



Meneer de Rector Magnificus, leden van het College van Bestuur, lieve familie, vrienden, collega's en studenten, dames en heren

Dezer dagen is de tunnelboor in Amsterdam begonnen met boren, een hoogstandje van ingenieursvernuft. Onze tunnelbouwers zijn er trots op. Onder de groene zoden begint het pas. Vorig jaar november nodigde Johan Bosch, hoogleraar Ondergronds Bouwen hier aan de TU Delft, mij uit om een kijkje te nemen bij de bouw van de Noord-Zuid-lijn, waarvan hij directeur is.



Dat was een buitenkansje, want daar mag je niet zomaar in, en ik wou best eens onder de stad kijken waar ik vroeger heb gestudeerd. Johan leidde mijn zoon Sal en mij langs de hekken, trapje af, tot vijftien meter onder het Rokin, en we waren in een andere wereld, weg van de toeristen en de trams. Daar, in wat de ondergrondse parkeergarage moet worden, werd een onmetelijke ruimte opgehouden door indrukwekkende stalen damwanden, gesteund door ronde horizontale stalen balken. U moet mij mijn niet-technische termen maar vergeven, want mijn best bewaarde geheim is natuurlijk dat ik dertien jaar aan de Technische Universiteit heb gewerkt zonder zelf ingenieur te zijn.

De reden dat ik zo graag naar beneden wou was dan ook niet om die damwanden te zien, maar juist die ene plek waar géén damwanden waren, aan de uiterste noordkant van de bouwput. Daar was een stukje van de ondergrondse geologie van Amsterdam te zien. Onderin zat een zandlaag, de eerste zandlaag waarop de palen van veel Amsterdamse huizen rusten. Daarbovenop lag met een hele scherpe overgang een dun pakket veen en fijngelaagde klei. Het beroemde basisveen!



Ik liep op de ontsluiting toe, voelde aan het zand, het veen, de klei, ontwaarde tere schelpjes, graafgangen van beesten, en fotografeerde erop los.



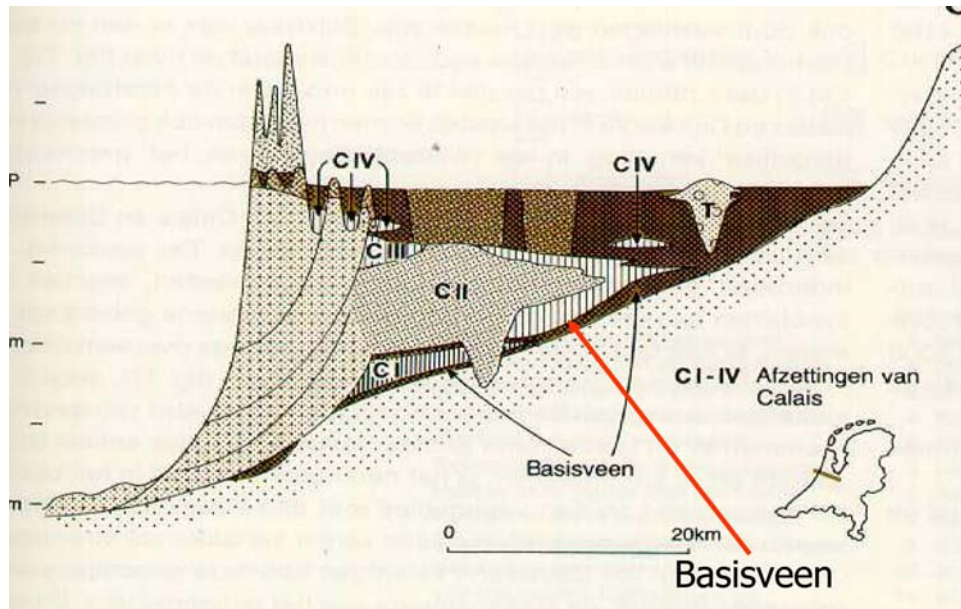
Johan was verbaasd dat ik er geen monsters van nam: Ga je er dan geen onderzoek op doen? vroeg hij. Nee, dat was ik niet van plan, dat hebben vele anderen al vóór mij gedaan. Maar niet uit een ontsluiting, alleen uit boringen, dat is veel minder spannend. Nu kon ik het basisveen echt *zien*! Het was een ontroerend moment.

Meester Pieter Pieterszoon Ente uit Halfweg was de eerste die dit veen aanschouwde - bijna vierhonderd jaar geleden, in 1605, bij het graven van een waterput bij de Oudemanhuispoort. De eerste wetenschappelijke boring ter wereld! Dit is zijn beschrijving.

Op de eerste dag boorde men door 51 voet opgehoogde aarde, prut en veen, weke klei, zand en iets hardere klei. De tweede dag ging men door een laag van 22 voet zand, waarop in Amsterdam de meeste huizen zijn gebouwd; voorts door blauwe klei, wit zand, zavel en molm. De derde dag groef men door 14 voet louter zand. De drie volgende dagen kwam men 55 voet dieper. Eerst werd zand met klei aangetroffen, daarna zand met schelpen en slakkenhuisjes, vervolgens harde klei, doorgaans met schelpjes vermengd en soms onvermengd. De zeven dagen daarna groef men door 62 voet meest harde klei en op het laatst door 13 voet zand, meest met steentjes vermengd. De acht laatste dagen groef men door 28 voet louter zand.

Aangezien een Amsterdamse voet 0,283 m bedraagt ligt de overgang van “prut en veen” naar zand bij hem op 14 meter, dat klopt aardig met wat wij daar zagen. Deze beschrijving is zo beroemd geworden, dat hij zelfs letterlijk geciteerd werd in een Russisch boek uit 1755 *О слоях земных*, over aardlagen, van Michail Vasiljevitsj Lomonosov, de stichter van de Moskouise Staatsuniversiteit – overigens zonder bronvermelding. Krijgen we net zo’n nauwkeurige rapportage bij het boren van de Noord-Zuidlijn?

Maar wat *betekenen* dat zand, dat veen en die klei eigenlijk? Want als geoloog wil je niet alleen maar kijken hoe het eruitziet, maar ook begrijpen wat je ziet. Het zand, dat is het landoppervlak van de laatste ijstijd. Het was een periode waarin Nederland een diepbevroren poolwoestijn was, en de Noordzee drooglag omdat de zeespiegel dramatisch was gedaald, wel 120 meter. Er lag geen ijskap in ons land, die lag veel verder naar het noorden, in Denemarken en Noord-Duitsland. Harde ijsskoude winden rond die ijskap bliezen het zand van de droge zeebodem voort en zetten het als dekzand en sneeuwduinen af. Dat is het onderste zand. Dat is op zichzelf niet zo bijzonder, want in grote delen van Oost-Nederland kunnen we ditzelfde zand aan het oppervlak zien liggen. Maar hier ligt het begraven onder veen en klei.



Dat veen dateert niet uit de ijstijd, maar vertegenwoordigt de opwarming daarna. Het vertelt het verhaal hoe de zeespiegel is gestegen door het afsmelten van de ijskappen. Als de zeespiegel stijgt, stijgt het grondwater op het land ook. Daardoor ontstaan natte plekken op het land, en uiteindelijk ook veen. Hoe hoger de zeespiegel stijgt, des te verder landinwaarts ligt het veen. De kleilaag met schelpjes die eroverheenligt, vertelt het eigenlijke binnendringen van de zee toen de zeespiegel nog verder steeg. Als je de leeftijd van het veen bepaalt, kan je dus ook bepalen hoe snel die zeespiegel de laatste tienduizend jaar is gestegen.

Nederland had de wereldprimeur van dat soort onderzoek, en daarom is het Basisveen beroemd geworden.

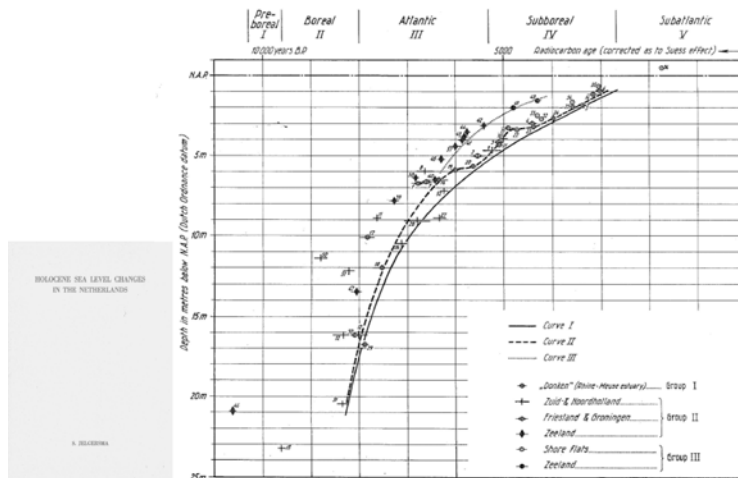
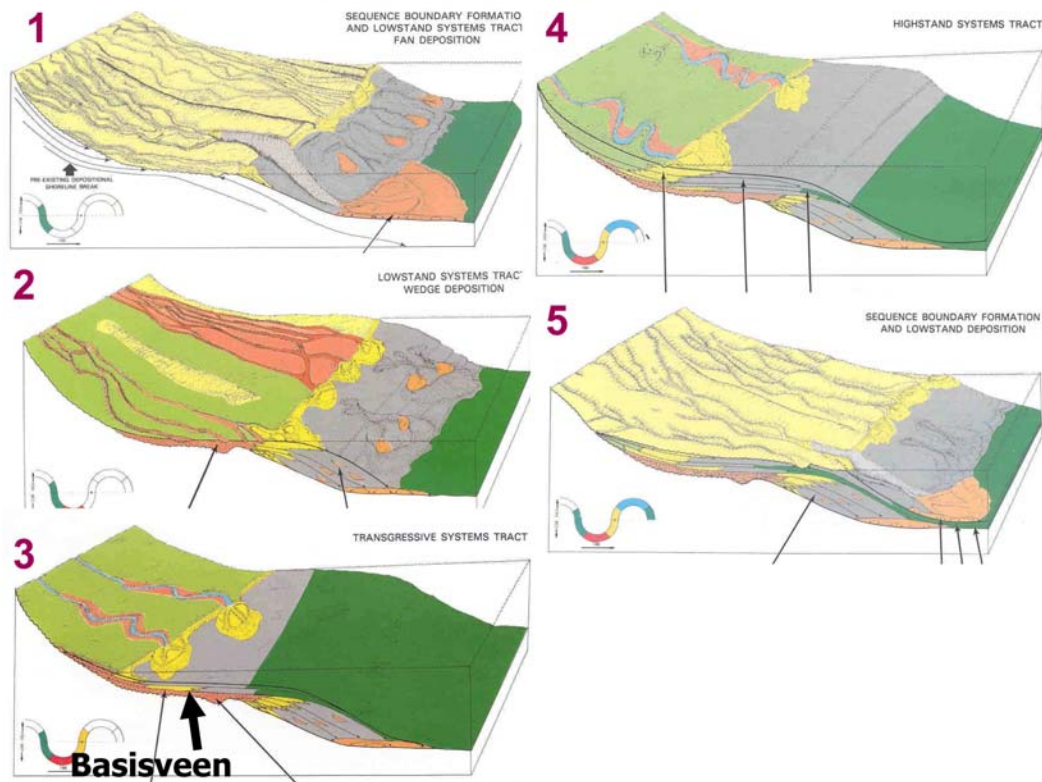


Fig. 23.
Time-depth graph with curves of relative changes in sea level (Sum offset, 300 years, added to all datings)
Zeespiegelrijzing na de laatste ijstijd (Jelgersma, 1961)

Het was het proefschrift uit 1961 van Dr. Saskia Jelgersma van de Rijks Geologische Dienst, Kiek voor ingewijden. Er waren wel eerdere pogingen gedaan om dat te doen, met behulp van stuifmeelkorrels, maar aangezien de leeftijd daarvan niet precies bekend was ging het om niet meer dan ruwe schattingen. Jelgersma was de eerste ter wereld, die systematisch met de in 1949 ontwikkelde koolstof-14 dateringen de veenlaagjes in verschillende boringen dateerde. Daaruit blijkt dat de zeespiegelstijging eerst snel ging, en daarna steeds langzamer. Ook kan je eraan zien dat de bodemdaling die tegelijk optrad, in Zeeland minder snel ging dan verder naar het noorden. Henk Berendsen uit Utrecht heeft het onderzoek van Kiek Jelgersma een paar jaar geleden nog eens op dezelfde plaatsen overgedaan, en het blijkt dat ondanks alle verbeteringen in de dateringstechnieken van de laatste veertig jaar Jelgersma's curve nog steeds staat als een huis. Zulke gegevens uit het verleden zijn ook uiterst belangrijk om de door het IPCC, het KNMI en de Deltacommissie voorspelde zeespiegelstijging van de toekomst in het perspectief van het verleden te kunnen zien.

Ook mijn Delftse studenten, onze toekomstige petroleum ingenieurs had ik het basisveen graag laten zien. Begrip van zeespiegelveranderingen zijn onontbeerlijk om olie- en gasreservoirs te bestuderen: de zogenaamde *sequentiestratigrafie* is er helemaal op gebaseerd.



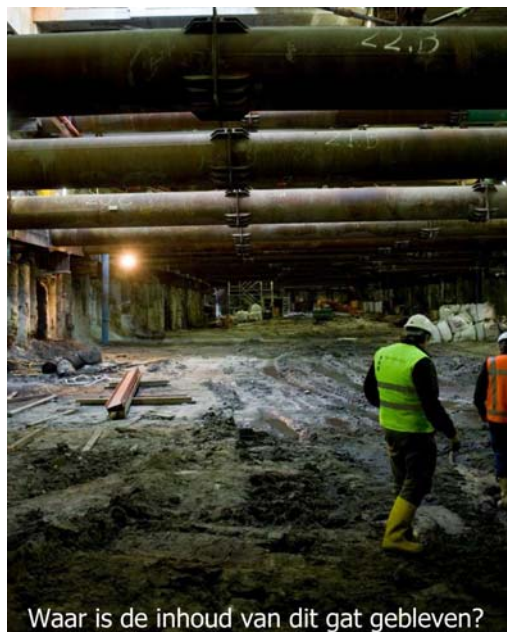
Zo'n zandoppervlak met klei eroverheen heet een *sequence boundary*, een *marine flooding surface* of een *transgressive ravinement surface*. Ik zal u de verschrikkelijke terminologie, bedacht door dyslectische Amerikaanse oliegeologen verder besparen. Maar oliegeologen zien dat soort oppervlakken in hun seismische profielen, en gebruiken ze voor de planning van de olieproductie in hun veld.

Dat bedacht ik allemaal toen ik dat Basisveen zag in de toekomstige parkeergarage onder het Rokin. Veertig jaar lang heb ik in allerlei college's verteld over het basisveen, en nu pas zag ik het in het echt. En als een flits schoot toen door mij heen: wat zonde dat die verdomde ingenieurs dit unieke stukje geschiedenis van de Nederlandse ondergrond straks volspuiten met beton, en dat niemand dat ooit meer zal kunnen zien. Niet alleen een uniek stuk *geologische* geschiedenis, maar ook een uniek stuk *wetenschapsgeschiedenis*. Wat een gemiste kans! Het Basisveen en Saskia Jelgersma verdienen een monument! Hier had het kunnen staan!



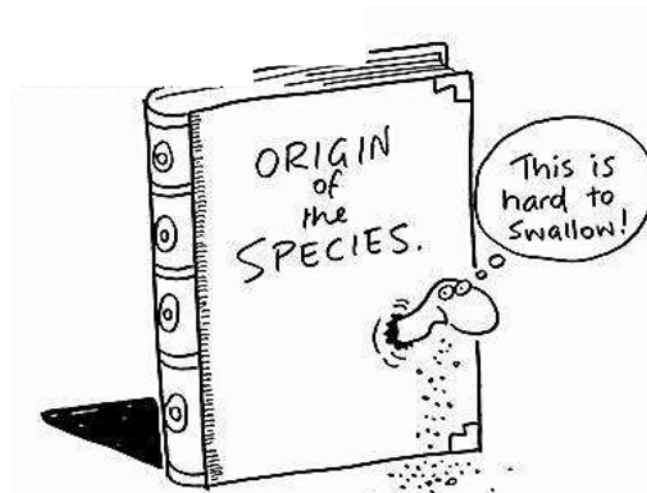
Ook bij de bouw van de Velsertunnel in de jaren vijftig zijn fantastische gegevens verzameld. Daar ligt het Basisveen wel 20 meter diep, het is het oudste dat we hebben, meer dan 8000 jaar oud, maar waar kan je het zien?

En tegelijk flitst er nóg een gedachte door mij heen: al het materiaal dat hier al uitgegraven is, is onherroepelijk verloren voor de bestudering van de geologische geschiedenis van Amsterdam.

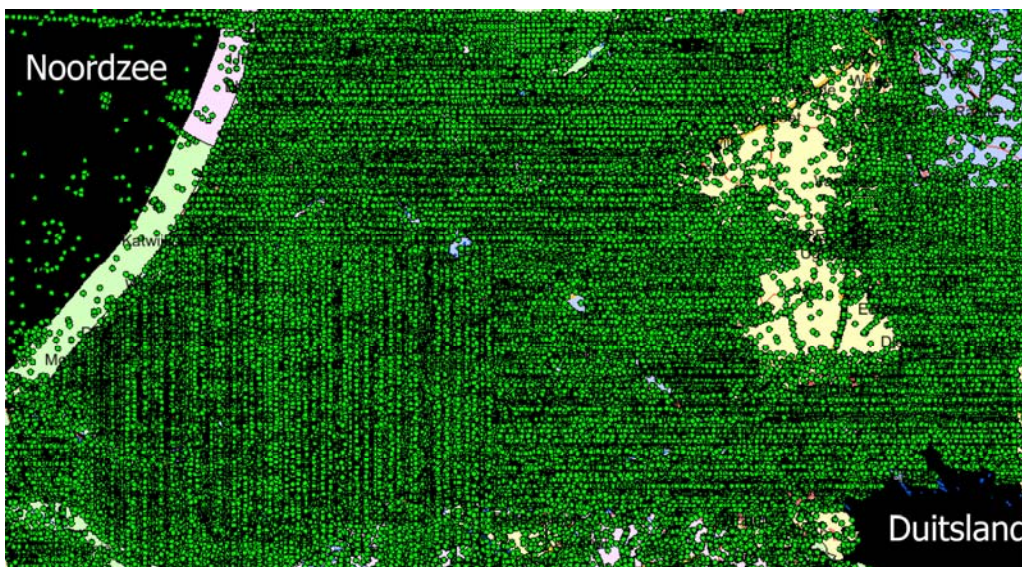


Wéten we eigenlijk wel wat we weggehaald hebben? Wat voor gegevens zijn ermee verloren gegaan? Want eigenlijk hebben wij een enorm stuk archief over de ondergrond weggegraven. De aarde is haar eigen geschiedenisboek, en daar is er maar één van. Elk stuk dat uitgegraven wordt is een bladzijde die uit een uniek boek wordt gescheurd.

Stel je voor, dat van Lou de Jong's boeken over de Tweede Wereldoorlog, of van *The Origin of Species* maar één exemplaar zou bestaan, en een boekenwurm boort er een gat in: dan verdwijnt een klein deel van de informatie onherroepelijk.



In Nederland zijn in de loop der tijden 400.000 boringen gemaakt. Je kunt ze wel allemaal digitaal raadplegen op dinoloket.nl, maar zelf bestuderen kan in de meeste gevallen niet meer. En de dichtheid van die boringen is zo groot dat het een wonder mag heten dat er in Nederland überhaupt nog grond tussen de boorgaten overblijft.



En waar is het uitgegraven materiaal van de Noord-Zuidlijn naar toegegaan? Het is onherkenbaar geprakt, vermalen en dooreengemengd, en vermoedelijk gebruikt om nieuwe eilanden als IJburg mee te bouwen. Het is een nieuwe grondstof geworden, waaruit alle sporen van de vroegere geschiedenis zijn verdwenen. Iemand heeft op de *reset* knop gedrukt.



<http://www.pbase.com/buiter/image/111632694>

Het doet mij denken aan die zielige amateurgeologen die gretig het opgespoten zand van de Tweede Maasvlakte uitgeven op zoek naar fossielen die opgezogen zijn uit de bodem van de Noordzee – en waarvan niemand ooit zal weten uit wat voor lagen ze afkomstig zijn. Armzalige losse letters uit een voorgoed vernield geschiedenisboek.

In feite laten alle delfstoffen een gat in de aarde achter. Het ijzer van de steunbalken in de ondergrondse parkeergarage op het Rokin heeft een gat achtergelaten in de ijzermijnen van Australië of Brazilië. Het beton dat het basisveen zo genadeloos bedekt komt uit kalkgroeven in Limburg of België, en het bijgemengde grind uit de grindgaten van de Rijn en de Maas. Overal gaten.



De olie die gebruikt wordt voor de generatoren, het asfalt op het Rokin, het afdichtplastic: het komt allemaal uit leeggezogen olie-en gasvelden. Alleen hout laat geen gaten achter, alleen een minieme afname van het CO₂ gehalte in de atmosfeer, en dat nog tijdelijk. *If it's not grown, it is mined.*

Wij hier in Delft weten daar alles van af. De Oude Delft waar de stad zijn naam aan dankt is gedolven, de Voldersgracht is gegraven, zonder delven en graven begrijp je de geschiedenis van Nederland niet. Geen wonder dat juist hier de Delfstofkunde wordt onderwezen. De Vinkeveense plassen, de Loosdrechtse plassen, zo geliefd bij watersporters, zijn eigenlijk uitgemijnde turfgraten. De gaten van onze kolenmijnen en mergelgrotten zakken nog steeds in, en de inzakking van onze gasvelden in Groningen en van de zoutcavernes is in volle gang. Ten behoeve van de energievoorziening heeft Nederland zichzelf vanonder vrijwel uitgehold. Een wonder dat we er nog niet geheel in zijn weggezakt.

Maar we hebben er wat op gevonden! Want we gaan de gaten weer opvullen! Met afval. Huisvuil, afval van kerncentrales, tijdelijk overtollig aardgas en CO₂. We zijn er alleen nog niet zo mee opgeschoten. In Duitsland wel. Daar ligt in Morsleben 37000 kuub radioactief afval opgeslagen in een oude zoutmijn. Alleen dreigt het dak nu te bezwijken en nu moeten ze het opvullen met zout, vliegas, cement en water om het niet helemaal in te laten storten. Kosten: meer dan twee miljard euro.



Opslag kernafval
in Asse zoutmijn, Duitsland

En in Asse, ook in Duitsland liggen 124000 vaten radioactief afval zo ongelukkig in de zoutkoepel dat ze onder water dreigen te lopen. Vanwege het plutonium dat erbij zit hadden de vaten 240.000 jaar moeten blijven liggen, maar ze worden nu al opgegraven om ze beter op te bergen. Je kunt wel betere dingen bedenken om in zoutkoepels te maken: dit is de ondergrondse zoutkathedraal van Zipaquirá in Colombia.



Catedral de la Sal, Zipaquirá, Colombia

En wij willen CO₂ in Barendrecht opslaan, en op nog veel meer plaatsen. Wij vinden dat we teveel CO₂ uitstoten, en dus moeten we het weer kwijt. Of misschien moet ik niet wij zeggen, maar de *politiek* wil dat.

Barendrecht: 1000 ton CO₂ opslag per dag



CO₂ onder de grond? Niet doen!

Als het niet helpt voor het klimaat is het weggegooid geld

Ik hoor niet bij die wij, ik vind het onzin, maar dat wist u waarschijnlijk al. De menselijke uitstoot van CO₂ heeft nog steeds geen aantoonbaar effect op het klimaat en de zeespiegel, en het in de grond stoppen van CO₂ dus ook niet. Het klimaat gehoorzaamt ons niet, en alle maatregelen die wij nemen om het klimaat te beïnvloeden zijn daarom waarschijnlijk weggegooid geld. Bovendien is CO₂ de grondstof van het leven, waarom noemen we het dan afval? We willen in Barendrecht 1000 ton CO₂ per dag in de grond pompen. Dat is net zo veel als er CO₂ per dag wordt *uitgestoten* door de Solfatara vulkaan bij Napels. Een kurk op de krater, en het effect is hetzelfde.



Maar ik wil deze discussie hier niet verder oprakelen, dat heb ik elders al genoeg gedaan.

Waarom doen we dit dan? Waarom stoppen we ons afval onder de grond?

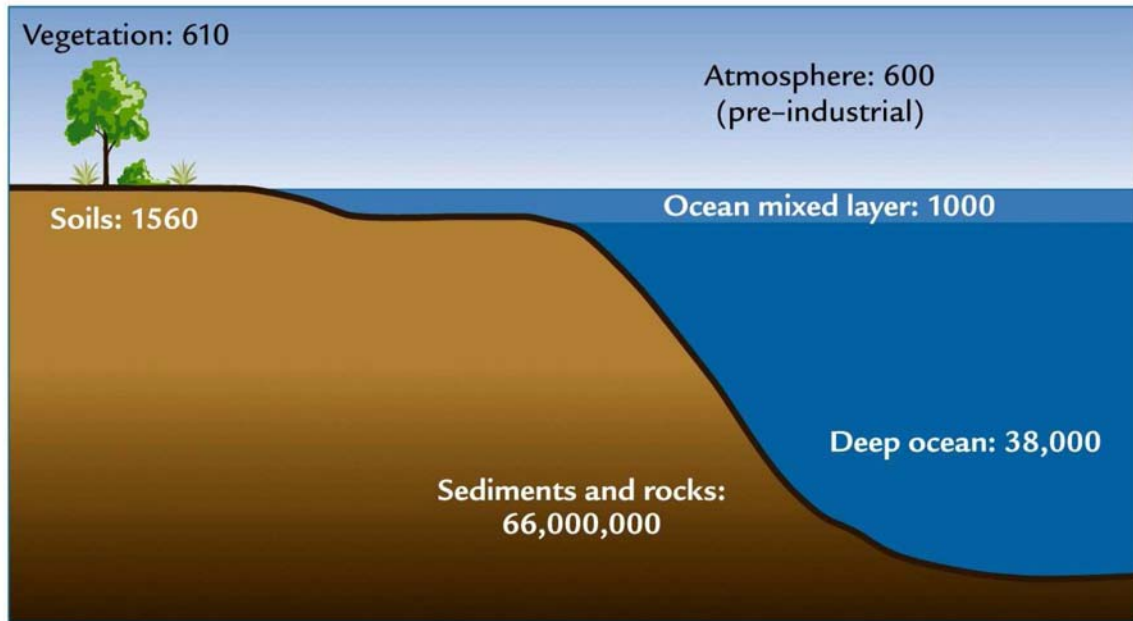


Omdat we onze leefomgeving schoon willen houden. De lucht moet schoon, de rivieren moeten schoon, de zee moet schoon, vervuilde bodems moeten worden gesaneerd. De bossen, de velden, de wegbermen moeten schoon, en de stoep van Balkenende moet ook schoon. Waar moeten we dan naar toe met het zojuist verwijderde vuil? In de ondergrond!, zeggen we.



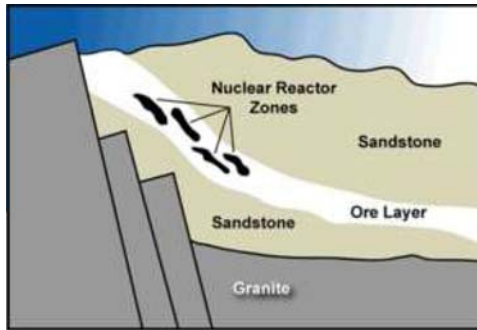
Maar moet de *ondergrond* dan niet schoon zijn? Waarom krijgt de ondergrond alles toegeschoven waar wij van af willen? Omdat de ondergrond ondoorzichtig is, zodat alles wat het daglicht niet kan velen aan het oog onttrokken is? Is dat niet de hypocrisie ten top?

CO₂ is overigens ook geen afval in de ogen van de aarde zelf, want in de ondergrond zit meer dan duizend keer zoveel CO₂ als in de lucht, de bodem, de biosfeer en de oceanen bij elkaar.



A Major carbon reservoirs (gigatons)

Kalksteen is het grootste CO₂ reservoir op aarde, en het mooiste is dat het leven zelf al dat CO₂ in de ondergrond heeft opgeslagen. Want bij het ontstaan van de aarde bestond de atmosfeer misschien wel voor 90% uit CO₂, en nu is er nog maar een kwart promille van over. Het is door de gesteenteverwerking uit de lucht gehaald, in de oceanen terechtgekomen, en eencellige organismen hebben het gedurende miljarden jaren vastgelegd in hun kalkskeletjes. Dus van een beetje extra CO₂ in de grond pompen kijkt de aarde echt niet op. Van radioactief afval trouwens ook niet, want uiteindelijk komt de brandstof voor de kerncentrales uit uraniumertsen die ook door de natuur zelf zijn gemaakt. De natuur heeft zelfs ooit eens een natuurlijke kernreactor gemaakt, bij Oklo in Gabon. Maar dat mag allemaal geen argument zijn om van de ondergrond het afvalputje van de mens te maken.



Natuurlijke kernreactor,
Oklo, Gabon

Bovendien *leeft* er van alles in de ondergrond. Dat er in de bovengrond leven zit weten we allemaal, al was het alleen maar omdat we zien dat mollen ons gazon kapot maken en omdat we per ongeluk een worm doorhakken bij het schoffelen in de tuin. Konijnen, dassen, vossen, muizen, ziesels en talloze andere beesten voelen zich veiliger onder de grond dan erboven, iets wat je van de gemiddelde metroreiziger niet kunt zeggen.



Maar ook voor de dieren neemt de veiligheid af, niet alleen omdat wij mensen niet overal hopen willen hebben, maar ook omdat wij zelfs een speciale hondensoort met korte pootjes hebben gekweekt om vossen uit hun hol te trekken: de tekkel.



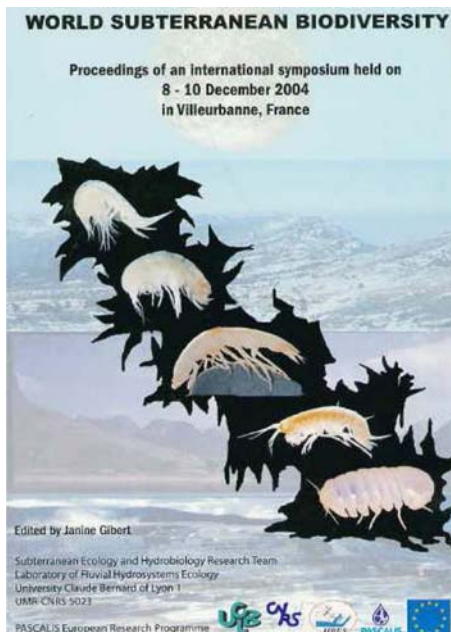
Er is een enorme biodiversiteit aan kleine organismen in de humuslaag zoals mijten, springstaarten, aaltjes, schimmels en bacteriën waar we nog bijzonder weinig van afweten. Er zijn mensen die beweren dat er in een hap tuinaarde meer biodiversiteit zit dan in het hele Amazonisch regenwoud.

Intuitief vermoeden we dat het daaronder wel ophoudt, maar dat is niet zo. Onder de groene zoden begint het pas. Weliswaar is het op grotere diepte niet zo divers als Jules Verne ons voorspiegelde, die zijn helden een onderaardse zee met plesiosaurussen en reuzenpaddenstoelen liet ontdekken.

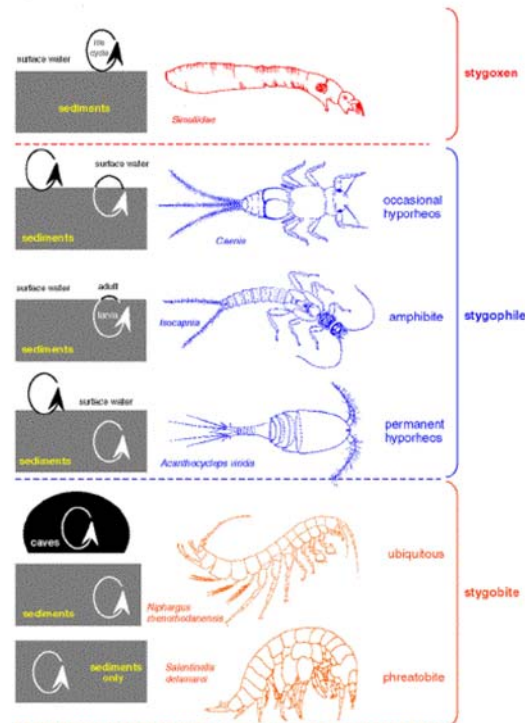


Leven onder de grond (Jules Verne)

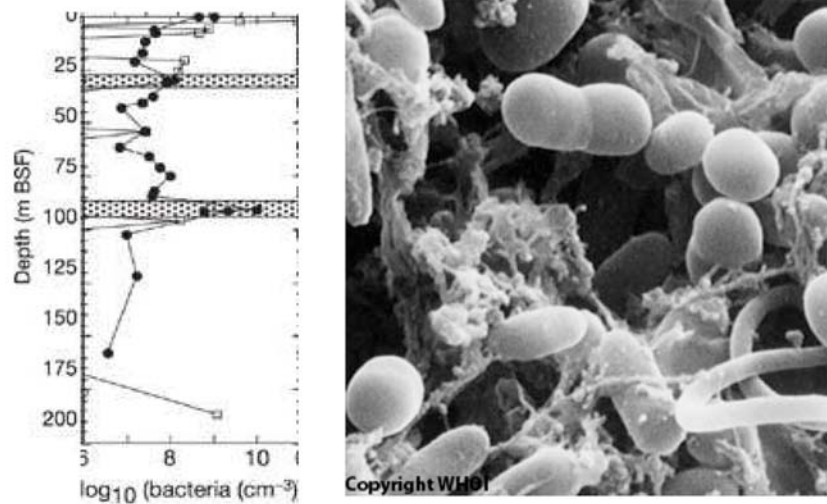
Maar in Europese grotten zijn meer dan 1200 verschillende soorten garnalen en soortgelijke beesten gevonden. *Stygobionten* worden ze genoemd, wonend in het rijk van de Styx, een rivier in de Onderwereld van de Klassieken.



1239 stygobionten soorten
In Europese grotten



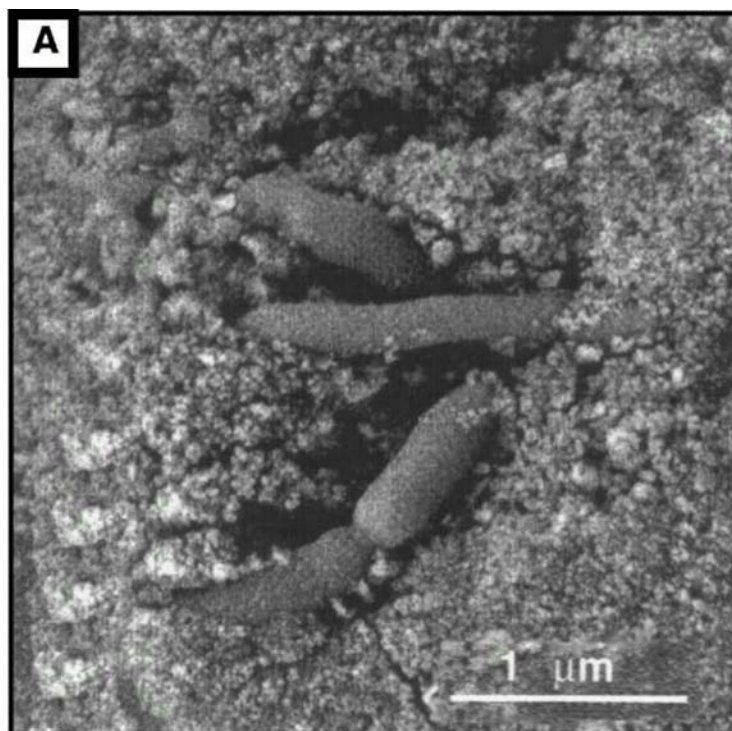
Tweehonderd meter onder de bodem van de diepzee, in de spleten en poriën van de basalt zitten nog bacteriën.



Bacteriën 200 m onder de basaltische bodem van de diepzee

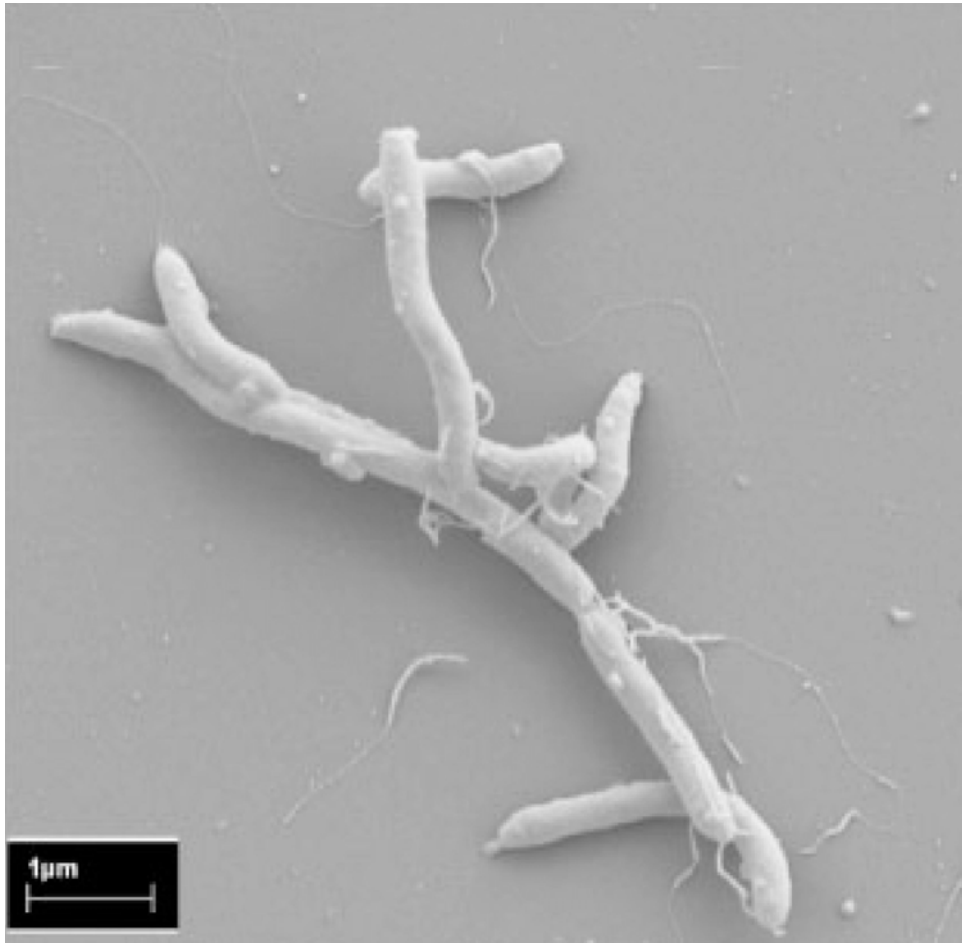
The Sub-seafloor Biosphere: the largest prokaryotic habitat on Earth?" R. John Parkes, Cardiff University

In Colorado heeft men nog leven gevonden op 800 meter diepte, in kalkstenen uit het Krijt die al die tijd geen verbinding met het oppervlak hebben gehad.



Kweek van bacteriën van 800 m diepte uit Krijtgesteenten <
Piceance basin, Colorado, USA

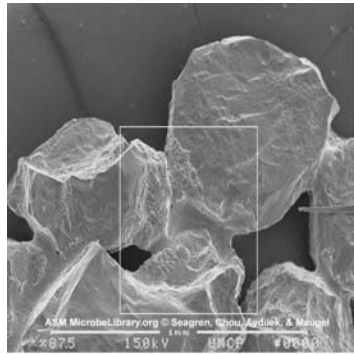
In het grondwater in een Australische ijzermijn die al meer dan een miljard jaar aan het oppervlak ligt zitten levende mariene organismen. In Zweden heeft men zelfs op drie kilometer diepte nog bacteriën gevonden in spleten in graniet, aangepast aan een warm zuurstofloos milieu zonder licht en heel weinig voedingsstoffen.



**Thermoanaerobacter,
3000 m diep in graniet, Zweden**

Veel dieper zal het niet gaan, want boven 120° kunnen ook bacteriën niet leven. Volgens de Amerikaanse microbiologe Katrina Edwards is de biomassa van het onderaardse leven even groot als dat van het bovengrondse. Het is héél langzaam en héél rustig leven voor die nederige kleintjes daar, maar ze zitten er wel. Eigenlijk sta je versteld van de geweldige drang van het leven om in alle hoeken en gaten van de aarde door te dringen. Nu worden er ook aan de TU Delft technieken ontwikkeld om gespecialiseerde bacteriën

te leren om poriën in lekkende olievelden op te vullen. Fantastische beesten zijn dat, die *Bacillus pasteurii*, als je ze maar genoeg stikstof en calciumchloride geeft, kitten ze de zandkorrels onder de grond gewoon aan elkaar. Een soort biocement.



Zandkorrels aaneengekit met kalk neergeslagen door bacterien



Figure 1 The potential of Biogrout as bio-mediated ground improvement method was assessed using an empirical scale up approach.

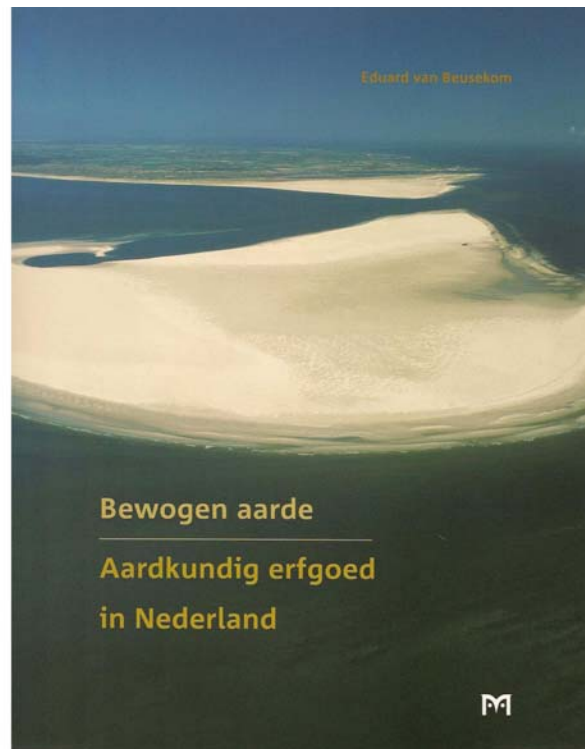
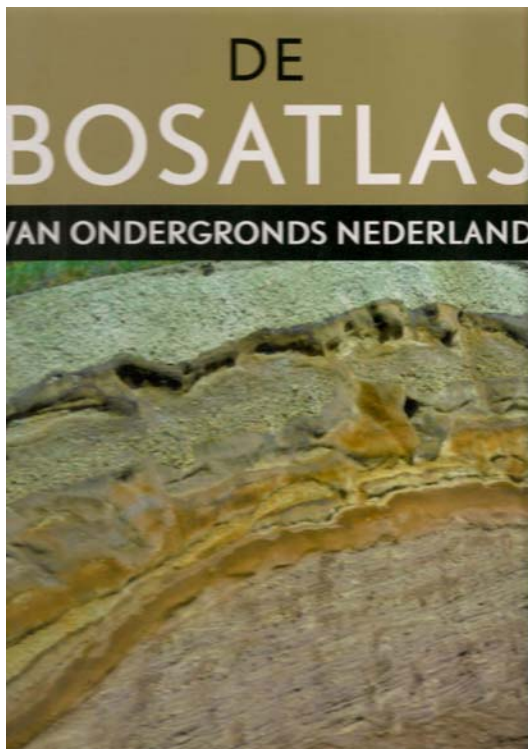
Van Paassen et al., 2010

Maar of het natuurlijke ondergrondse leven blij is met die indringers moet je nog maar afwachten.

Zou er dan geen leven zitten in het Basisveen? Natuurlijk wel. Het zijn allerhande microorganismen die veenlagen langzaam doen verteren; ook in olievelden, een paar kilometer onder het aardoppervlak wordt de aardolie langzaam afgebroken door microorganismen. Het krioelt van het leven onder de grond, alleen zien wij het niet. Kijk maar eens wat er in ons grondwater zit: niet alleen maar microorganismen, maar ook watervlooien, roeipootkreeftjes en waterpissebedden. In Vlaardingen kwamen er onlangs zelfs watervlooien uit de kraan. Is er in Nederland nog wel een plek waar wij ongestoorde grondwaterecosystemen kunnen bestuderen? Ik ben bang van niet. En toch is de ondergrond het minst bekende ecosysteem op aarde. Elke tunnel, pijpleiding en installatie voor opslag van warmte en koude vernielt een deel van dat ecosysteem. Weten wij welk deel? De wereldwijde aandacht voor het verdwijnen van het tropisch regenwoud staat in schril contrast tot de doodse stilte over het verdwijnen van ondergrondse ecosystemen. Ook iets om over na te denken.

Begrijpt u mij goed. Dit is geen pleidooi om straks met spandoeken de straat op te gaan met “Handen af van de ondergrond”. Of “Red de ondergrond”. Wij hebben ook in de toekomst de ondergrond nog heel hard nodig. Onze fossiele brandstoffen zijn eindig, we moeten ze duurzaam opmaken, zeggen we. We ontkomen er niet aan ons te concentreren op de overgang naar nieuwe vormen van energie, maar ook daarin speelt de ondergrond een belangrijke rol, met name bij aardwarmte. Ook het ontwikkelen van de ondergrondse ruimte staat niet stil. We hebben hier in Delft pas de *First International Conference on Frontiers in Shallow Subsurface Technology* gehad, een broeinest van innovatie op het gebied van tunnelbouw, ondiepe geofysica en planning van de ondergrondse ruimte. Ongelofelijk inspirerend.

Maar wij hebben daarbij wel over het hoofd gezien dat de ondergrond ook ons geologisch erfgoed is, en een levend ecosysteem dat juist door zijn traagheid en zijn nederigheid misschien kwetsbaarder is dan we nu weten. Er is weliswaar onlangs een prachtige Bosatlas van de Ondergrond uitgekomen, die staat vol met schitterende kaarten en diagrammen, en opzienbarende luchtfoto's van het aardoppervlak, maar hoe de *ondergrond zelf* eruitziet krijg je daarin niet te zien.

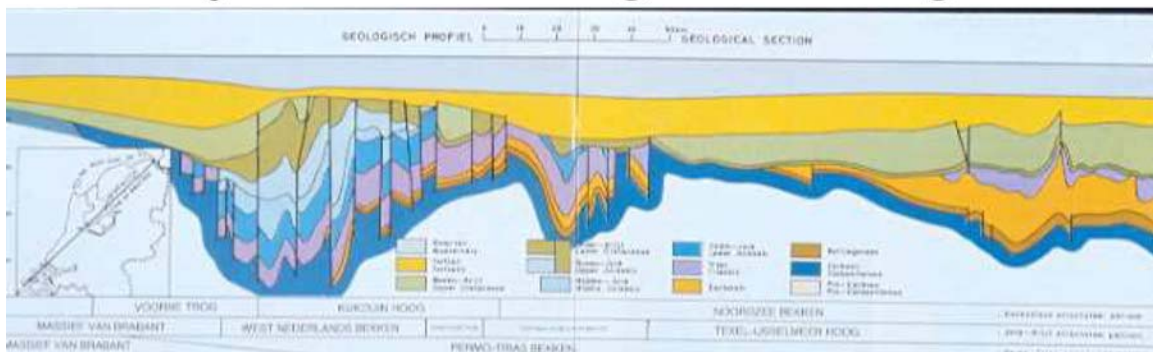


Ook is er veel aandacht voor de Aardkundige Waarden van het Nederlandse landschap. Nederland neemt actief deel aan het internationale GeoHeritage programma, en er zijn tal van aardkundige monumenten, maar ook die beperken zich grotendeels tot het aardoppervlak.



Nederland is plat, bij ons zitten de bergen onder de grond: het was de titel van mijn intreerede in 1997: kijk maar naar de geologische doorsnede van ons land.

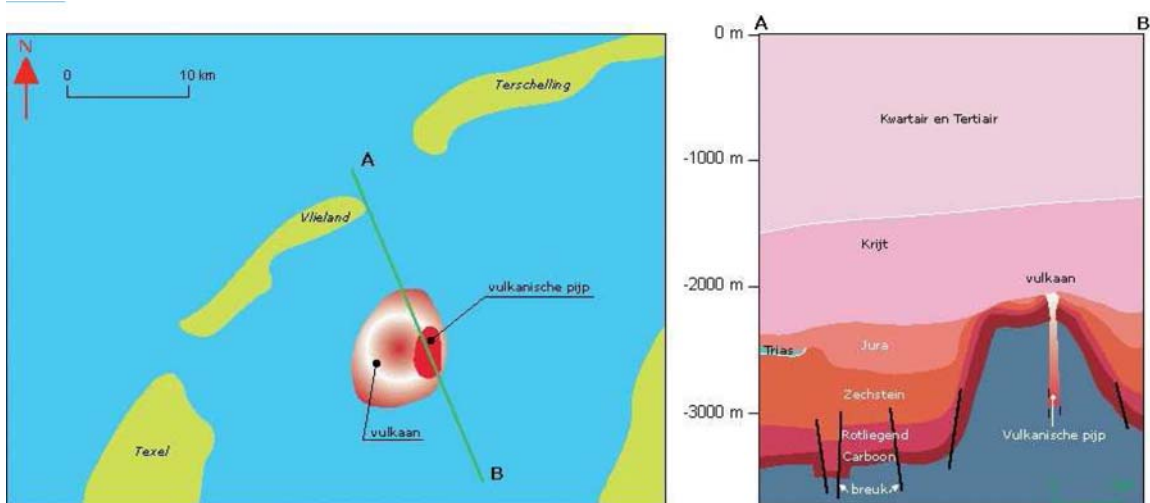
Bij ons zitten de bergen onder de grond



Bovendien, zo betoogde ik toen, zitten er van olie en gas nog *bergen onder de grond*, kunnen we radioactief afval *bergen onder de grond*, en maken we na de steden Bergen op Zoom en Bergen aan Zee een nieuwe stad *Bergen-onder-de-Grond*. Het was een optimistisch verhaal, maar ook ik hield toen geen rekening met de eindigheid van onze reserves, met ongewenste vervuiling van de ondergrond, en met de archieffunctie en de ecosysteemfunctie van de ondergrond. Dat heb ik de afgelopen 14 jaar ook moeten leren.

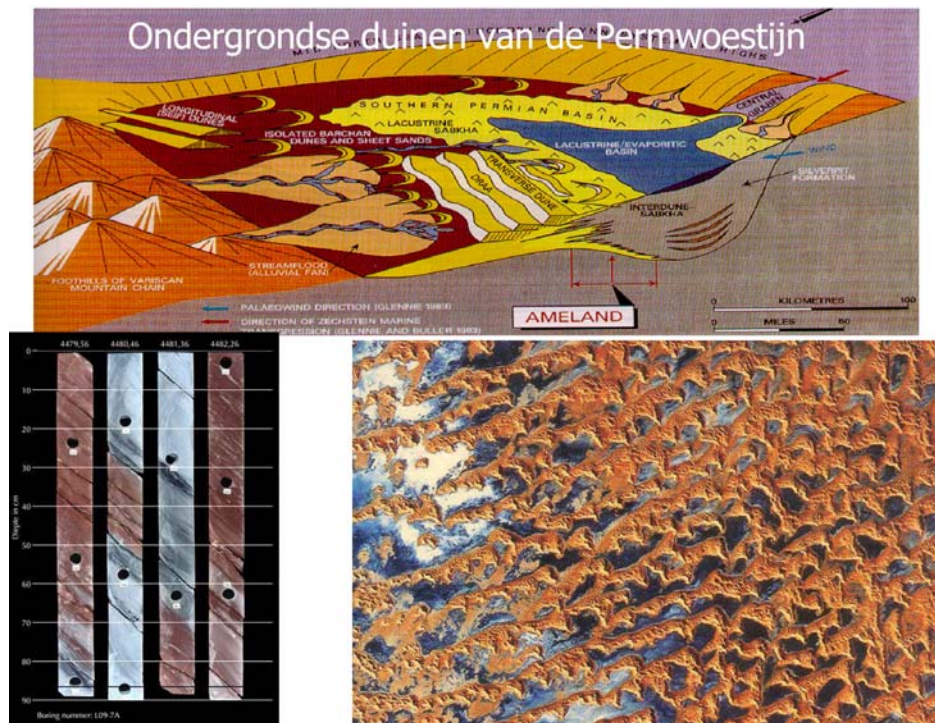
De archeologen hebben het goed voor elkaar. Voordat er een spoorlijn of woonwijk wordt gebouwd, moet volgens het Verdrag van Malta eerst onderzocht worden of er geen waardevolle cultuurhistorische informatie verloren gaat. Zoiets zou ik ook willen voor het geologisch erfgoed. Een *Verdrag van Delft*, waarin staat dat bij ingrepen in de ondergrond het geologisch erfgoed en de ondergrondse ecosystemen moeten worden geïnventariseerd, en waardevolle elementen waar mogelijk gespaard. En voor ongewenst afval moeten we andere oplossingen zoeken dan het vervuilen van de ondergrond.

Laten we ons geologisch erfgoed koesteren, en natuurreservaten maken van waardevolle ondergrondse landschappen. Zouden we de enige vulkaan die we hebben in Nederland, de Zuidwalvulkaan, twee kilometer onder de bodem van de Waddenzee, niet tot natuurmonument moeten bestempelen?

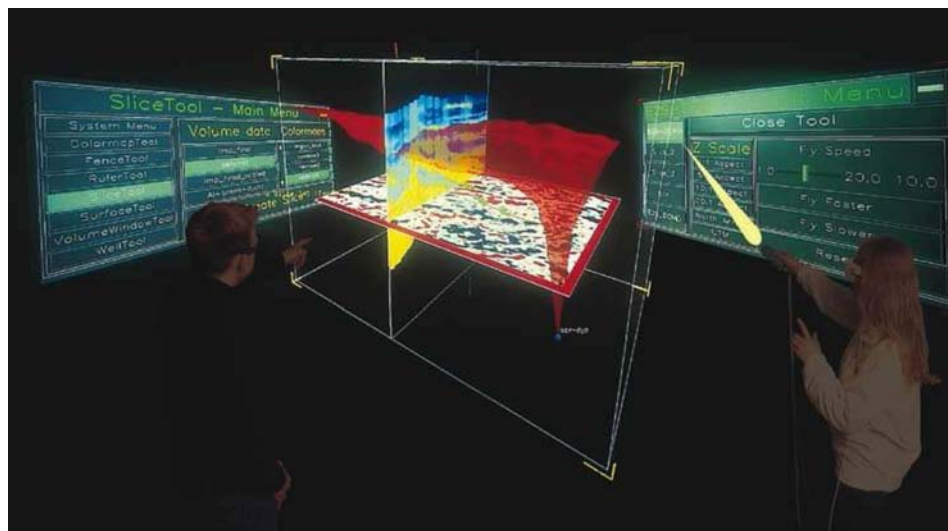


Ondergrondse Zuidwal vulkaan, Waddenzee

Willen we niet één ondergronds duin waarin ons aardgas zit, intact laten?



Misschien spreekt een boorkern nog niet zo tot de verbeelding, maar we kunnen tegenwoordig met 3-D visualisatie de ondergrond net zo natuurgetrouw in beeld brengen als een berglandschap of een koraalrif.

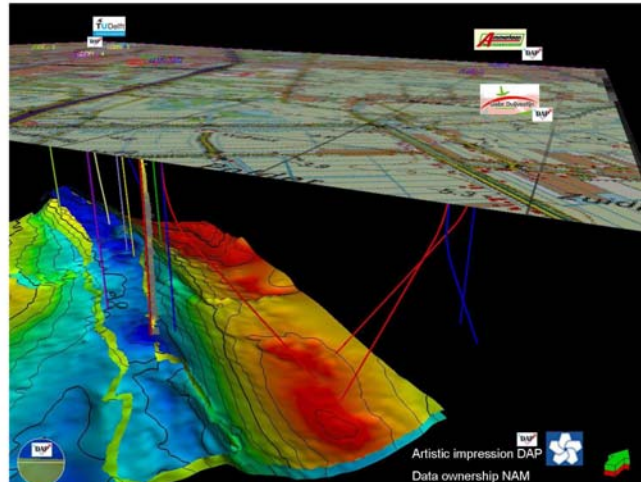


Visualisatie 3-D Inside Reality Lab, afd Geotechnologie

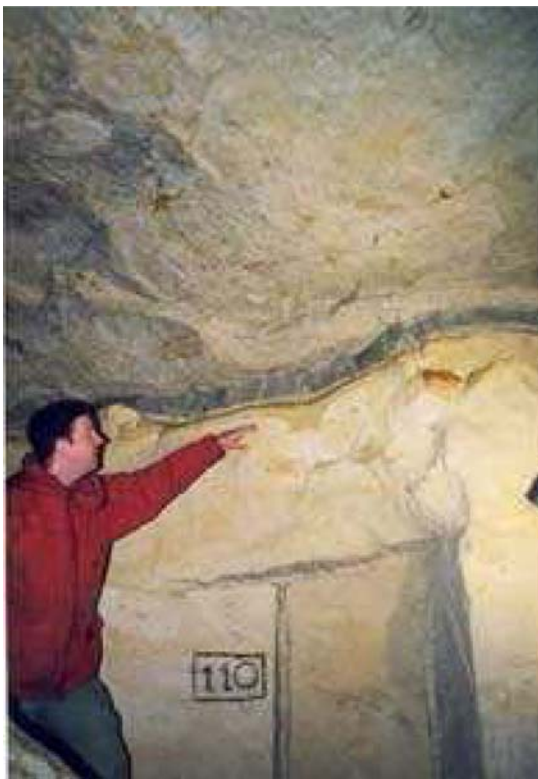
Dank zij de 3-D visualisatie kunnen we ook precies plannen waar we moeten boren om aardwarmte onder Delft af te tappen voor de energievoorziening van de universiteit.



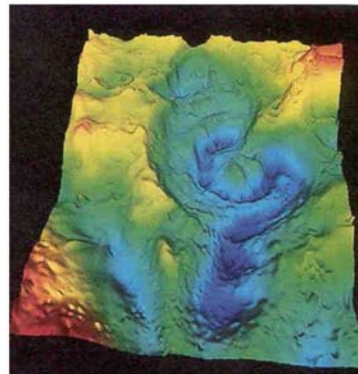
Dinsdag 9 maart 2010 start aardwarmteboring bij Pijnacker



En ik heb nog wel meer wensen op mijn lijstje. De Geulhemerberg in Zuid-Limburg, waarin in een zogenaamde mergelgrot de laag te zien is van de meteorietinslag waarbij de dinosauriërs uitstierven.

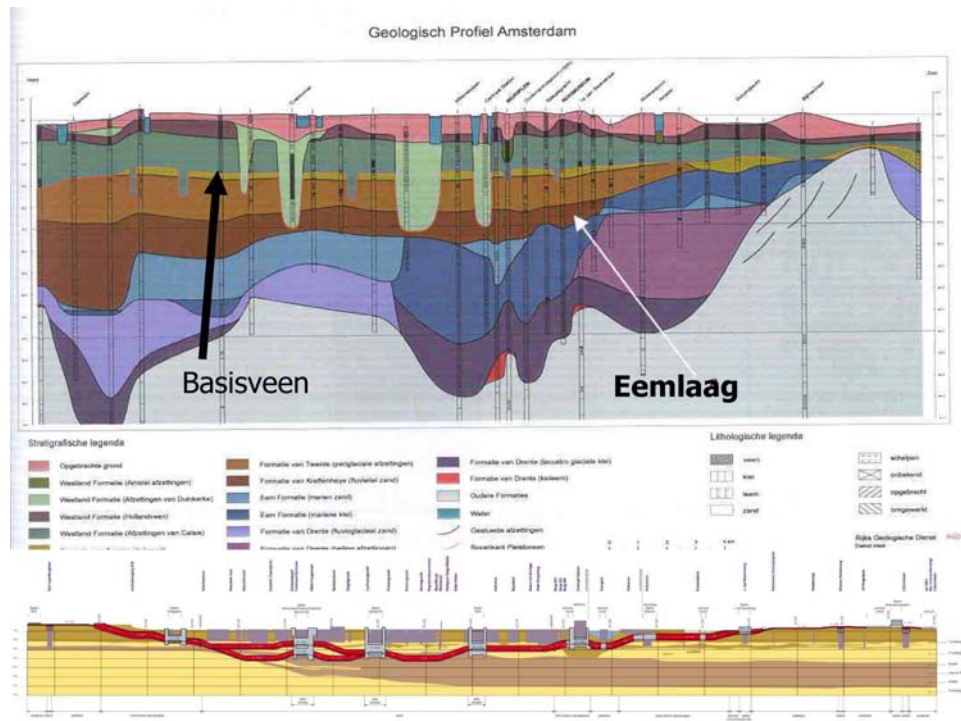


De grens Krijt-Tertiair in de Geulhemerberg:
Sporen van de meteorietinslag waardoor de dinosauriërs uitstierven

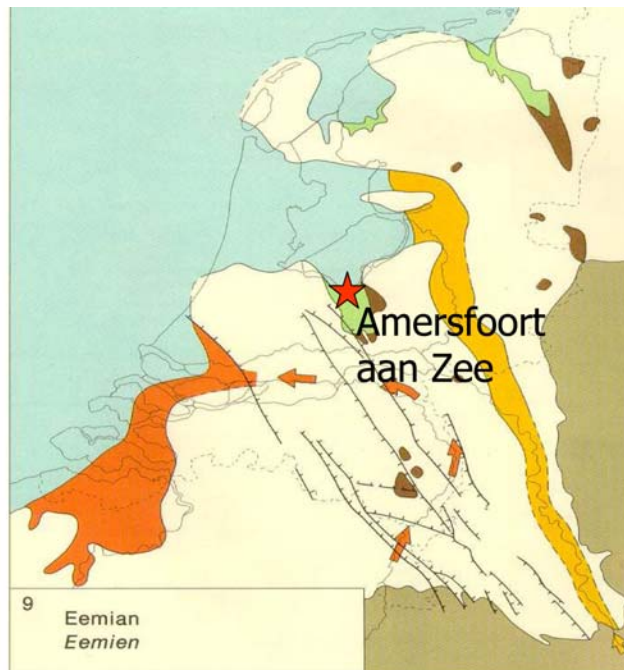


Chicxulub inslagkrater

En ik zou ook graag een diepere laag van de Noord-Zuidlijn zichtbaar willen houden,

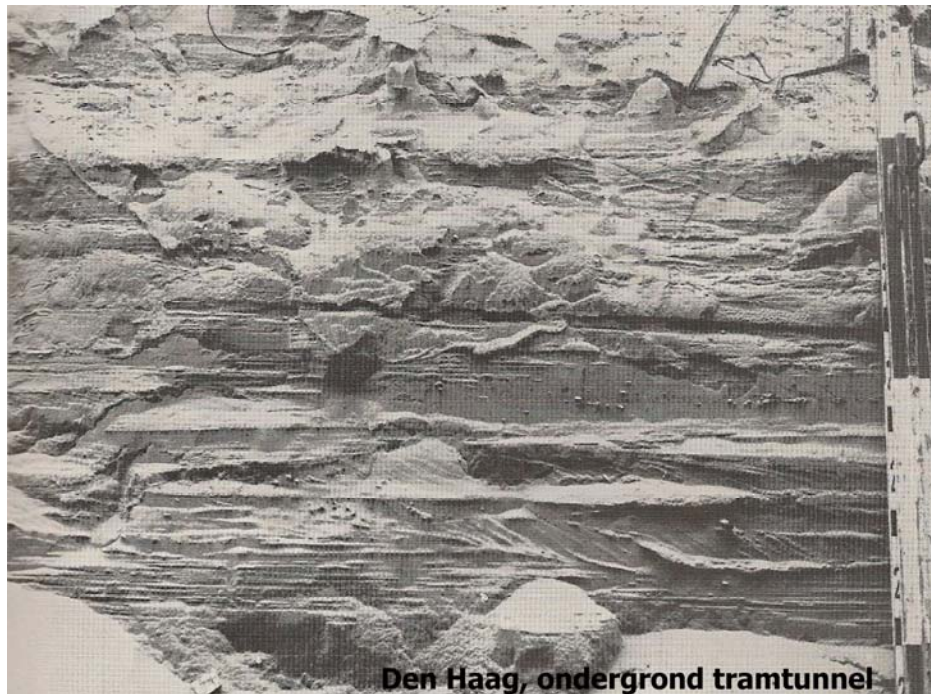


de Eemlaag, waaraan te zien is dat in de vorige warme tijd, tussen de twee laatste ijstijden in, de zeespiegel zes meter hoger stond dan nu – zonder dat er extra CO₂ in de atmosfeer van toen zat.

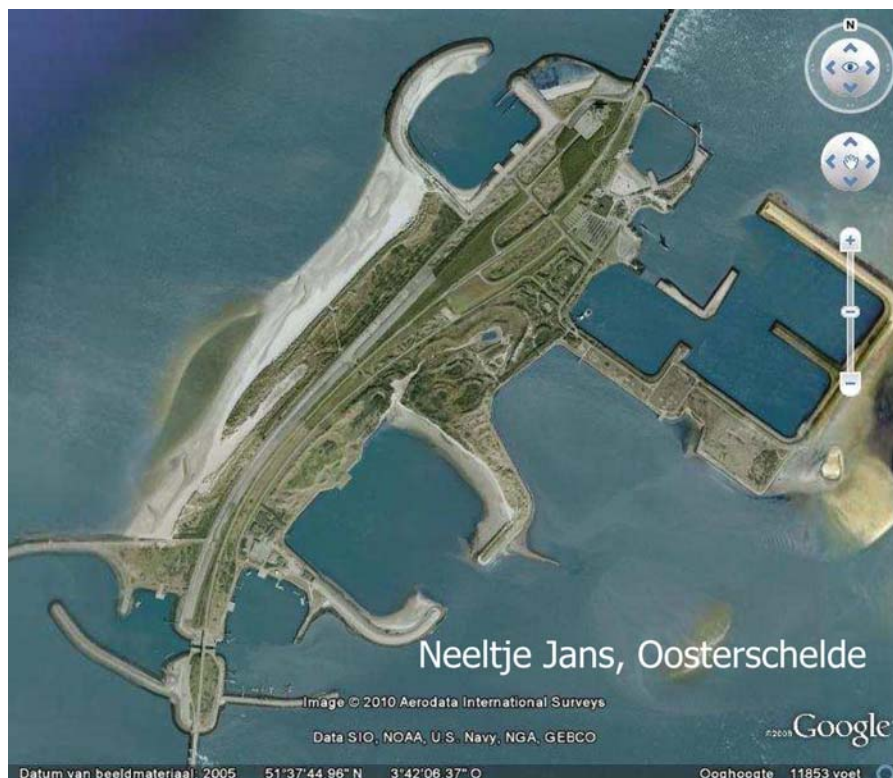


Eemlaag: bewijs van 6 m hogere zeespiegel in vorige warme tijd

En misschien een mooi profiel in de Haagse tramtunnel.



En natuurlijk die *andere* Nederlandse ontdekking van internationaal formaat: de getijdengelaagdheid op het werkeiland Neeltje Jans in de Oosterschelde.

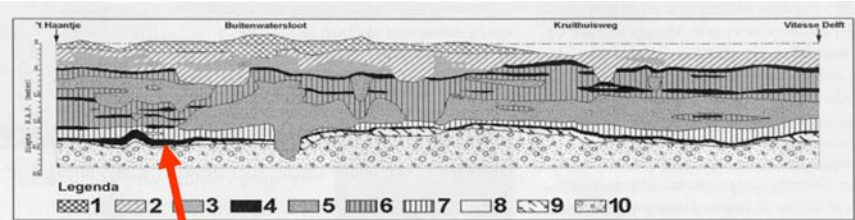


Daarin was in de jaren tachtig bij de bouw van de Oosterschelddedam te zien hoe de laagjes van springvloed tot doottij steeds dunner werden, en dan weer groeiden naar het volgende springtij toe.



Een maandgelaagdheid, voor het eerst ontdekt door de Utrechtse sedimentoloog Rinus Visser in 1980, en daarna overal ter wereld herkend en gebruikt om de getijdecyclus van miljoenen jaren geleden te reconstrueren. Maar nu is het weg, achter het beton van de ingenieurs en de grasplantages van de biologen. Waarom leggen wij geologen het toch steeds af tegen de anderen?

Maar we hebben nog een kans, en wel dicht bij huis: de Delftse spoortunnel! Er is uitgebreid archeologisch onderzoek gedaan in de Delftse ondergrond, maar geologisch maar mondjesmaat. Maar wie daar oog voor heeft, ontdekt op een doorsnede dat het Basisveen ook onder Delft zit!

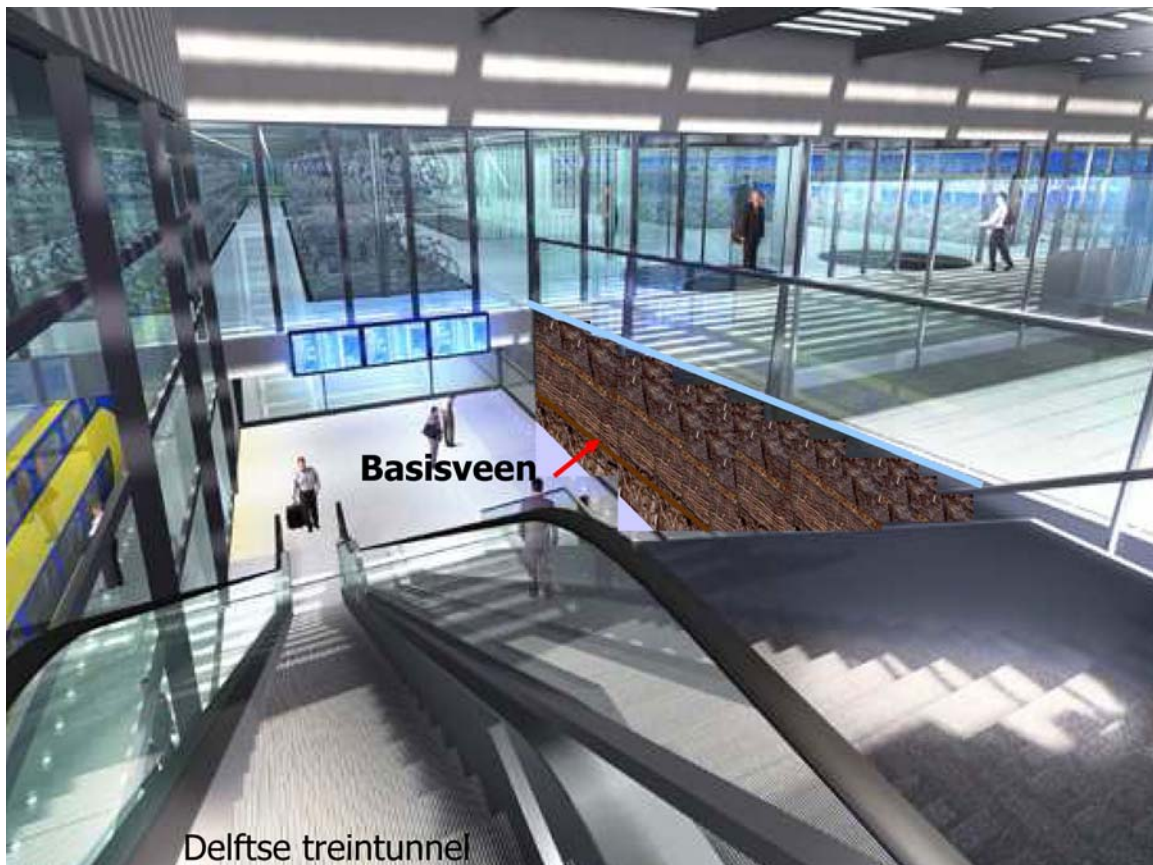


Profiel langs de spoorlijn door Delft.

Legenda:

1. Geroerde grond;
2. Afzettingen van Duinkerke I, klei;
3. Afzettingen van Duinkerke I, zand;
- 4. Basisveen** en Hollandveen;
5. Afzettingen van Calais, klei;
7. Afzettingen van Gorkum, zand;
9. Formatie van Kreftenheye leem en klei;
10. Formatie van Kreftenheye, grindhoudend zand.

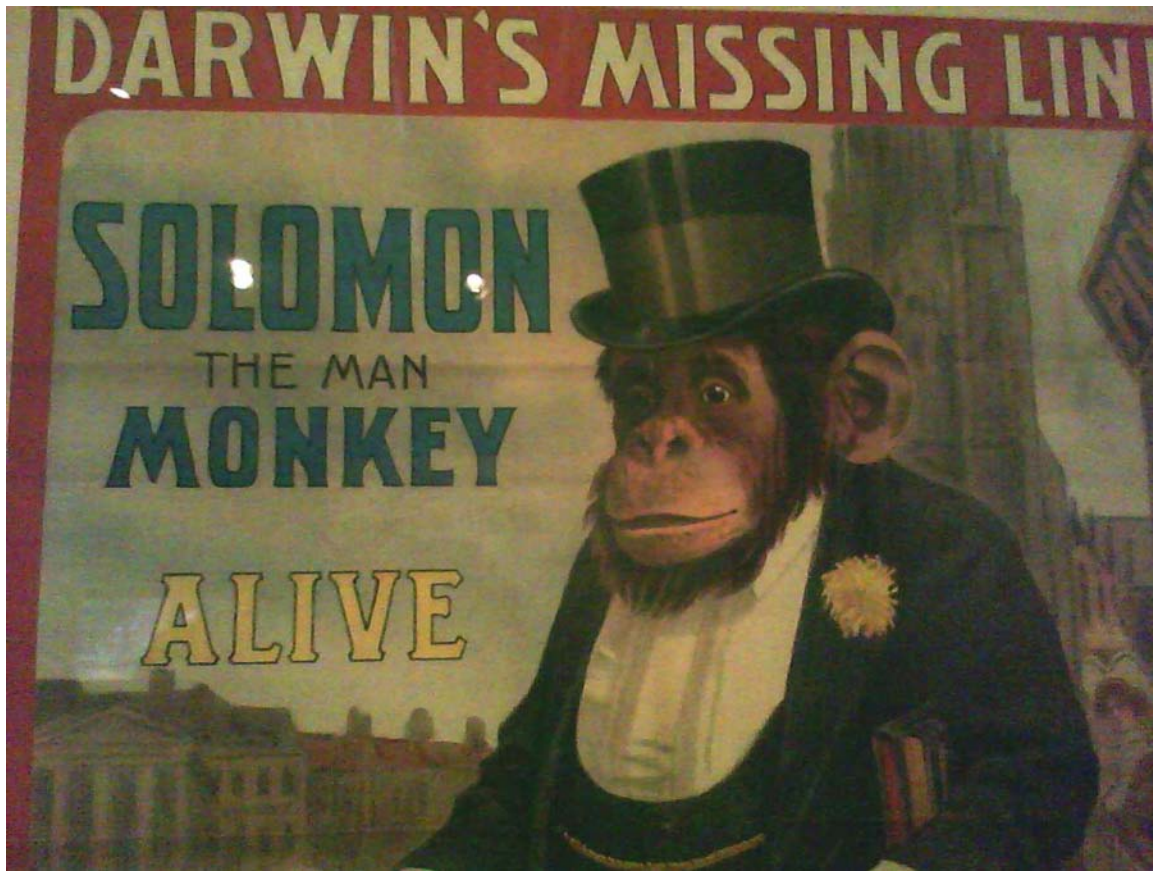
Kom op, Delftse architecten, Delftse tunnelbouwers, wees eens creatief, en maak een wand in de tunnel waarop wij het Basisveen kunnen zien zitten!



En als het helemaal niet lukt, dan moeten we zelf maar een ondergrondmuseum maken: we slaan een lange holle perspex buis twintig meter diep de grond in, en we maken wenteltrapjes erlangs zodat iedereen de opbouw van de Nederlandse delta nu ook eens een keer kan *zien*, en niet alleen maar kennen van horen zeggen. Naturalis heeft er wel oren naar.



Het eerste dat je doet als je een afscheidsrede wilt schrijven is grijpen naar je intreerede. Daar staat immers in wat je allemaal beloofd hebt te zullen doen tijdens je hoogleraarschap. Ik heb dus ook mijn intreerede van 1997 erbijgepakt, maar ik ga hier niet uiteenzetten of ik mijn beloften heb waargemaakt. Dat moeten anderen maar doen. Ik houd mij maar aan de caféwijsheid: “Praat niet over jezelf, dat doen wij wel als je wegbent”.



Delft is een prachtige Universiteit. Hier zitten de mensen die Nederland na 1953 met de Deltawerken beschermd hebben tegen stormvloeden met een herhalingskans van eens in de tienduizend jaar: Nederland is nu de best beschermde delta ter wereld. Wereldberoemd zijn ze erom geworden, zonder er ooit iets over in de peer-reviewed literatuur gepubliceerd te hebben. De talrijke Wageningers in de Deltacommissie zijn daar zó jaloers op dat die nu pleiten om de herhalingskans op te schroeven tot eens in de honderdduizend jaar. Zo hopen ze ook nog een graantje mee te pikken van het geld en de roem. Maar een *Wageningse* dijk? Een *rivierdijk*, allá, maar een *zeedijk*, daarvoor moet je toch echt in Delft zijn.

Hier in Delft zit ook het grootste nanobrein van Nederland. En hier zit de man die met luchtfietsen energie kan opwekken. En hier zit de vrouw die in mijn ogen de beste architect van Nederland is. Hier, bij ons in de opleiding Technische Aardwetenschappen zat de student die al in zijn eerste jaar zei dat hij President-Directeur van Shell wilde worden. Hij werkt er inmiddels, en misschien schópt hij het ook wel tot CEO. Onze

studenten kunnen alles. Aan ambitie geen gebrek, dat is geweldig inspirerend. De maatschappij zit vol met Delftse *captains of industry*. Een universiteit om trots op te zijn.

De wortels van onze afdeling Geotechnologie zitten in de kolen, de boom is uitgegroeid op olie en gas, en daarnaast natuurlijk de geo-engineering, de klassieke mijnbouw en mineral processing. De *brightest brains* doen toegepaste geofysica. Maar nu staat onze groep op de drempel van een nieuwe tijd. Want na de kolen en de olie zullen we het in de toekomst moeten hebben van duurzame energie. De studenten die nu studeren zullen misschien nog net de veertig jaar van hun werkzame leven bij de oliemaatschappijen kunnen uitdienen, maar om daar de toekomst van de afdeling op te richten is te defensief. Het gaat toch om een *sunset industry*, zoals Ruud Weijermars het zo mooi zei. Ook het onderzoek naar de opslag van CO₂ hoort daarbij: dat kan wetenschappelijk interessant zijn, maar de innovaties die daaruit voortkomen zijn hoogstwaarschijnlijk irrelevant en bovendien onverkoopbaar.

Ik vind het frappant dat het onze studenten zijn, en met name Douglas Gilding van het Delft Aardwarmte Project, die Delft op de kaart hebben gezet in het nieuwe vakgebied van de geothermie, de studie van de aardwarmte. Zij hebben ervoor gezorgd dat er een groot aardwarmtecongres met 400 deelnemers werd georganiseerd vorig jaar. Ook het bedrijfsleven, en met name de tuinbouwers in de kassen in het Westland hebben al flink in aardwarmte geïnvesteerd. Je mag alleen maar hopen dat onze staf uiteindelijk bij de studenten en de tuinbouwers op de bandwaggon springt en prioriteit gaat geven aan dit vakgebied. De expertise van de afdeling op het gebied van stroming van vloeistoffen en gassen in poreuze media is bij uitstek geschikt om vol in te zetten op het onderzoek naar aardwarmte. De geologische modellen die mijn eigen team ontwikkelt zijn dat ook.

Een ander vakgebied waarin ik veel toekomst zie is dat van de ondiepe geofysica. Oliemaatschappijen maken driedimensionale seismische datakubussen die we ook in 3-D kunnen visualiseren zoals we zagen: je kunt gewoon virtueel door je olieveld heenlopen. Waarom kunnen civiel ingenieurs nog niet virtueel door de laagpakketten heenlopen waar hun tunnel straks doorheen moet? Het is onbegrijpelijk dat in de ingenieursgeologie de meeste gegevens nog steeds afkomstig zijn van puntwaarnemingen, waarbij men maar moet raden wat er tussen twee boorgaten inligt. Het ontbreken van een goede 3-D

visualisering van de geofysica van de ondiepe ondergrond is volgens mij een van de oorzaken van de problemen met de Haagse tramtunnel, de Keulse metro en de Vijzelgracht. Kortom, onze eigen niche in de technische aardwetenschappen biedt nog tal van nieuwe uitdagingen voor de toekomst.

In de tijd dat ik hier werk is het onderzoek geëvolueerd van meer toegepaste aardwetenschappen naar de fundamentele wetenschap. Cor van Kruijsdijk is daarvan de grootste visionair en stimulator geweest, en ik denk met veel genoegen en respect terug aan de halfjaarlijkse brainstormsessies met onze hoogleraren die we in de eerste paar jaren hadden. Ook Jacob Fokkema had daar een grote rol in. Wij hadden het gevoel voorlopers te zijn, en ik heb de fusie van onze Faculteit met Civiele Techniek en de latere verhuizing naar de Stevinweg dan ook aanvankelijk gevoeld alsof ons letterlijk en figuurlijk een betonblok aan het been werd gebonden. Maar de voordelen, en met name de samenwerking met de groep van Marcel Stive hebben mij daar nu ook de positieve kanten van doen inzien. Ook de voortvarendheid van decaan Louis de Quelerij in het oplossen van de financiële problemen van de faculteit heeft ons geen windeieren gelegd.

Stefan Luthi, al acht jaar onze afdelingsvoorzitter, is een voortreffelijk bestuurder en manager, en ongelofelijk betrokken bij studenten, promovendi en medewerkers. Door zijn proactieve financiële beleid, personeelsbeleid en grote dossierkennis was hij de knopentellers van de faculteit vaak een slag voor, en daar heeft onze afdeling enorm van geprofiteerd. Ik ben hem dankbaar voor onze samenwerking en voor zijn coulance als het bij mij weer eens administratief niet helemaal tot in de puntjes was. Ik hoop dat het hem gegund is om zich binnenkort weer meer aan de wetenschap te wijden, want daar zit toch eigenlijk zijn grote liefde en kundigheid.

Gert-Jan, Rick, Joep, Bob, Jan Kees, Maaïke, Jack, Andrea, John, Rory, Duddy, Ilja, overige collega's, oud-collega's en promovendi, ik dank jullie hartelijk voor al jullie inzet en enthousiasme in deze jaren; ik voel me altijd een beetje als die spreuk die DHL op zijn vrachtwagens schildert. *Wij doen wat u belooft! Jullie hebben gedaan wat ik beloofd heb* toen ik hier kwam, en daar ben ik jullie heel erg dankbaar voor. Wij waren een goed team

bij elkaar. Misschien heeft het wel eens gevoeld alsof er weinig samenhang was omdat iedereen zo zijn eigen projecten had, maar wij hebben ontegenzeggelijk toch altijd hetzelfde doel voor ogen gehad: het kwantificeren en verkleinen van de onzekerheden in de ondergrond. En het is toch tekenend dat geologen van andere universiteiten wel eens zeiden: “Goh, kan ik niet bij jullie werken, jullie hebben een veel plezieriger team dan wij”.

Ik heb de laatste paar jaren het directeurschap van Delft Earth en de onderzoeksschool CTG overgenomen van Cor van Kruijsdijk. De eerlijkheid gebiedt te zeggen dat ik daar zelf eigenlijk heel weinig aan gedaan heb, en vooral op de winkel heb gepast. Dat er toch heel veel is gebeurd, is vooral te danken aan Anke Dählmann, uitvoerend secretaris, het kloppend hart van alles wat er op onderzoeksgebied in onze afdeling gebeurt. Anke bedankt! Van mijn jaren als opleidingsdirecteur kan ik hetzelfde zeggen: ik heb zwaar geleund op Monique Draijer en haar staf. Ruud van Heusden was er steeds om een financieel onbenul als ik in de ontoegankelijke wereld van knopentellers en tijdschrijvers bij te staan. Van geld begrijp ik nog steeds niets, maar ik herken het nu wel als het voorbijkomt.

Hannie, Marlijn, Lydia, Margot, Ralf, Marijke, Marja, Asha, voor jullie op het secretariaat moet ik een ongeleid projectiel geweest zijn die jullie elke keer weer belaagde met onuitvoerbare opdrachten, die jullie uiteindelijk toch tot een goed einde wisten te brengen. Heel hartelijk dank voor jullie geweldige inzet!

Giovanni, ik prijs mij gelukkig dat jij als mijn opvolger al in de startblokken staat om te beginnen. Jouw specialisatie ligt weer een beetje op een ander terrein dan die van mij of van de rest van de groep, maar dat is juist goed en geeft nieuwe impulsen. Ik was zelf ook een vreemde eend in de bijt toen ik hier kwam, en ik heb het er enorm naar mijn zin gehad. Ik voel me ten opzichte van jou wel de spreekwoordelijke trage schildpad, omdat jij in drie dagen in de week gaat doen waar ik steeds minstens vijf dagen per week voor nodig had. Ik wens je veel succes de komende jaren!

Ik ga jullie, studenten, wel het meest van allen missen. Want onderzoek is leuk, maar kennis overdragen is nog veel leuker. Ik zie het verschil als ik rondloop bij bedrijven en bij onderzoeksinstituten als TNO: allemaal mensen met een grote inzet en hard aan het

werk op interessante projecten, maar zonder offspin naar het onderwijs blijft dat toch een beetje steriel. Jullie zijn de stuwende kracht achter de universiteit, besef dat goed. Als jullie er niet zouden zijn zouden de stafleden een stuk minder gemotiveerd zijn om steeds weer nieuwe onderzoeksonderwerpen te verzinnen voor jullie afstudeerwerk. En het overkwam mij ook regelmatig dat ik jullie iets stond uit te leggen en dat ik het dan ineens ook zelf ook beter begreep. “O, zó zit dat dus”, dacht ik dan. Ik prijs me ook gelukkig dat wij in ons vak niet alleen maar contact hebben in die holle collegezalen van dat vreselijke Sovjetgebouw van de faculteit, maar ook in het veld: dat zijn de gelegenheden waarop ik jullie persoonlijk beter leer kennen. Voor mij bestaat er geen grotere beloning dan jullie te zien opgroeien van aarzelende eerstejaars tot zelfbewuste mannen en vrouwen die hun eigen toekomst in de hand nemen. De ervaring van 27 jaar hoogleraarschap leert dat ik jullie later allemaal weer tegenkom in de trein, als jullie CEO van een groot bedrijf of zelf hoogleraar zijn geworden.

Lieve Corrie, lieve Eefje en Sal, dank voor jullie liefde en steun in stormachtige tijden. Lieve Mariette en Thera, fijn dat jullie er zijn..

En wat ik nu ga doen?



Glück auf