

Spanningsvelden van de mijnbouw

Afscheidsrede

Prof.ir. P. van Leeuwen

21 november 1990

1990470

Tres Red. 1990

SPANNINGSVELDEN VAN DE MIJNBOW

Rede, uitgesproken bij het afscheid als gewoon hoogleraar in de Mijnkunde
aan de Faculteit der Mijnbouwkunde en Petroleumwinning van de
Technische Universiteit Delft

op woensdag 21 november 1990

door Prof.ir. P. van Leeuwen.

Geachte toehoorders,

1. Inleiding

Spanningen, spanningsveranderingen en spanningsvelden zijn ons allen bekend, bijv. van het dagelijkse weerkaartje, wanneer een atmosferisch lage drukgebied, een depressie, in aantocht is. Spanningsvelden van de mijnbouw staan uiteraard in direct verband met het mijnbouwproces, dus met de winning van minerale grondstoffen en hun verwerking tot een commercieel/industriële produkt.

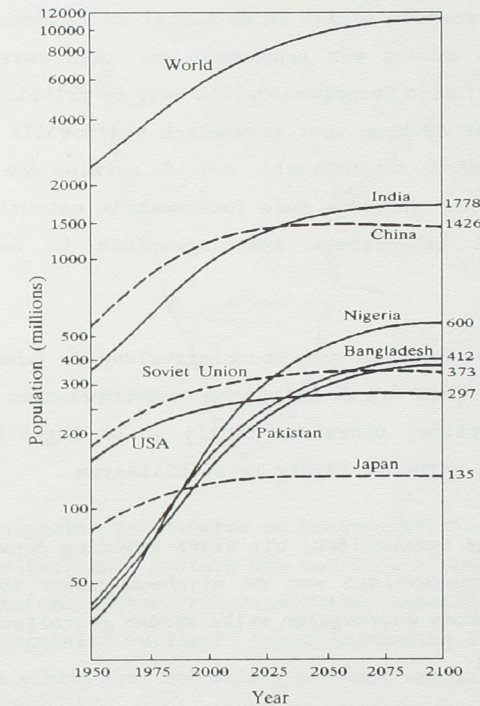
Het vakgebied van de grondstoffentechnoloog omvat enerzijds de kennis van minerale voorkomens, het hoe en waarom van hun genese en verspreiding en, anderzijds, het ontginnen van ertsen en deze op te werken tot een bruikbaar industrieel produkt. Zolang in de kostprijs van dit industrieel produkt op een verantwoorde wijze ook de milieukosten, d.w.z. kosten van afvalopslag, werkveiligheid, optimale recovery, rehabilitatie van milieuschade t.g.v. de mijn- en verwerkingskosten zijn doorberekend moet het dus goed zitten wat betreft de "performance management" van de mijnbouwindustrie. Het op een verantwoorde wijze doorberekenen van deze milieukosten is een rekbaar begrip, en dit is vaak terug te voeren naar de afweging van de 'economic viability' van het mijnbedrijf.

Wij leven in een tijdperk van een snelle bevolkingsgroei, vooral in Azië en Afrika, maar ook van snelle technologische ontwikkelingen. Deze laatste echter geconcentreerd in de geïndustrialiseerde landen. De mijnbouw is uiteraard betrokken bij het beschikbaar maken van materiële middelen voor de groeiende behoefte als gevolg van deze ontwikkelingen.

Vóór in te gaan op enkele van de spanningsvelden van de mijnbouw lijkt het mij nuttig U iets te vertellen over het werkgebied van de mijnbouw.

Onze aarde, zoals wij haar nu kennen, kan gezien worden als een actief systeem met twee duidelijke energiebronnen. De eerste is de zonnehitte welke verantwoordelijk is voor zulke fenomenen als atmosferische turbulenties (wind), temperatuurverschillen, oceaanstromingen, waterverdamping en neerslag, maar ook plantengroei en leven in het algemeen. Echter, ook voor de

neveneffecten zoals fysische en in zekere mate chemische verwerking aan het aardoppervlak. Als de zon de enige energiebron was, zou de aarde zich ontwikkeld hebben tot een relatief gladde globe zonder hoge bergketens en diepe oceaانبekkens.



Figuur 1. Projected growth of population in several large countries, and for the world as a whole. Demographers suggest that by 2100 A.D., the world will have attained a constant sized population. (From Demeny, *Population and development Review*, vol. 10, no. 1 (1984) p. 103.)

Dat de aarde niet een gladde globe is komt door de tweede actieve energiebron, de inwendige hitte van de aarde, welke verantwoordelijk is voor de niet dagelijks waarneembare, zeer langzame maar persistente horizontale en verticale bewegingen van de ogenschijnlijk vaste gesteentemassa van de aardmantel en aardkorst. Deze eeuwig doorzettende bewegingen kreukelen en knikken het aardoppervlak, stuwen bergketens kilometers omhoog, splitsen continenten apart waardoor nieuwe oceaانبekkens gevormd worden. Kortom, over de lange geologische tijdschaal is deze energiebron verantwoordelijk voor het steeds veranderende reliëf van de aardbol.

Deze twee fundamentele, natuurlijke krachtensystemen, gedreven door de externe zonnehitte-, respectievelijk de interne aardehitte-energie, onderhouden een natuurlijk dynamisch evenwicht.

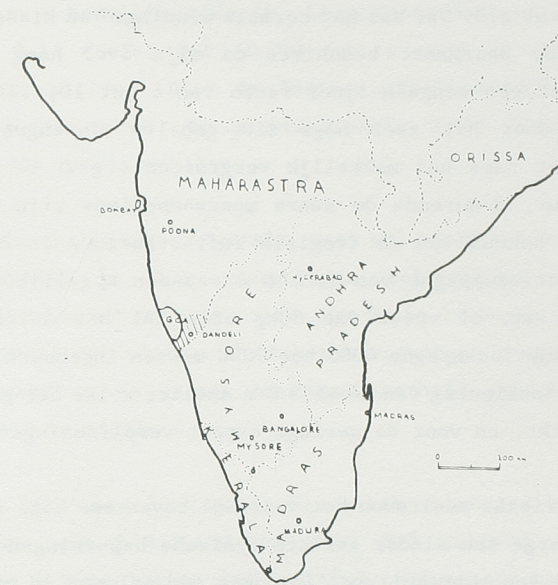
Opbouw- en afbraakprocessen actief in de mantel en aardkorst, dus de daaraan gebonden toevoer en afvoer van geomaterialen, zijn oorzaak van een geochemische circulatie; zijn verantwoordelijk voor de primaire concentratie van elementen en daardoor de bron voor economisch waardevolle afzettingen. Daar doorheen speelt een derde natuurkracht, n.l. de werking van de zwaartekracht, welke in combinatie met genoemde twee fundamentele natuurlijke krachtensystemen, de moeilijk beheersbare spanningsvelden in de diepe mijnbouw veroorzaken.

Nu hebben snelle veranderingen van spanningsvelden de inherente eigenschap, dat bij het overschrijden van de kritische randvoorwaarden van een dynamisch evenwicht ze irreversibel doorslaan tenzij er de mogelijkheid bestaat en aangegrepen wordt de situatie tijdig te stabiliseren.

Aan de hand van enige voorbeelden, uit eigen ervaring danwel betrokkenheid, wil ik enkele spanningsvelden van de mijnbouw nader toelichten, ook de mogelijke stabiliserende maatregelen welke werden getroffen of in de lijn der verwachtingen liggen.

- Daartoe wil ik U eerst verplaatsen naar India in de periode 1956 - 1960. India telde in 1956 ca. 550 miljoen inwoners. De centrale regering had juist een tweede vijf-jaren plan gelanceerd gericht op de ontwikkeling van de zware industrie. In dit vijf-jaren plan moest de staalindustrie, de basis vormend voor iedere vorm van de zware industrie, van 1.500 000 tot 6.000 000 ton jaar-capaciteit gebracht worden. India was voorheen in wezen geëxploiteerd als groot leverancier van grondstoffen, o.a. van mangaanertsen - zo'n 1.400 000 ton per jaar, voor de westerse industrieel ontwikkelde landen. In de grondstoffenvoorziening voor de westerse staalindustrieën nam destijds de afdeling ertshandel van Wm. H. Müller & Co. een vooraanstaande plaats in.

N. KANARA MANGAANERTS-DISTRICT ZUID INDIA



Het logistische enigszins geïsoleerde N. Kanara-district in Zuid India, ter hoogte van de oude Portugese enclave Goa aan de westkust is een interessant gebied van mangaanertsen, daar deze ertsen zich kenmerken door een aantrekkelijke laag fosforgehalte -0,03% P. Een uitzondering in India. Het Kanara-district beschikte echter over een weinig betekenende infrastructuur, hetgeen de ontwikkeling van de mangaanertsafzettingen tegenhield. Toen echter hydro-elektrische energie op industriële schaal voor N. Kanara beschikbaar kwam besloot Müller & Co, via een dochtermaatschappij, samen te gaan met een lokale mijneigenaar voor het bouwen van een smelter voor de produktie van z.g. standaard ferromangaan, zo'n 11.000 t/jaar. Standaard ferromangaan is een mangaan ijzeralliage met minimaal 75% Mn, en maximaal 0,35% P. De Kanara ferromangaankwaliteit met slechts 0,1% P kan dus op een gunstige markt rekenen.

De oxidische mangaanertsen zijn ter plaatse oppervlakte-afzettingen van chemische verweringsprodukten uit mangaanrijke basische stollingsgesteenten. De waardevolle accumulatie van ertsen liggen verspreid, zijn wisselvallig van omvang en kwaliteit, en fysisch sterk verschillend. De ertsen worden niet alleen selektief gemijnd, maar na de winning ook nog optisch, d.w.z. met het

blote oog, chemisch geclassificeerd in 6 klassen met een mangaan-ijzer ratio aflopend van 6,5 tot 2,0. Dit was het normale winnings- en klassifikatieproces voor exportertsen. Daarnaast beschikte de mijn over hoog silicahoudende mangaanertsen, met een mangaan-ijzer ratio van 6 tot 10, totaal ongeschikt voor de export door het zeer hoge SiO_2 -gehalte en ongunstige fysische eigenschappen, met name het makkelijk vergruizen t.g.v. de extreem brosse fysische structuur. Gedurende de zware moessonperiode zijn de mijnen niet toegankelijk ter behoud van de fragiele infrastructuur en derhalve is een jaarlijkse productiecampagne van slecht 6 maanden mogelijk. Met een netto dagproductie per man of vrouw van 50kg erts zal het duidelijk zijn dat gedurende de produktiecampagne 4000 tot 5000 mensen ingehuurd moesten worden voor de behoeftevoorziening van de 4500 KVA smelter welke het gehele jaar door ononderbroken werkt, en voor de geringe export-verplichtingen van de mijn.

Nu heeft de elektrische smeltoven het voordeel boven een hoge schachtoven dat de te smelten charge aan minder strikte fysische beperkingen gebonden is en men redelijk snel een chargebijstelling, met een nalooptijd van 2 uur, in de smelt terugvindt. Het productieproces van de smelter moest aangepast worden aan de kwalitatieve capaciteitsgrenzen van de mijn.

Gezien de vereiste mangaan-ijzer verhouding van tenminste 5,5 in de charge en een mangaan recovery in het smeltproces van 80 procent, lag de economische grens van de smeltcharge bij een slak-metaal verhouding van 50/50.

Het spanningsveld was duidelijk. De kwalitatieve eisen welke het smeltproces stelde aan de ertsen waren kwantitatief een moeilijke opgave voor de mijnorganisatie. De wisselvalligheid van de verspreide afzettingen speelde daarin ook een rol, maar ook de logistische organisatie van 5000-tallige arbeiders inzet.

Bedrijfsmatig werden bij de smelter twee aanpassingen doorgevoerd:

1. Door systematisch gegevens te verzamelen over de relatie van de fysisch-chemische gesteldheid van de ertsen in de charge en de ovengang konden bruikbare parameters ontwikkeld worden wat betreft de te verwachten mangaan recovery in de smelt. Hierdoor kon er goed ingespeeld worden op de aangeleverde ertsen en konden richtlijnen wat betreft een bijstelling van het mijnproduktieschema tijdig worden afgegeven.

2. Voor vele speciale stalen waaraan mangaan is toegevoegd, is juist fosfor een schadelijk element. Laag fosforhoudend ferromangaan met maximaal 0,1% fosfor met 70-75% Mn is voor de staalindustrie een acceptabele alliage. Door de Indiase staalindustrie is dit schoorvoetend geaccepteerd. De internationale markt houdt vast aan een minimaal 75% mangaangehalte.

Een lokaal, kleinschalig spanningsveld, maar wel symptomatisch voor de minder ontwikkelde landen. In deze voor India belangrijke beginperiode van industrialisatie werd het mangaanverlies van 9% in de rookgassen nog voor lief genomen. Niet omdat men niets zag in het afvangen en recyclen van mangaanstofdeeltjes, maar om de economische haalbaarheid van de overall-smeltinstallatie zeker te stellen.

3. Een sprong van 1955 naar 1990 geeft een sterk veranderd beeld. De wereldbevolkingstoename van 3 miljard naar ca. 5.2 miljard, en een sterkere beïnvloeding van de samenleving door een snel evoluerende technologie. Het is verstandig een toekomstbeeld te beperken tot de komende 10 jaar, dus tot het jaar 2000. Dan zijn de trendlijnen van bepaalde ontwikkelingen redelijk goed in kaart te brengen, dankzij een veelheid van studies door internationale vakgroepen. De wereldbevolking groeit tot ca. 6 miljard, met duidelijke gevolgen voor het materiaal- en energiegebruik.

Het wereldenergieverbruik in 1980 bedroeg ca. 10 miljard t SKE en vertoonde in 1988 een stijging van ca. 1,5 miljard tot ca. 11,5 miljard t SKE. Tot het jaar 2000 berekent de World Energy Conference een energiebehoefte toename tot 13 à 15 miljard t SKE (Figuur 2).

Het is U waarschijnlijk bekend dat de grote westerse industrielanden een disproportioneel aandeel opeisen van het wereldenergieverbruik, nl. met minder dan 16% van de wereldbevolking verantwoordelijk zijn voor de helft van het totale wereldenergieverbruik (excl. de zgn. 'non commerciële energie' zoals hout, etc.), terwijl de ontwikkelingslanden met meer dan 55% van de wereldbevolking zo'n 15% verbruiken. Hetgeen minder de nadruk krijgt is dat sinds 1980 het aandeel van kolen en bruinkool, uitgedrukt in SKE eenheden,

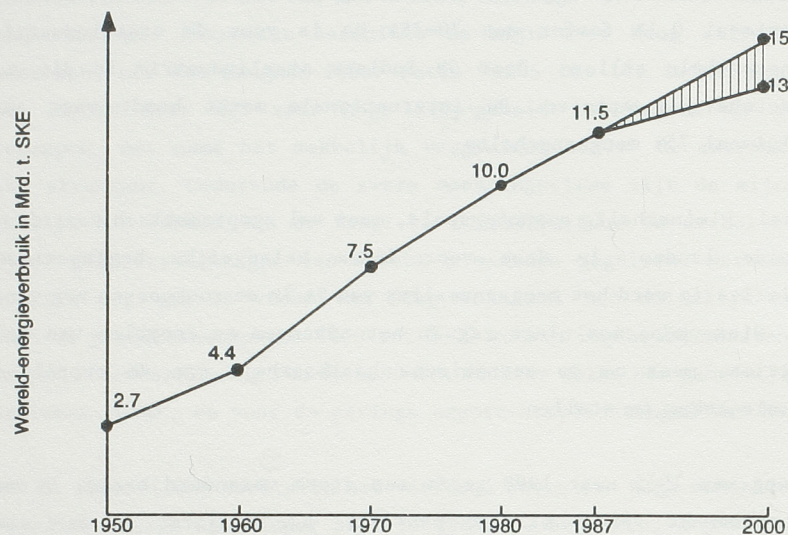


FIG. 2 Wereld-energieverbruik in periode 1950-200

zich op ca. 30% van de totale energie-opwekking heeft gestabiliseerd. Is de verwachting dat dit percentage-aandeel voor kolen en bruinkool zich in de komende 10 jaar zal doorzetten gerechtvaardigd of is deze hypothese alleen maar gemakkelijk ter vereenvoudiging van economische modellen waarvan een ieder weet dat ze in de werkelijkheid niet werken? Studies dienaangaande, bijv. samengevat in een artikel van Friedrich H. Esser -Perspektiven der Steinkohle bis zum Jahre 2000- in Glückauf eind 1989, dus voor de conflict-situatie in het olierijke Middenoosten, komen tot de conclusie dat vervanging van kolen door andere energiedragers -zeker in wat grotere omvang in de komende 10 jaar als onwaarschijnlijk ingeschat kan worden. Daarbij komt dat kolen verreweg de grootste en goed toegankelijke beschikbare energie-reserve is. Stellen wij tot het jaar 2000 een laag groei scenario, door hoge kosten en een efficiëntere toepassing van energie, dus tot ca. 13 miljard t SKE per jaar, dan komt dit neer op een toename van het energieverbruik van ca. 1,5 miljard t SKE. Een 30% kolen aandeel betekent nog altijd een nieuwe produktie-ontsluiting van 450.000.000 netto tonnen kolen per jaar. Dat wil zeggen dat omstreeks het jaar 2000 jaarlijks ca. 4 miljard netto tonnen steenkool gewonnen moeten worden. Houdt men rekening met stillegging van mijnen door uitputting van lokale reserves of uit economische overwegingen, dan moet rekening gehouden worden met een nieuwe capaciteit van tenminste 600.000.000 netto

tonnen kolen per jaar. Dit is een enorme, maar geen onmogelijke opgave. De technologie voor grootschalige winning van kolen in dagbouw en ondergronds is bekend, met inbegrip van computerautomation voor grotere efficiëntie, kolenrecovery en werkveiligheid. Echter, moet men er wel bij bedenken dat een goede leiding, voorbereiding en intensieve werkscholing nodig zijn wil een project, binnen de bepaalde aanlooptijd de gestelde produktie halen. Er is nu reeds een gebrek aan mijningenieurs in Duitsland, Australië en Canada.

Een weerslag van de grotere inzet van kaustobiolieten-fossiele brandstoffen voor een groeiende energiebehoefte, is de ontwikkeling van de atmosferische CO₂-concentratie, mede verantwoordelijk voor het optreden van het 'broeikas-effect' of het 'klimaatrisico'. De trendlijn van de atmosferische CO₂-concentratie, met de scherpe stijging ervan sinds 1954 is algemeen bekend (Figuur 3).

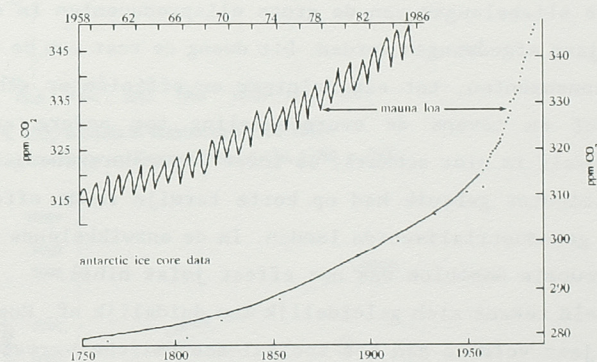


Fig. 3 Atmosferische CO₂ - niveaus.

1750 - 1954 ijsboorkernen Antarctica.
1958 - heden observaties te Hawai

Uit : Zimmermeyer en Esser, Glückauf 125, 1989, p. 956.

(De trendlijn van CO₂-concentratie in de atmosfeer is gebaseerd op metingen welke als betrouwbaar mogen worden beoordeeld (Luchtbellen, ingesloten in poolijs tot 1954, en metingen op de Mauna Loa in Hawaii sinds 1958). De mate van toename van de atmosferische CO₂-concentratie sinds 1954 staat in rechtstreeks verband met de verdubbeling van de wereldbevolking met alle nevenverschijnselen zoals grote ontbossingen, de voortschrijdende industrialisatie en intensieve landbouw. In de opname van de uitstoot van CO₂ blijken de oceanen een sleutelrol te vervullen, daar ze fungeren als enorme zinkputten voor CO₂. Het blijkt dat vandaag de dag ongeveer de helft van de totale

CO₂-uitstoot in de atmosfeer terecht komt. Echter, onderzoek door het Max-Planck Instituut voor Meteorologie in Hamburg van CO₂-transport en -opname in de oceanen met zgn. CO₂-assimilatie modellen, wijst er op dat bij een constant gehouden totale emissie van CO₂ op middenlang termijn de assimilatie ervan door oceanen oploopt tot 70%. Dat betekent dat wanneer wij de CO₂-emissie over jaren constant weten te houden de mate van stijging van CO₂ in de atmosfeer belangrijk vertraagd kan worden.

In dit verband zijn over de periode 1950 - 1980 de bijdragen aan de CO₂-emissie door individuele landen en werelddelen interessant, in 1984 gepubliceerd door het U.S. Department of Energy. (Figuren 4 en 5).

In de trendlijnen van de CO₂-emissies voor de geïndustrialiseerde landen sinds 1950 is het jaar 1973 toch wel opmerkelijk door de abrupte afvlakking van de mate van stijging. 1973 was het jaar van de eerste oil shock. Door het bundelen van de oliebelangen van de grote olieproducenten in de OPEC konden hogere olieprijsen afgedwongen worden. Dit dwong de rest van de wereld, vooral de grote olieconsumenten, tot een zuiniger en efficiënter gebruik van deze energiegrondstof en tevens de overschakeling tot andere energiedragers. Energie op zichzelf is niet schaars, de inzet van andere energiedragers neemt tijd. Het efficiënter gebruik had op korte termijn reeds effect op de CO₂-uitstoot in de geïndustrialiseerde landen. In de ontwikkelende landen, en het industrieel kreuple oostblok was het effect juist nihil.

Het spanningsveld tekent zich geleidelijk aan duidelijk af. Hoe kunnen wij in de komende 10 jaar voldoen aan het sociaal-economische verwachtingbeeld van een groeiend aantal mensen, waarin een ruime energievoorziening een belangrijke plaats inneemt. Tevens wordt verwacht de groei van de milieuproblematiek te beteugelen, waarin de beperking van de CO₂-uitstoot hier ter sprake is. Een internationale aanpak van dit mondiale probleem is noodzakelijk. Het Nederlandse aangescherpte nationale Milieubeleidsplan Plus is zeker verdienstelijk en vraagt inzet en offers die wij moeten en kunnen maken. Een stap verder gaat het in het Verenigde Duitsland waar West Duitsland de lasten te dragen krijgt van een Oost Duitsland waar in het verleden groeiende milieuproblemen weinig aandacht kregen. De Verenigde Naties kent de werkgroep Inter Governmental Panel on Climate Change (IPCC) die duidelijk bezorgdheid uitsprekt over het broeikas-effect. Er is nu in de Verenigde Staten van Amerika een wetgeving voorgesteld welke het koolstofgehalte van brandstoffen financieel belast.

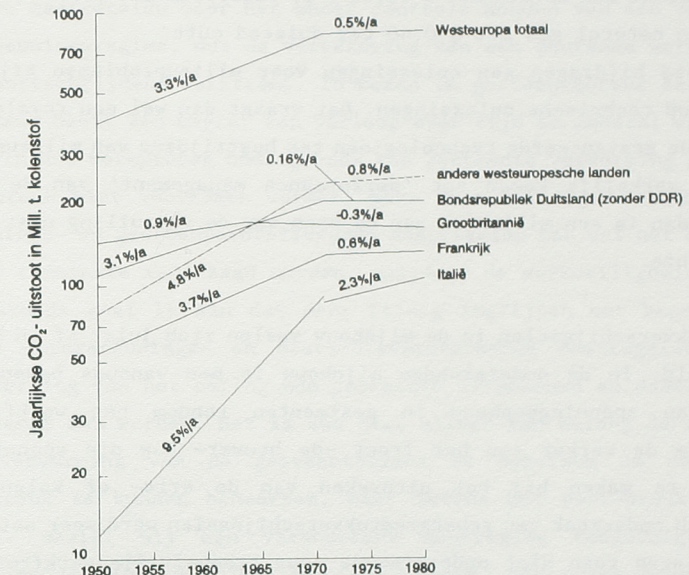


Fig. 4. CO₂-emissie in Westeuropa 1950-1980.
Uit: Zimmermeyer en Esser, Glückauf 125, 1989, p. 957.

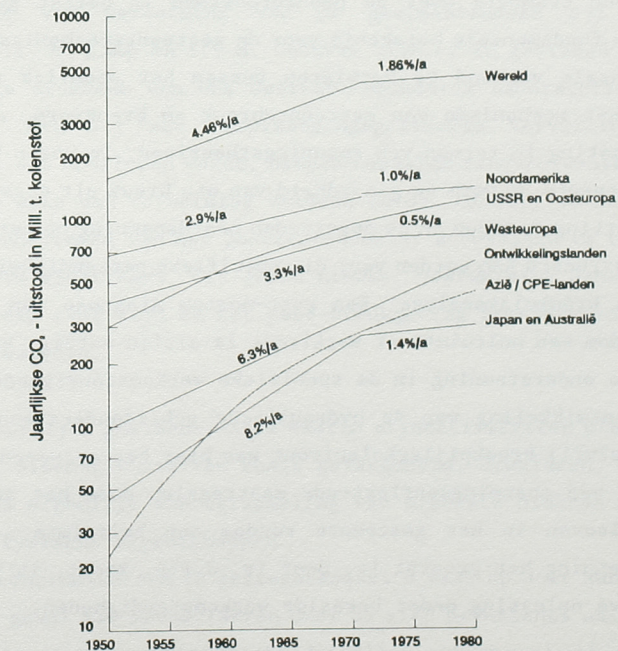


Fig. 5. Regionale CO₂-uitstoot wereldwijd 1950-1980.
Uit: Zimmermeyer en Esser, Glückauf 125, 1989, p. 961.

Als deze koolstofbelasting van kracht zou worden, zou dat betekenen dat steenkool belast zou worden met \$ 16,50 / t, petroleum met \$20,50 / m³ (\$ 3,25 per bbl), en natural gas met \$ 0,40 per duizend cuft.

Voor concrete bijdragen aan oplossingen voor milieuproblemen zijn wij dus aangewezen op technische oplossingen. Dat vraagt dan wel een royale transfer van bestaande geavanceerde technologieën ter bestrijding van milieuproblemen. Willen wij werkelijk komen tot 'performance management' van de mijnbouw-industrie, dan is een milieutax aan de bron van de vervuiling niet eens zo'n wilde gedachte.

4. Gebergtedrukverschijnselen in de mijnbouw spelen zich juist af in het aardse spanningsveld. In de ondergrondse mijnbouw is men vanouds bekend met het fenomeen van spanningsopbouw in gesteenten rondom het werkfront. Men onderrichtte de werker aan het front -de houwer- hoe die spanningsopbouw dienstbaar te maken bij het uitbreken van de erts- of kolenlaag. Het systematisch onderzoek van gebergtedrukverschijnselen werd zeer actueel in de vijftiger jaren toen niet ondersteunde -dus stempelvrije werkfronten nodig werden voor de beginnende mechanisatie van de afbouw zoals dat doorgevoerd werd bij de winning van kolenlagen. In Nederland werd het onderzoeksresultaat van dr.ir. John Gramberg over de breukprocessen in belast gesteente rond holruimten van fundamentele betekenis voor de gesteentemechanica. Hij slaagde er in het causale verband te verklaren tussen het ordelijk plaatsvindend breukproces, het mechanisme van gesteentebrek en breukvorm, en de daartoe benodigde belasting in termen van spanningstheorieën. In wezen betekent dit, dat als in gesteente de vorm en geaardheid van een breuk uit observatie bekend zijn, het belastingspatroon en de opgetreden hoofdspanning op het ogenblik van breuk gereconstrueerd kan worden voor die specifieke omstandigheid door middel van breuk- en breukvlakanalyse. Een post-mortem diagnose van het gebroken gesteente rondom een holruimte of werkfront is altijd nuttig, want het geeft aan waaraan de ondersteuning in de specifieke werkomstandigheden niet heeft voldaan. De ontwikkeling van de hydraulische schildondersteuning voor een modern, stempelvrij breukpijlerkolenfront was hier het antwoord op. Het idee en uitvoering van spanningsontlastende maatregelen door het aanbrenge van ontspanningssleuven in het gesteente rondom een holruimte, daar waar de optredende spanning het grootst is, door ir. J.P.A. Roest, is een latere en zeer effectieve oplossing onder bepaalde werkomstandigheden.

Toch ontbrak nog steeds bepaalde essentiële kennis voor werkelijk effectieve, preventieve maatregelen voor het onder controle houden van een ontwikkelend kritiek spanningsregime, dus de verzekering van een duurzame werkveiligheid aan een voortschrijdend werkfront. In wezen is gesteentebrek een dynamisch proces, breuk heeft een begin, een verloop over tijd en meestal een onbekend eindpunt. In het werkproces ondergronds kan gesteente vervorming en daardoor initiële breuk niet voorkomen worden, maar door het tijdig aanbrenge van ondersteunings- en gesteenteversterkende maatregelen kan wel het breukproces gestopt of tenminste vertraagd worden, waardoor de werkveiligheid opgevoerd wordt. Daarmede geef ik aan dat door tijdig ingrijpen met beperkte, maar doelmatige ondersteunings- en gesteenteversterkende maatregelen de zelfdragende werking van het omringende gesteente uitgebouwd en daardoor tijdig optimaal benut kan worden. Het is dus niet alleen van belang de mate van de grootste vervorming van de gesteentemassa te beperken om de mate van gesteentebrek te kunnen beheersen, maar tevens het post-brek gedrag te bestuderen, veelal bij een veranderend drukregime tengevolge van het voortschrijdende werkfront. Dat wil dus zeggen, dat onder bepaalde werkomstandigheden, dus in een bekende gesteentemassa en in-situ spanningen, wij moeten weten wat voor gesuperponeerde spanningen een door ons toegelaten, bepaalde mate van vervorming van de gesteentemassa zal veroorzaken. Medewerkers, ir. W. Kamp en ir. M. Cockram zijn er in geslaagd de grote 3500 KN drie-assige drukbank van ons Gesteentemechanica Laboratorium zodanig te programmeren, dat bij een verplaatsingsgestuurde vervorming een eigen belastingstraject doorlopen wordt, binnen bepaalde randvoorwaarden, zodat aan de aangegeven mate van vervorming voldaan wordt. Daarbij is het mogelijk de structuurveranderingen van het gesteentemonster acoustisch te registreren in drie loodrechte richtingen. Dit geeft nieuwe, waardevolle aanwijzingen over het breukverloop over tijd en het post-brekgedrag gerelateerd aan bepaalde spanningsvoorwaarden.

Nu is een natuurlijke gesteentemassa waarin mijnactiviteiten plaatsvinden een gesteente met discontinuïteiten zoals gelaagdheid, diaklazen, breukvlakken, stringen, dus eigenlijk een verzameling van discrete blokken met een eigen geometrie en fysische eigenschappen.

Nu vallen discontinuïteiten in gesteentemassa's vaak op door hun wederkerende regelmaat, in geval van breukvlakken door de zich herhalende uniformiteit van breukoriëntatie over een uitgestrekt duidelijk gemarkeerd gebied.

Een voorbeeld hiervan is weergegeven in het volgende beeld (Figuur 6), een markante uniforme discontinuïteitszone in een massief sulfidisch ertsvoorkomen in de Iberian Pyrite Belt in zuidwest Spanje. Dit voorkomen is genetisch geassocieerd met vulkanische activiteiten die op grote schaal plaatsvonden in het Onder Carboon, dus zo'n 350 miljoen jaar geleden. De afzetting die U ziet is strata-gebonden, fijnkristallijne massieve sulfiden, ingebed tussen dikke leisteen en schaliebedden. Het werkfront ter plaatse in dit voorkomen is zo'n 150 m breed en tot 80 m hoog. De fijnkristallijne sulfiden gedragen zich als een bros materiaal, terwijl de leisteen en schaliebedden een duidelijk plastisch gedragselement hebben.



De opvallend goed ontwikkelde verticale splijtbreuken in de massieve sulfiden geven aan dat na afzetting dit materiaal onderhevig is geweest aan een hoge verticale belasting in een periode van spanningsontlasting in het horizontale vlak. Het zegt dus iets over een post-mineralisatieperiode, dus over een fysische materiaaltoestand in bepaalde delen van ertsvoorkomens in de Iberian Pyrite Belt. Een dergelijke omstandigheid van het erts en nevengesteente laat zich goed in een berekeningsmodel voor een mijnontwerp invoeren, daar randvoorwaarden van de fysische materiaaleigenschappen van erts en nevengesteente te bepalen zijn. Dat betekent wel teruggrijpen op de testresultaten van de materialen in het laboratorium, en kennis van het huidige in-situ spanningsregime.

De combinatie van laboratorium en veldwerk schept nu de gelegenheid het mijnontwerp te beïnvloeden door een optimale mijnconfiguratie uit te werken voor een hoge werkveiligheid. Dit laatste kan door het aangeven van welke ondersteunings- en gesteente-verstevigingsmaatregelen waar en wanneer moeten worden aangebracht.

Vertoont de gesteentemassa een gecompliceerder breukpatroon dan hiervoor werd aangegeven, dan is door observatie en systematische beschrijving en indeling, ontleding van het breukpatroon mogelijk door toepassing van breuk- en breukvlakanalyse op de specifieke breukconfiguratie. Hierdoor kunnen in aangepaste simulatiemodellen de gevolgen van mijnactiviteiten numeriek doorgerekend worden wat leidt tot beoordelingscriteria.

Dit topic "From theory to practice in rock engineering" leidt uiteraard tot een levendige uitwisseling met buitenlandse collega's en duurzame contacten met mijnbedrijven. Dit zijn positieve bijdragen aan het oplossen van mijntechnische problemen.

5. Nawoord

Spanningsvelden van de mijnbouw zijn in wezen dus uit evenwicht verschijnselen direct of indirect tengevolge van mijnbouwkundige activiteiten voor de grondstoffenvoorziening. Deze kunnen een noodzakelijke evenwichtstoestand van natuurlijke krachtensystemen verstoren. Wat de milieu-invloed betreft blijkt de combinatie van hydro- en atmosfeer de gevoelige schakel te vormen in het systeem. Het zijn dus niet zozeer de directe mijnbouwactiviteiten dan wel de indirecte consequenties van bevolkingsaanwas en behoeftebevrediging met het gebruik van deficiente technologieën. Een globale hydro- en atmosfeer huishouding wordt een noodzaak, waarin de moderne technologische kennis een belangrijke rol behoudt.

Over het in toepassing brengen van deze technologieën merkt Mr. Mozes, technisch directeur van British Coal, recentelijk op dat op een tijdschaal van introductie tot volledige verspreiding in een tijdperk van 'revolutie' dit 20 jaar nodig heeft; in een tijdperk van 'evolutie' dit 30 jaar of meer nodig heeft. Het lijkt mij dat de tijd dringt.

De Faculteit Mijnbouwkunde en Petroleumwinning wil in deze revolutie-evolutie-problemen ook een rol spelen. In wezen wordt ons vakgebied beter omschreven met "Resources Technology" omdat onder resources tevens verstaan wordt wat vandaag nog niet bruikbaar of zelfs afval is, maar door snelle technologische ontwikkeling in de naaste toekomst een bruikbare grondstof kan leveren. De integrale opleiding die mijn faculteit biedt is van meer dan nationaal belang door de verschillende facetten van het vakgebied zoals weerspiegeld in de afstudeerrichtingen. Daarin ligt dan ook het grote gevaar van het decimeren van een afstudeerrichting, daar een specifieke expertise daar onderhouden en uitgebouwd moet worden.

11 jaar geleden waarschuwde prof. Hans de Wijs reeds ervoor dat een faculteitbeleidsplan, dat aan randvoorwaarden vastzit van een goedgekeurd docentenplan, dito personeelsformatie, zo mede een verdeelsleutel voor de begroting geen goede grond is voor verfrissende beleidsvisies. Nu de verdeelsleutel voor de begroting binnen de faculteit gelegd is, lijkt mij dat de verantwoordelijkheid voor een beleidsvisie teveel verplaatst is. In Nederland werkt een faculteitsbestuur zonder de benefit van een ervaren curatorium gerecruiteerd uit industrie, overheid en researchinstituten.

Het is niet mijn bedoeling deze uittreerede in mineur te eindigen. Daartoe is de inzet van staf en ondersteunend personeel veel te overtuigend. Hoe bundel je dit om een opleiding te verzorgen waar de toestromende studenten en het nationaal belang mee gediend zijn?

Ik dank de naaste medewerkers van de sectie Grondstoffentechnologie voor het plezier van 9 jaren samenwerken.

Ik wens de faculteit een goed gekozen verdere ontwikkeling en een eendrachtige sterkte van studenten, staf en medewerkers.

Ik heb gezegd.

Glückauf !

Prof.ir. P. van Leeuwen.

Literatuur

1. Resources of the earth - J.R. Craig, D.J. Vaughan and B.J. Skinner - Prentice Hall, 1988.
2. Het smelten van mangaanertsen uit Noord-Kanara (India) tot ferromangaan - Ir. P. van Leeuwen - , De Ingenieur, no. 29, 1960.
3. Perspektiven der Steinkohle bis zum Jahre 2000 - F.H. Esser - , Glückauf 125, no. 9/10, 1989.
4. CO₂ und der Treibhauseffekt: Massnahmen und Strategien der Deutschen Steinkohle - G. Zimmermeijer und F.H. Esser - , Glückauf 125, no. 15/16, 1989.
5. A non-conventional view on rock mechanics and fracture mechanics - J. Gramberg - , Delft University of Technology, 1986.
6. Technology in the next 100 years - revolution or evolution, - K. Moses - , The Mining Engineer, Sept. 1989.
7. House, President consider carbon tax on coal, Mining Engineer, Aug. 1990, pag. 961.
8. Nationaal Milieubeleidsplan Plus, Ministers van VROM, EZ, LNV en VW, 1990.