

Op speurtocht diep onder de grond en de zee

Wie Nederland maar een plat en saai land vindt, moet maar eens met Fons ten Kroode praten. Onder onze vlakke bodem gaat een boeiend landschap schuil. Ook op andere plekken in de wereld brengt Ten Kroodes onderzoeksgroep bij Shell de interessantste ondergrondse topografieën in kaart.



De wereld van Fons ten Kroode is groot. Hij houdt zich bezig met de wereld boven én onder de grond en geeft leiding aan een groep onderzoekers die deels in Rijswijk en deels in Houston gehuisvest is. Zonder aarzelen ruimt hij in zijn drukke agenda plaats in voor Wisactueel. Er is grote behoefte aan enthousiaste wiskundigen en Ten Kroode wil graag iets van hun mogelijkheden in het bedrijfsleven laten zien. Zijn verhaal maakt duidelijk hoe boeiend het vak van een wiskundige kan zijn.

Exotische vormen

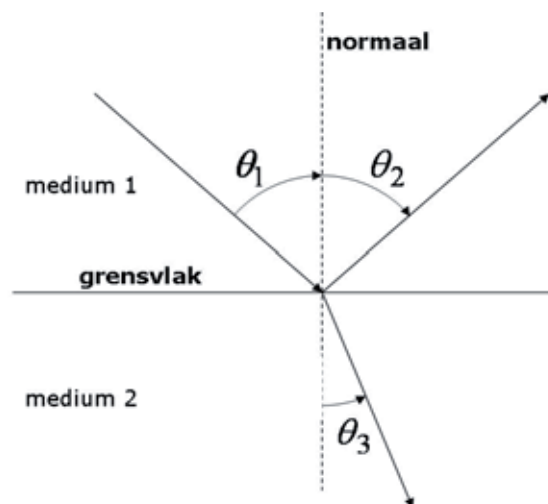
Hoewel Ten Kroode prachtig kan vertellen over de ondergrondse 'zoutbergen' boven het Groninger gasveld die daar miljoenen jaren geleden door tektonische bewegingen zijn ontstaan, houdt hij zich vooral bezig met het onderzoeken van aardlagen onder de zee. Doel is het lokaliseren van nog onontdekte olie- en gasvoorraden. Dit vraagt om veel vernuft. De makkelijk te vinden voorraden zijn al in kaart gebracht en er zijn steeds complexere methodes nodig om nieuwe voorraden te vinden. "We gebruiken seismische metingen om naar gas en olie te zoeken", vertelt Ten Kroode. "Makkelijk te vinden voorraden bevinden zich in horizontaal lopende lagen die je met eenvoudige seismiek zichtbaar kunt maken. Nu de eenvoudig te vinden voorraden opraken, moeten we in steeds ingewikkelder geologische configuraties op zoek naar olie en gas."

Het is een speurtocht naar geologische lagen die miljoenen jaren geleden zijn gevormd. Door verdamping van het zeewater ontstonden toen uitgestrekte zoutvlakten, die vervolgens weer werden bedekt met een dikke laag sediment, aangevoerd door rivieren. In de Golf van Mexico bijvoorbeeld liggen die zoutlagen nu op 1000-5000 meter onder de zeebodem in een zee van zo'n 1500 meter diep. Door de toenemende druk hebben de oorspronkelijk vlakke lagen allerlei exotische vormen aangenomen en ónder die vormen ligt dan *misschien* olie of gas. Hoe vind je uit waar?

Metten op zee

Om kilometers diep in de bodem te kijken, ver onder het zeeoppervlak, worden seismische meettechnieken gebruikt. Deze zijn gebaseerd op de eigenschappen van geluidsgolven. In de limiet, als je golven met zeer hoge frequenties zou gebruiken, kun je geluidsgolven voorstellen als lichtstralen. Dan gelden de wetten van Snellius over breking en terugkaatsing van lichtstralen bij de overgang tussen twee media (bijvoorbeeld lucht en glas).

De wet van Snellius



Als een straal een grensvlak tussen twee media bereikt, ontstaat in het medium van inval een teruggekaatste straal volgens de regel 'hoek van inval is hoek van terugkaatsing': $\theta_1 = \theta_2$.

In het tweede medium (het medium van breking) geldt:

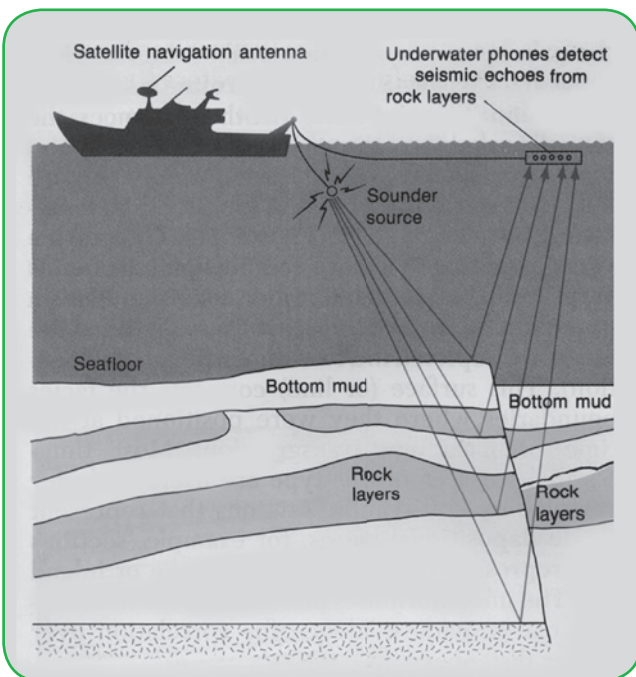
$$\frac{\sin \theta_1}{v_1} = \frac{\sin \theta_3}{v_2}$$

met v_1 en v_2 de voortplantingssnelheid in respectievelijk medium 1 en medium 2.

► Lees verder op volgende pagina.

Deze eenvoudige wet vormt de basis van het seismisch bodemonderzoek. Alleen gaat het hier over de breking tussen water en modder, modder en gesteente, en tussen verschillende soorten gesteente.

Met speciale meetschepen worden grote hoeveelheden seismische data verzameld. "Vlak achter een meetschip", legt Ten Kroode uit, "bevindt zich een drukkamer waaruit met regelmatige tussenpozen een bel samengeperste lucht ontsnapt. Door deze puls ontstaan golven die zich in het water en de onderliggende bodem voortplanten. Als een golf een overgang tegenkomt, kaatst hij voor een deel terug. De teruggekaatste golven worden geregistreerd met onderwatermicrofoons in een sleep van een paar kilometer lang en soms wel twintig lijnen breed achter het schip.

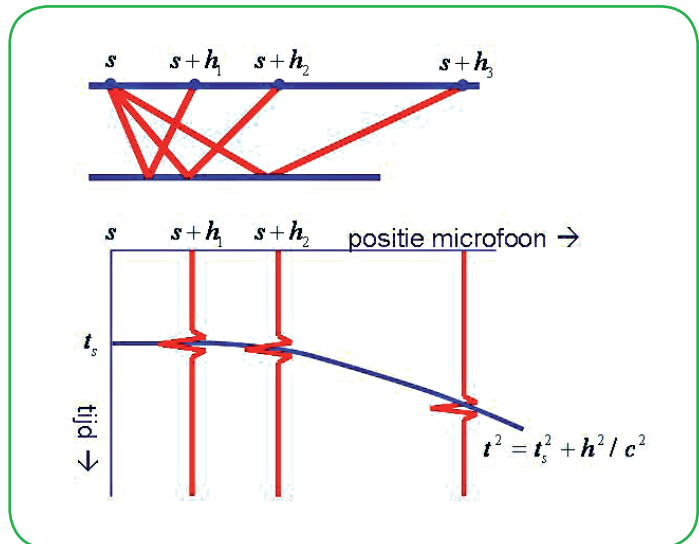


Seismisch bodemonderzoek vanaf een meetschip

Door heen en weer te varen scant het schip de zeebodem af." Een meetschip levert dus een enorme hoeveelheid data waar Ten Kroode en zijn onderzoekers mee aan de slag gaan.

Hoewel de wiskundige modellen die zij gebruiken bijzonder complex zijn, zijn sommige basisprincipes ook al inzichtelijk met middelbare-school-wiskunde. Bijvoorbeeld het berekenen van de voortplantingssnelheid van een golf. Deze is afhankelijk van het medium (water, modder, etc.) waar een golf zich in voortbeweegt.

De figuur hieronder illustreert het principe hiervan.



Schematische weergave van een seismische meting

Op positie s wordt door een seismische bron een puls gegeven waarvan de weerkaatsing op verschillende posities $s+h$ wordt geregistreerd. De meting levert een kromme die je kunt beschrijven met:

$$t^2 = t_s^2 + \frac{h^2}{c^2}$$

- met t_s = aankomsttijd van de gereflecteerde puls gemeten ter plekke van de bron
- t = aankomsttijd van de gereflecteerde puls gemeten door een microfoon op afstand h van de bron
- h = afstand tussen bron en microfoon
- c = de te berekenen voortplantingssnelheid van de golf.

Echt bijdragen

Wat opvalt, is het plezier waarmee Ten Kroode over zijn werk vertelt. "Toen ik hier begon, heeft Shell me de tijd gegund om me te ontwikkelen in dit vak. Nu draag ik bij aan het oplossen van echte businessproblemen. Soms met oplossingen waarmee we beter presteren dan onze concurrenten. Ook door het vinden van extra oliereserves kan ik het bedrijf echt helpen."

Bijna ging het mis. Bij zijn eindtoets op de basisschool kreeg Ten Kroode het advies om vooral geen wiskunde, maar talen te gaan doen. Op de middelbare school echter bleek al snel dat wiskunde juist een van de leukere vakken was. "Ik vond het leuk om met eenvoudige formules te stoeien. Als leerlingen aan wiskundewedstrijden meededen, vond ik dat heel knap. Toch is dat geen voorwaarde voor succes. Niemand in mijn groep heeft vroeger aan wiskundeolympiades meegedaan." Ten Kroode geniet van zijn werk als wiskundige: "Op school leg je de basis voor wat je later gaat doen. Als dat iets is wat je leuk vindt, kun je van een hobby een vak maken. Wie wil dat niet?"