverdeling**. Huygens staat weliswaar vooral bekend om zijn ontdekkingen rond planeet Saturnus, maar had een zeer brede belangstelling. Toen ik er op de middelbare school achter kwam dat zulke personen worden aangeduid met de term '**Homo Universalis**', had mijn ambitie een naam.

SLIDE48 In hoeverre ik daarin geslaagd ben laat zich goed afmeten aan de grootte van mijn huis in vergelijking met dat van Huygens.

SLIDE49 Maar de waterverdeling is voor een belangrijk deel het **gevolg** van de ontwikkeling van de riviertakken door **sedimenttransport**, en dat wordt **niet** hetzelfde verdeeld als water. Als de bedding van een verzandende geul steeds hoger te liggen ten opzichte van de andere, verdiepende geul, moet het meegevoerde zand een steeds steiler wordende helling op. Daardoor gaat het zand de verzandende geul ontwijken, en remt de verzanding en de verdieping van de geulen af. Dit directe effect van zwaartekracht bepaalt de ontwikkeling van rivierpatronen en splitsingen. Hoe het precies werkt wil ik de komende jaren uitzoeken samen met collega's bij de TU Delft en Deltares.

Riviermondingen SLIDE50

Estuaria, oftewel riviermondingen, trekken sinds 2010 mijn aandacht bij het onderzoek naar rivierpatronen. Ik leerde over rivieren dat het **proces** van sedimenttransport de patronen en dynamiek van banken, bochten en splitsingen veroorzaakt, dat zelfvormende overstromingsvlakten met slib en vegetatie de **toon** zetten van die patronen.

SLIDE51 En dat er diverse vormen van informatie in beide richtingen door rivieren reizen: water, zand en geulkromming naar beneden, en opstuwing naar boven. In estuaria komt daar nog de werking van eb en vloed bij en de effecten van zout water. Dat roept **nog meer** interessante vragen op.

SLIDE52-55 Een fascinerend fenomeen is bijvoorbeeld dat van de **eb- en vloedscharen**, in 1950 beschreven door Johan van Veen, de geestelijk vader van de Deltawerken. Dit is een tweetal geulen waarvan de één vooral stroming bij vloed trekt en de ander juist bij eb. De grote vraag is waarom er zich niet **één enkele** grote geul ontwikkelt in plaats van twee, net als in rivieren waar dergelijke instabiele splittingsen leiden tot het verlaten van een van de twee geulen. In plaats daarvan lijken de eb- en vloedscharen elkaar te voeden en elkaar te ontwijken. In de grote bochten van de Westerschelde lijkt het alsof de impuls van de stroming het pad van het water bij eb en vloed bepaalt. Maar in onze kaarsrechte experimenten en in een computermodel ontstonden de eb- en vloedscharen ook. Dit **vraagt** om een verklaring. Mijn **gebrek** aan ervaring in dit milieu zal me helpen om de **broodnodige naïeve vragen** te stellen die tot die verklaring kunnen leiden.

Toepassingen van dit fundamentele onderzoek liggen voor de hand: de samenvloeiingen van de scharen zijn drempels waar de scheepvaart last van heeft en die vaak moeten worden gebaggerd. Vrijwel alle grote wereldhavens liggen in estuaria en ernaast is veel land in gebruik voor landbouw. Estuaria zijn **ook** belangrijke natuurgebieden die een grote rol spelen in voedselketens. Deze **tegenstrijdige belangen** leiden tot grote druk op het systeem, waarbij vooralsnog het economische kortetermijnbelang van ons het **wint** van het langetermijnbelang van de kinderen van nu: het **behoud** van natuurlijke ecosystemen.

SLIDE56 En zo, geacht publiek, rijst mijn nieuwe onderzoekslijn naar estuaria op als een **kathedraal uit de mist**, gecomponeerd uit mijn eerdere onderzoekingen van rivieren op Aarde en Mars. Van begin tot eind klinken thema's door elkaar. Met mijn muzikale team en mijn Vici-beurs zet ik dit jaar de eerste maat in met al onze instrumenten: veldwaarnemingen en satellietbeelden; geologische en historische karteringen; computermodellen en natuurlijk experimenten.

Trekken aan de staart van de leeuw

SLIDE57

Deze verschillende instrumenten vullen elkaar uitstekend aan.

SLIDE57anim De natuur is natuurlijk waar het om gaat, maar het is vaak moeilijk om oorzaak en gevolg aan elkaar te knopen doordat vele processen door elkaar heen lopen. Als we aan de staart van een leeuw trekken, zien we interessanter gedrag dan wanneer het beest ligt te suffen, maar dat is **erg** gevaarlijk. Een grote ingreep in een rivier geeft wel een groter effect dat we makkelijker kunnen zien, maar dit is duur en gevaarlijk.

SLIDE57anim Computermodellen kunnen we wel zonder gevaar voor het leven manipuleren. Maar deze bevatten een versimpelde weergave van de werkelijkheid in de vorm van natuurwetten en gedragsregels. Een computermodel doet daarom, heel braaf, **nooit** iets wat we hem **niet** van tevoren oplegden. (Een brave leeuw??) Toch zijn morfodynamische systemen zodanig ingewikkeld dat we er modellen van nodig hebben om mee te spelen en om te begrijpen wat het resultaat is van die wetten en omstandigheden in de natuur.

SLIDE57anim Experimenten met natuurlijke materialen, zoals water en zand, kunnen we ook manipuleren. De meeste omstandigheden zijn goed onder controle te houden en op te meten en de processen gaan veel sneller door de kleine afmetingen. Zo zie ik voor mijn ogen als een soort versnelde geologische film hele landschappen ontstaan en veranderen. Maar ook deze aanpak is niet probleemloos, want op deze kleine schaal gedragen materialen zich anders dan diezelfde materialen op de grote schaal in de natuur. Toch zijn we erin **geslaagd** om rivieren en delta's in vorm en gedrag na te bootsen. Sterker nog, ze hebben ons vaak, net als de natuur, echt **volslagen verrast**. En dat verwacht ik in het onderzoek naar riviermondingen opnieuw; ik **reken** erop.

De Metronoom: de nieuwe getijmachine

SLIDE58

Het nabootsen van riviermondingen in experimenten is honderdtwintig jaar lang een grote uitdaging gebleven. Er zijn, voor zover mij bekend, minder dan 10 pogingen gedaan en ze werden alle gehinderd door grote schaalproblemen.

SLIDE59 De uitgebreidste set experimenten is **120** jaar geleden gedaan door Sir Osborne Reynolds die vooral bekend was om zijn werk aan turbulentie. Hij deed fundamentele wetenschap en praktische engineering, wat laat zien dat het veel gemaakte, maar **onzinnige onderscheid** tussen fundamenteel en toegepast onderzoek **niets** van doen heeft met de echte **werking en waarde** van wetenschap.

De assistenten van Reynolds veroorzaakten totaal een paar miljoen maal eb en vloed door de waterstand van de 'zee' handmatig **op en neer** te draaien. Het probleem met deze methode was dat het zand vooral met eb bewoog en nauwelijks met vloed, terwijl in de natuur dan ongeveer evenveel zand beweegt.

SLIDE60 Ik heb een ander principe bedacht. Door een lange bak regelmatig **heen en weer** te kantelen, is de helling afwisselend zeewaarts en landwaarts gericht en ontstaat in beide richtingen **evenveel** stroming en zandtransport. De eerste test van dit idee deed ik op een dienblad. De volgende deed ik op een vierkant tafeltje, waar we een poot van hadden afgezaagd zodat het blad kon wiebelen. Inmiddels hebben we een drie-en-een-halve meter lange kantelbak in gebruik.

SLIDE61 Met deze eenvoudige maar vernieuwende getijmachine zag ik **schitterende** stukken Waddenzee en riviermondingen in het klein ontstaan. Ze bleven bovendien doorlopend in beweging, net als in de natuur maar in tegenstelling tot veel computermodellen en de oudere experimenten. Het nieuwe idee lijkt dus te werken, maar om dit beter te testen ...

SLIDE62-64 bouw ik nu een nieuwe getijmachine van twintig meter lang en drie meter breed: de Metronoom. In theorie is ie dit jaar al klaar.

Aanschouwelijk, inzichtelijk en vormend onderwijs SLIDE65

Experimenten zijn betoverend mooi en **inzichtelijk** om naar te kijken. Wie heeft er nu geen ervaring met water en zand? Daarbij is het gebruik van een **controle**-experiment een fundamentele wetenschappelijke methode die heel vaak, en succesvol wordt toegepast. Toch zijn er veel leken, studenten en wetenschappers die het nut van die controle niet begrijpen, maar gelukkig is het in **klare taal** uit te leggen.

SLIDE66 Een echte Nederlandse pannenkoek bakken we van beslag, gemaakt van meel, melk en ei. Wat doet dat ei eigenlijk? De meeste mensen denken dat het ei **stolt**, en daarmee de pannenkoek zou **binden**. De meeste mensen hebben het dus **niet** onderzocht. De experimentele manier om dit eerlijk te onderzoeken is natuurlijk door een pannenkoek **zonder** ei te bakken, maar ook een **met** ei als controle.

Ik denk dat onze studenten nog veel meer kunnen bereiken als we ze vroegtijdig leren hun eigen onderzoeksvragen goed en uitvoerbaar te stellen, zoals met dit hele eenvoudige voorbeeld.

SLIDE67 In het algemeen is de **kwintessens** van wetenschap **nieuwsgierigheid** en een kritische houding. Deze academische houding is nuttig in je eigen leven en hard nodig in alle sectoren in de samenleving. Hoe kunnen we ons universitaire onderwijs meer academisch vormend maken voor onze studenten? Ik hoorde recent de goed bedoelde opmerking: “als je onderzoek goed is, is je onderwijs ook goed”. Maar dat is vergelijkbaar met de redenering, dat als automonteurs goede auto’s afleveren, zij ook goede rijinstructeurs zijn. Dit is een **drogredenering**, want dat we toponderzoek van wereldformaat doen sluit niet uit dat we didactisch gezien nog in de **steentijd** zitten. Er gebeurt veel goeds in onze opleiding, maar het kan nog veel beter en de mogelijkheden liggen voor het oprapen. Bijvoorbeeld: de basis- en seniorkwalificaties van docenten zouden wellicht om de vijf jaar opgefrist moeten worden met nieuwe didactische inzichten.

En waarom gebruiken we niet de wetenschappelijke aanpak voor kwaliteitscontrole en verbetering van onderwijs? Vakken worden nu geëvalueerd door studenten na afloop van elk tentamen. Maar dat levert slechts de kortetermijn ‘**verkoopcijfers**’ op. Elk stukje **wetenschap** wordt daarentegen blootgesteld aan internationale controle en kritiek op congressen en in peer-review. Zou het niet een goed idee zijn om formeel tijd uit te gaan trekken voor het delen van van geslaagde en **gefaalde** ideeën voor goed onderwijs? En zouden we niet **elk vak en elke docent** bloot moeten stellen aan constructieve kritiek van peers uit aanpalende vakgebieden en uit de didactiek? Ik wil dat graag gaan **uitproberen**.

De ontwikkeling van academische vaardigheden bij studenten gaat me nu nog wat teveel tussen neus en lippen door. Hierdoor worden veel studenten te laat eigenaar van hun academische vormingsproces. Er zit best lucht in het programma: teveel studenten besteden volgens evaluaties slechts vijftwintig uur per week aan hun studie in plaats van het dubbele. Dit probleem vraagt niet om de perverse prestatieafspraken over slagingspercentages met de Staatssecretaris van OCW. Het vraagt om **zinnige wortels en stokken** voor studenten én docenten.

Als bijdrage daaraan ontwikkel ik samen met collegae, promovendi en studenten nu het nieuwe eerstejaars vak 'Tijd en causaliteit in de aardwetenschappen'. Het vak heeft als hoofddoel de vroegtijdige, bewuste ontwikkeling van academische houding, vaardigheden, en inzicht in centrale concepten in de aardwetenschappen.

Van peuter tot postdoc SLIDE68

Wetenschapsbewustwording is voor **iedereen** van belang en niet alleen voor de Huygens', Brunings', Reynolds' en van Veens. **Alle** kinderen van nu hebben vaardigheden nodig die passen bij de eenentwintigste eeuw, om keuzes te maken over gebruik van kennis en technologie, voor zichzelf en voor een duurzame samenleving.

SLIDE69 Lang hebben universiteiten gedacht dat toekomstige academische talenten het beste worden geworven aan het einde van de middelbare school, maar dat is veel te laat. Kinderen verliezen al aan het begin van de basisschool hun **nieuwsgierigheid** naar wetenschap en technologie. Daarnaast strandt driekwart van alle hoogbegaafde 'bright minds' voor die 'better future' al vroeg in de schoolcarrière. Het **grote probleem** is dat nieuwsgierigheid en leren door eigen onderzoek worden **ontmoedigd** door het **hele** systeem.

De blaam voor het falen van W en T -onderwijs wordt vaak neergelegd bij de leerkrachten. Maar dat lijkt op de redenering dat het aan de stakende schoonmakers lag dat de treinen en stations eerder dit jaar zo vuil waren. Onderwijs is een zaak voor de politiek, voor commerciële uitgeverijen die de methoden maken, voor de lerarenopleidingen, voor schoolbesturen en directeuren, en voor ouders. Maar deze partijen zijn meestal **onbewust onbekwaam** op het gebied van W en T. Primair onderwijs **moet** daarom ook een taak zijn voor ons, de wetenschappers, want wie anders kan **beter** uitleggen wat de werking en waarde van wetenschap is?

SLIDE70 Daarom hebben we Wetenschapsknooppunten opgericht bij de meeste universiteiten.

SLIDE71 Bij ons Wetenschapsknooppunt in Utrecht komen leerlingen zelf onderzoek doen in het Universiteitsmuseum, de oude Hortus en de Botanische Tuinen.

SLIDE72-73 Ook doen we er Expeditie Moendoes, een spel dat kinderen een verzonnen wereld laat onderzoeken **als wetenschappers**. Belangrijker is nog dat we de onderwijzers onderwijzen op het gebied van W en T -onderwijs.

SLIDE74 Het mes snijdt bovendien aan twee kanten: toen ik de werking en waarde van mijn wetenschap in klare taal kon uitleggen aan leerkrachten op de basisschool, werden zowel mijn onderwijs als mijn interdisciplinaire samenwerking er veel beter van. Daarom professionaliseren we nu ook wetenschappers op het gebied van het **laten ervaren** van de **werking** van wetenschap.

En laten we de kinderen **zelf** niet onderschatten. **Daar** zitten ze! Kinderen zijn **geboren** onderzoekers met oog voor maatschappelijke waarde. Een citaat, bij een rivierexperiment op basisschool De Ontdekkingsreis: “Dus als je veel bomen laat groeien naast de rivier krijg je meer overstromingen?”. En een kind op basisschool De Klokbeker: “Het leren bij dit project is zo leuk omdat er geen antwoorden zijn. Je gaat zelf op zoek naar één van de antwoorden. In de overige lessen die we op school hebben is altijd één antwoord het juiste antwoord.” Diezelfde antwoorden in de wetenschapsbijlage van de kranten bereiken maar weinig mensen en die zijn dat een paar dagen later weer vergeten. Maar met onderzoekend leren kunen de levens van een miljoen kinderen blijvend veranderen. En de universiteit komt ermee in beeld bij een groot en dankbaar publiek.

Onze toekomst in het lage land... *hebben* we een toekomst? SLIDE75

Ons land kan overstromen door opstuwing van de Noordzee bij storm, door hoogwaters in beken en rivieren, en omdat de vloed in de mondingen tot meters boven zeeniveau opzweept.

SLIDE76 Ondertussen stijgt de zeespiegel **deze eeuw** een halve tot een hele meter. Tegelijkertijd zakt het land in, omdat de dijken de natuurlijke opslibbing tegenhouden die het inzakken nog enigszins had kunnen compenseren.

SLIDE77 In de Hedwigepolder is ruimte teruggegeven aan de natuur met als doel om de waterstanden te dempen. Deze postzegel in het landschap zet nauwelijks zoden aan de dijk, maar ligt al zo gevoelig dat geen politicus nu haar handen aan iets groters zal willen branden. Dus is het denkbaar dat de lage landen **deze eeuw** door de **zee** worden ontruimd met een paar flinke overstromingen; niet alleen in Nederland maar overal ter wereld. Hogere dijken **zijn** niet voldoende als bescherming, want de rivieren moeten toch in zee uitstromen, en voor de **natuur** zijn dijken een soort Berlijnse **Muur**.

SLIDE78 Het is niet ongebruikelijk om bij een oratie een **groots plan** aan te kondigen dat het allemaal oplost met technologie. Dat zet net zomin zoden aan de dijk als stellen dat we planeet Mars ook nog hebben als reserveplaneet voor als we het hier helemaal verpest hebben. Zulke verhalen zijn wel geruststellend, maar net zo realistisch als ‘**Barbapapa** redt de dieren’. Maar wat dan **wel**? Allereerst zullen we toch echt veel zuiniger met de aarde moeten omgaan dan we nu doen, ook al gaat dat ons heel veel kosten.

SLIDE78 anim Daar**bij** hebben we een wetenschappelijk onderbouwde totaalvisie nodig op ecologie en economie voor de komende eeuw, en verdediging tegen water, van de bovenrivieren tot in de zee. Daarvoor zijn kennis en ideeën nodig van universiteiten en kennisinstellingen; begrip van de werking en waarde van wetenschap in de maatschappij, durf bij verantwoordelijke politici. En **volledige** regie bij een landelijke, niet-commerciële instelling met kennis en inzicht in al deze zaken. Dit **is realistischer** dan planeet Mars bewoonbaar maken, en **wellicht** zelfs haalbaar.

SLIDE79 Misschien kunnen we leren van het project Ruimte voor de Rivier. Meer dan veertig maatregelen langs de grote rivieren maken meer ruimte voor het water en de natuur. Dat was duur voor de belastingbetaler en heel vervelend voor de mensen die moesten wijken, maar het is nodig en dat moeten we blijven uitleggen. In hoeverre alle doelen gehaald worden gaan we met veel rivierkundigen samen de komende jaren evalueren.

SLIDE80 Wellicht kan het idee worden aangepast: Ruimte voor Riviermondingen. Ik denk daarbij aan opslibbende, begroeide schorren (de '**waker**' van de kust), daarachter hoger gelegen natuurgebieden (de '**dromer**') en dan de dijk (de '**slaper**'). Niet ingericht met een hele reeks inconsequente compromissen en lokale postzegels, maar opgezet langs grote lijnen.

Hiervoor moeten we wel wetenschappelijke vragen beantwoorden. Het gedrag van geulen en platen bepaalt mede die waterstanden, maar hoe precies? Er is veel slib aanwezig, maar houdt dat de zeespiegel bij? Hoe ver kunnen geulen zich inscharen in de oevers? Hoe breed moeten de waker-, dromer- en slaper-zones dus zijn? Aan enkele van deze vraagstukken hoop ik de komende jaren te kunnen werken.

Luctor et submergo? SLIDE81

Hebben we **nu** voldoende mogelijkheden voor een landelijke visie en landelijke regie gebaseerd op kennis en inzicht? Ik vind het zeer **zorg**wekkend dat Rijkswaterstaat al jaren geleden het Rijksinstituut voor Kust en Zee en het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling heeft opgeheven. We krijgen signalen dat op dit moment nog veel meer medewerkers met inhoudelijke expertise worden ontslagen. In reactie op de roep van de **kiezer** om een goedkopere overheid ontwikkelt Rijkswaterstaat zich naar eigen zeggen nu tot een regisseur en opdrachtgever, waarbij kennis en expertise uit de markt moeten worden gehaald.

Maar **zo** werkt 'kennis' **niet**. Men consumeert kennis **niet** door het schrijfwerk van anderen te lezen, en **kennis-met-begrip** al helemaal niet. **Begrip** is essentieel voor kennis, toepassing en landelijke regie. Begrip krijgt men door wetenschappelijk onderzoek te **doen**: tijdens opleiding en in het werk. **Onze** nieuwe wetenschap komt via afgestudeerden en gepromoveerden direct terecht in de markt. Daar wordt vaak goed werk gedaan maar ik vind het **gevaarlijk** om de regie op de toekomstige waterstaat **structureel** neer te leggen in **ad-hoc** opdrachten bij **commerciële** instellingen.

Deze zorg is niet nieuw: **vóór** de watersnoodramp van 1953 moest Johan van Veen keer op keer weer vechten voor het voortbestaan van zijn studiedienst in Rijkswaterstaat, die hij nodig had voor de Deltawerken. Ik vraag me af of het niet heel gezond zou zijn als er veel **meer** goede onderzoekers werken bij een **serieuze** studiedienst. Die kunnen dan **beter** de halve bruggen slaan naar de universiteiten en onderzoeksinstituten, naar Deltares en het bedrijfsleven. En wij staan **graag** klaar met de opgeleide mensen en met de andere helft van die brug.

Aan de einder SLIDE82

Ik dank het College van Bestuur, de faculteit en het departement voor hun vertrouwen in mij, en mijn studenten en promovendi voor hun **grote** bijdragen aan het onderzoek en onderwijs in onze groep. Ik dank mijn vele collega's in Utrecht en in andere instituten, in de aardwetenschappen en ook daar **ruim** omheen, voor de stimulerende samenwerking en collegialiteit.

Dank ook aan mijn mentoren van vroeger en nu: Janrik van den Berg, Wilfried ten Brinke, Hugo van Woerden, Leo van Rijn, Ward Koster, Piet Hoekstra, Gary Parker, Chris Paola, George Postma, Steven de Jong, en Hans Middelkoop.

Ik heb veel geluk gehad met de hulp en steun van een grote groep **vakmensen**, niet-wetenschappers, zonder wie ik **bar** weinig voor elkaar had gekregen, in het bijzonder Henk Markies, Marjan Rossen en Paul Vrijbergen, en nog veel meer technici, computerkundigen, kunstenaars, hortulani, secretaresses, diverse soorten managers en functionarissen van het departement en heel veel andere instituten. Ik wilde dat ik tijd had om al deze mensen bij naam te noemen maar u hoort zo al dat mijn wetenschap **teamwork** is.

Ik dank mijn vader en broer, mijn familie en vrienden voor hun blijvende steun en gezelligheid, en Basisschool De Ontdekkingsreis omdat ik af en toe hun gastmeester mag zijn. Madieke, Gijsbert en Hester: die kathedraal van mij zou wegzinken in de slappe modder **zonder** jullie, mijn **fundering**. Geacht publiek, wat **fijn** dat u er bent!

Ik dank u allen voor uw aandacht en eindig met de volgende samenvatting:

Denkend aan Holland zie ik **woeste** rivieren
vraatzuchtig door **dicht** begroeid landschap slaan,

treinen resonante bochten en banken
in banen van zand naar **zee** toe gaan,

dijken, steden, havens met schepen
en **ontkrachte** natuur in **ontwricht** verband,

rijen nog **ongedachte** ideeën als **wachters**
bij het kerende tij aan de **einder** staan,

dringend om **op** te komen in het machtige **spel**
in Metronoom en **model** met water en **zand**.

Van **peuter** tot **postdoc** worden **kleurige** talenten,
in **spelen** en leren ontsproten, **aangeboord**

en in **alle** sectoren worden **werking** en **waarde**
van ons onderzoek **verwacht** en **gehoord**.

Ik heb gezegd.