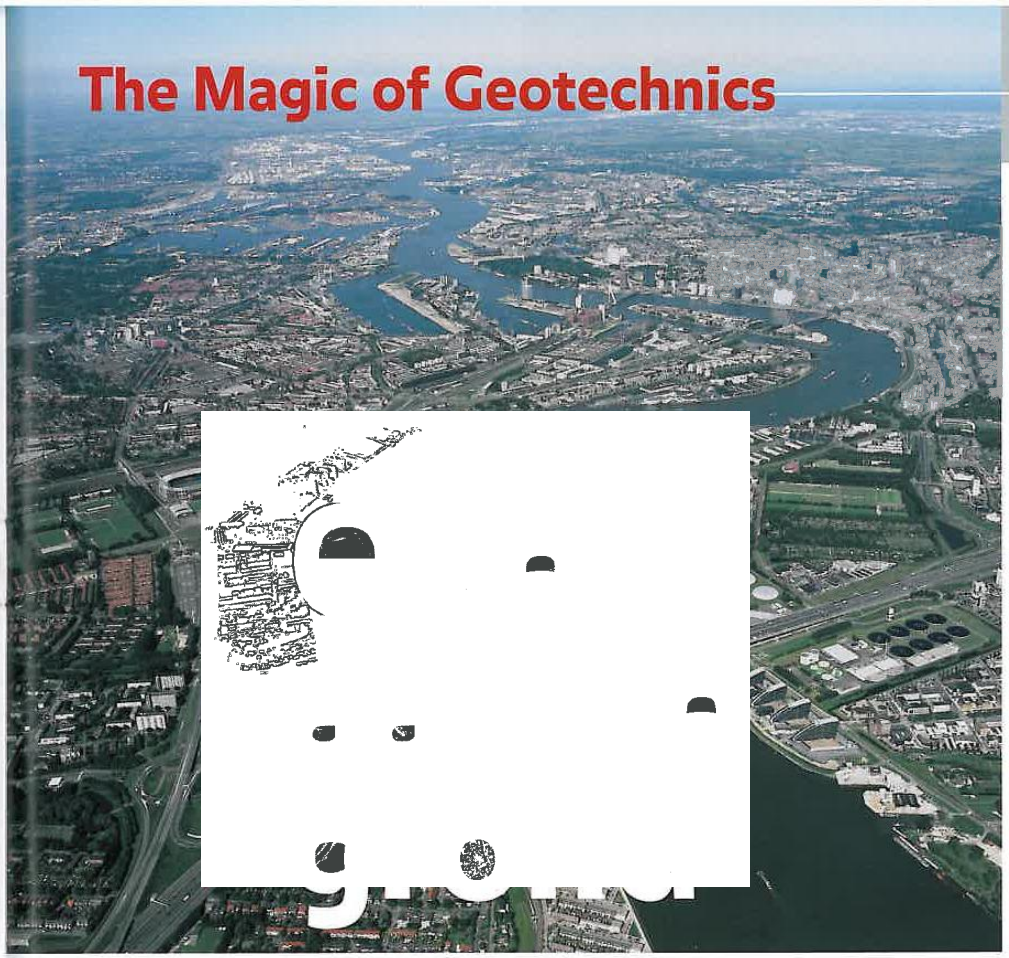
The Magic of Geotechnics



Op het KIVI-NIRIA Jaarcongres *Reinventing DeltaLife* op 30 oktober 2008 werd aan Prof. Frans Barends de KIVI-NIRIA Speurwerkprijs 2008 toegekend, in het bijzonder om de verbinding die hij heeft gelegd tussen geo-engineering en ICT. Verbindingen leggen, ook naar de maatschappij, heeft Barends altijd beziggehouden, ook al omdat de geo-engineer daar zijn erkenning krijgt. Dat de geo-engineer daarbij trots op zijn vak en zijn vakgebied mag, *nee: moet*, uitstralen, is het thema van onderstaand essay van zijn hand.

Wanneer we het in Nederland hebben over 'het water' weet iedereen waar we het over hebben: de eeuwige strijd tegen het water, het temmen van de rivieren bij heviger regenval en de stijging van de zeespiegel. En daarnaast water als drinkwater, als transportmiddel en voor recreatie. En als we het over 'de lucht' hebben zijn er evenzeer aansprekende beelden: zeilen, surfen, de luchthaven Schiphol, het dagelijkse weerbericht, fijnstof en windenergie. Maar als het over 'grond' gaat is opeens saaiheid troef: landschap, landbouw, landinrichting. Water drinken we op, lucht ademen we in, en van grond wordt je vies. Waar weinigen zich van bewust zijn, is dat al ons doen en laten gebaseerd is op grond die van onszelf is. Water en lucht komen altijd van elders. Grond is de belangrijkste voedingsbron en voor koolstof de levensbuffer bij klimaatverandering. Met grond beheersen we de zee en de rivieren door dammen, dijken en duinen. Met zware aarden stuwdammen temmen we de natuur, onderbreken we de hydrologische kringloop en wekken we energie op. Op de grond hebben we een indrukwekkende infrastructuur opgebouwd: steden, wegen, spoorlijnen, tunnels, bruggen, pijpleidingen - en we maken er steeds meer van. We zijn experts in het bouwen met grond. Laten we daar eens wat verder in duiken, met de nadruk op de Nederlandse omstandigheden.

Grond is bescherming

Al minstens tien eeuwen bouwen de Nederlanders dijken en polders om de stormvloeden en hoge rivierstanden het hoofd te bieden. In den beginne met handkracht, waar iedereen zijn steentje aan bijdroeg zoals blijkt uit namen als de Diefdijk en de Kinderdijk, later met windenergie opgewekt met duizenden windmolens. Nog later namen stoom en elektriciteit het over waardoor de ontwikkeling van het lage land mogelijk werd op niet eerder vertoonde schaal. De maatschappelijke organisatie van de waterschappen is uniek in de wereld en plaveide de weg naar een prachtig bestuurssysteem om optimaal tegen overstroming beveiligd te zijn.

De keerzijde van het polderen is dat drooggelegde grond, in het bijzonder veen, slinkt en krimpt. Als gevolg daarvan zakt het maaiveld. Langs de kust gemiddeld met een maximum snelheid van 10 cm per eeuw, in polders circa 25 cm per eeuw, en in sommige veengebieden lokaal zelfs 150 cm per eeuw. Dat vraagt weliswaar om permanente waakzaamheid, maar met dit dalingstempo is de beheersing tegen stormvloeden technisch haalbaar, zelfs met de verwachte zeespiegelstijging. Sinds 1996 is er een wettelijke toetsing van alle waterkeringen eenmaal in de vijf jaar, en over het geheel genomen is het resultaat dat ongeveer 50% in orde is, dat we het van 30% niet weten door gebrek aan gegevens en dat 20% verbetering behoeft. De overheid geeft jaarlijks ruim 1 miljard euro uit om de kwaliteit van de bescherming op peil te houden. Nu het publiek de exacte getallen van de status van de waterkeringen kent, klaagt het over een gebrek aan veiligheid: 'slechts 50% is goed'. Desalniettemin bieden de dijken op dit moment meer veiligheid dan ooit tevoren. Noodzakelijke verbeteringen worden ter hand genomen. Dat vraagt een aantal jaren tijd, maar we moeten niet vergeten dat leven zonder risico's niet bestaat. Onze voorouders wisten dat, accepteerden risico's en overleefden.

Grond is ondersteuning

Amsterdam is gefundeerd op honderdduizenden palen, vertellen we de toeristen. En zo is het. Alle constructies in het westen van Nederland zijn slim gefundeerd, om de draagkracht van de grond tot het uiterste te benutten. Een draagkracht die pas substantieel beter wordt op het pleistocene zand dat meer dan 10 m diep ligt. De vroegste funderingen van de monumentale panden in Amsterdam bestaan uit dunne houten wrijvingspalen van hooguit 6 m lang, soms gebundeld in bossen ('huien'). In de 17e eeuw kwamen heimachines in zwang, op menskracht, die het mogelijk maakten langere houten palen weg te heien tot op een stevige zandlaag. Tegenwoordig worden vele verschillende funderingstypes toegepast die tot 50 meter en dieper

gaan. De uitdaging nu is bouwen in zeer complexe omstandigheden met minimale hinder naar de omgeving. De bouw van de Amsterdamse Noord-Zuidlijn is daarvan een perfect voorbeeld.

Ook in het verleden werden slimme oplossingen bedacht. Rond 1650 blies een zware zuidwesterstorm de toren van de Laurenskerk in Rotterdam scheef tegen het schip van de kerk. De toren, gefundeerd op korte wrijvingspaaltjes, was topzwaar geworden door de laatste opbouw in kostbaar Italiaans marmer. Onder leiding van de stadsbouwmeester werd een nieuwe fundering met lange houten palen rondom het bestaande fundament aangebracht, en de zware toren werd met kettingen en paardenkracht rechtgezet en op de nieuwe fundering gezet zonder een enkel schrammetje; een opmerkelijke prestatie.
Hoe men dat precies voor elkaar heeft gekregen is helaas niet overgeleverd. Als we tegenwoordig naar Rotterdam kijken, naar het nieuwe centrum met zijn torenhoge gebouwen, de Kop van Zuid, de Van Brienenoordbrug en de Erasmusbrug, de geweldige haven en het grote aantal tunnels, wegen en kades, en dit alles op uiterst slappe grond en met een hoog grondwaterniveau, dan zien we een indrukwekkend staaltje van geraffineerde geotechnische ingenieurskunst – al is het ondergrondse ervan nagenoeg onzichtbaar.

Grond is mobiliteit

In het westen van Nederland worden wegen en spoorwegen gebouwd op een zandbaan. Zonder zo'n onderbouw is een vlak spoor niet mogelijk. Wegen bouwen die niet ongelijkmatig verzakken op de slappe grond is geen gemakkelijke opgave, vooral door de heterogeniteit van de ondergrond. Grond is niet doorzichtig. Moderne technieken zoals akoestiek, seismiek en radarverkenning hebben hun beperkingen. Mobiliteit heeft echter een stevige basis nodig; alleen met goede wegen kunnen we ons vrijelijk bewegen, met minder oponthoud door voortdurende storingen vanwege de beweeglijke ondergrond. Ook onze ondergrondse transportinfrastructuur is indrukwekkend. We hebben meer dan 50 km aan korte tunnels, meestal kruisingen in een complexe omgeving, onder rivieren en kanalen, door dijken en in dichtbebouwde steden, gemaakt onder buitengewoon lastige grondcondities. Omdat tunnels een kortsluiting kunnen vormen verdient hun overstromingsbestendigheid speciale aandacht. Boren van grote tunnels is pas het laatste decennium opgekomen, omdat daarvoor de bestaande boortechnieken te veel risico met zich mee brachten. Toch heeft in minder dan tien jaar de Nederlandse tunneltechniek zich een toppositie veroverd in de internationale state of the art.

Bovendien ligt de ondergrond vol kabels en leidingen, zeker in de stad. Ieder huis heeft ondergrondse aansluitingen voor gas, water, elektra en telecom. Er ligt vele duizenden kilometers leiding in de grond. Grote leidingen worden onder waterwegen en andere hindernissen door geduwd of getrokken met behulp van gestuurd boren. De volgende stap is transport van huishoudelijk afval, goederenvervoer naar en van stadscentra, en leidingentunnels voor meerdere kabels en leidingen. De ondergrond is de drager voor de mobiliteit van de toekomst.

Grond is economie

De havens van Rotterdam en Amsterdam, maar ook die van Vlissingen en Delfzijl, en vele andere (jacht)havens liggen op de grens van land en water. Kades en aanlegsteigers voorzien in aanmeergelegenheid voor de grootste mammoettankers tot de kleinste plezierjachten.
De luchthaven Schiphol stelt de hoogste eisen aan de vlakheid van de startbanen, die gelegen zijn op de kleiige bodem van een voormalig meer. De mainports van Europa zijn de kraamkamer van industriële activiteit en zij beginnen vol te geraken. Nieuwe manieren van uitbreiding zijn nodig op de overbelaste grond. Verbreding van wegen en hogesnelheids- en vrachtspoorwegen, nieuwe kustuitbreiding (Stive's idee: 'een enorm antropogeen zandduin net buiten de kust, als een zandmotor die met de jaren via natuurlijke morfologische processen land creëert'), nieuw havengebied (Maasvlakte II), herstel van wetlands in samenhang met wonen, werken en natuur (IJsselmeer), en recent de Deltacommissie 2008 met het rapport Samen werken met water, dat uiteindelijk voor een belangrijk deel gaat over grond. Dit zijn grote uitdagingen met een uitgesproken rol voor de geotechnische ingenieur.

Grond is energie

Meer dan 99% van de aarde is warmer dan 1000°C, minder dan 0.1% is kouder dan 100°C. Naar beneden gaande neemt de temperatuur iedere 100 meter met 3°C toe. Stel je voor: we leven op een gigantische kachel. Een grootschalige oplossing voor de huidige energieproblematiek ligt recht onder onze voeten, bereikbaar met moderne en toekomstige slimme boortechnieken uit de olie-industrie. Bovendien, in de wetenschap dat dat meer dan 90% van onze energie uit kolen, gas en olie komt en dat meer dan 35% van ons energiegebruik in de klimaatbeheersing van onze woningen zit, is het duidelijk dat geothermische energie precies is wat we moeten ontwikkelen. Fossiele brandstoffen raken uitgeput: de prijs groeit gestaag, en toenemende afhankelijkheid van energie-import getuigt niet van wijs beleid. Door exploitatie van geothermische warmte kan in principe de CO_2-uitstoot met 20 tot 30% worden gereduceerd, zodat de Kyoto-doelstellingen haalbaar worden. Olie is in feite een onvervangbare grondstof, veel te kostbaar om te verbranden. De olie-industrie kan heel goed in de energiemarkt blijven en zich toeleggen op geothermische energie. Kortom, als oplossing voor de energie van de toekomst is de grond veelbelovend.

Grond is bedrijvig

Het biochemisch potentieel van de ondergrond is immens en vooralsnog nauwelijks verkend. In een kilo grond zitten 1000 miljard bacteriën met allerlei rollen: afbraak van organisch materiaal, onderdeel van de cyclus van voedingsstoffen, betrokken bij vrijwel iedere chemische omzetting in de grond. Afhankelijk van de beschikbaarheid van voedingsstoffen zijn ze actief of niet. Als we hen nu eens voor ons aan het werk konden zetten! Recente ontwikkelingen op dit gebied bij Deltares hebben aangetoond dat de natuurkrachten van micro-leven gestimuleerd kunnen worden om grondcondities te veranderen. Zandsteen maken in slechts enkele dagen, afdichten van onderbrekingen in grondlagen of tunnelwanden zonder tevoren te weten waar zij zitten, maken van bijzondere boorvloeistof voor zettingscompensatie, stabiliseren van veen (niet meer gevoelig voor oxidatie), en reinigen van vervuilde grond. De elegantie van die aanpak is dat we de natuur zelf het werk laten doen.

Grond is thuis

Meer en meer gebruiken we de ondergrondse ruimte, de derde dimensie. Door minder prettige activiteiten ondergronds te brengen, krijgen we op het maaiveld ruimte voor de dingen die we daar wel willen, zoals wonen, recreatie, landbouw en niet het minst: natuur, om te hebben en om ervan te genieten. In de ondergrond stoppen we parkeergarages, winkelcentra, bibliotheken, gevangenissen, kassen, personen- en goederenvervoer, en allerlei industriële activiteiten zoals waterzuivering, vuilopslag en distributiesystemen. De ondergrond is ongevoelig voor klimaat en het dagelijkse weer. De grond is een veilig thuis voor veel activiteiten. ■