

Metaalschaarste:
een ontvucherend perspectief

Materiaalschaarste: bedreiging of kans voor
Nederland?

12 november 2009



andre.diederer@tno.nl



Slide 1

Schaarste is natuurlijk van alle tijden. Maar een belangrijk verschil met vroeger is de globale schaal van de huidige problematiek. Vanuit het hier getoonde perspectief is de aarde namelijk één groot Paaseiland.

“De markt lost altijd alles op”, niks aan de hand?



2

Metaalschaarste: een ontvucherend perspectief

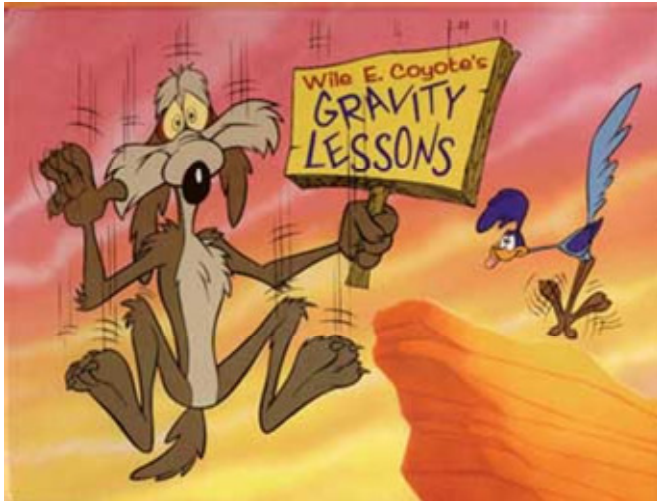
Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009



Slide 2

De vrije markt heeft ons enorm veel profijt gebracht. Toch is dit geen wondermiddel voor alle kwalen, getuige de huidige financiële crisis. Bovendien hebben financiële produkten de eigenschap zich te kunnen onttrekken aan fysieke begrenzinger, iets dat natuurlijk niet geldt voor grondstoffen en de produkten en diensten die daar rechtstreeks uit voortvloeien.

Is ongelimiteerde groei mogelijk?



3

Metaalschaarste: een ontvullend perspectief

Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009



Slide 3

De wet van de zwaartekracht hoef ik u natuurlijk niet uit te leggen. Maar de 2^o hoofdwet van de thermodynamica ligt wat minder duidelijk voor de hand en hier wordt helaas nog vaak tegen gezondigd in allerlei voorstellen om de groei in energieverbruik en materiaalconsumptie voort te blijven zetten. Die 2^o hoofdwet houdt ondermeer in dat energie-omzettingen altijd gepaard gaan met verliezen. En zo is het een fluitje van een cent om peper en zout te mengen, maar kost het veel meer moeite om dit te scheiden in zuiver peper en zuiver zout. De essentie van de 2^o hoofdwet van de thermodynamica houdt in dat het energie kost om energie te concentreren en als het tempo en de schaalgrootte hiervan het natuurlijke draagvermogen van de omgeving ver te boven gaan, lopen we al snel tegen natuurlijke begrenzingen aan.

Inhoud

- **Grondstoffenschaarste**
 - Productiesnelheid versus ultieme winbare hoeveelheid
 - Energieschaarste
- **Mineralogische barrière**
 - Historie: metaalproductie decennia lang dalend in VS
 - Toekomst: metaalproductie gaat globaal dalen, volgorde
- **Gevolgen van metaalschaarste**
 - Flessenhals in zicht
 - Wat betekent dit (globaal)?
 - Gaat technologie ons redden?
- **Oplossingsrichtingen met intrinsieke waarde**
 - O.a. **Elements of Hope**



Slide 4

Ik wil graag de volgende 4 punten met u doornemen.

Om te beginnen ga ik in op een aantal achtergronden van materiaalschaarste. Ik laat u hierbij zien dat er een direct verband bestaat tussen materiaalschaarste en energieschaarste.

Vervolgens zal ik met u bespreken dat materiaalschaarste nu al speelt.

Tenslotte neem ik de implicaties van materiaalschaarste en een aantal oplossingsrichtingen met u door.

Grondstoffenschaarste

- Grondstoffen kunnen daadwerkelijk schaars worden in een **problematisch kort tijdsbestek**
- Elementen verdwijnen natuurlijk niet, maar wat wél in een versnellend tempo opraakt zijn de winbare hogere **concentraties**
- Conventionele maatregelen negeren de benodigde **tijdigheid** in combinatie met de benodigde **schaalgrootte**

5

Metaalschaarste: een ontnuchterend perspectief

Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009



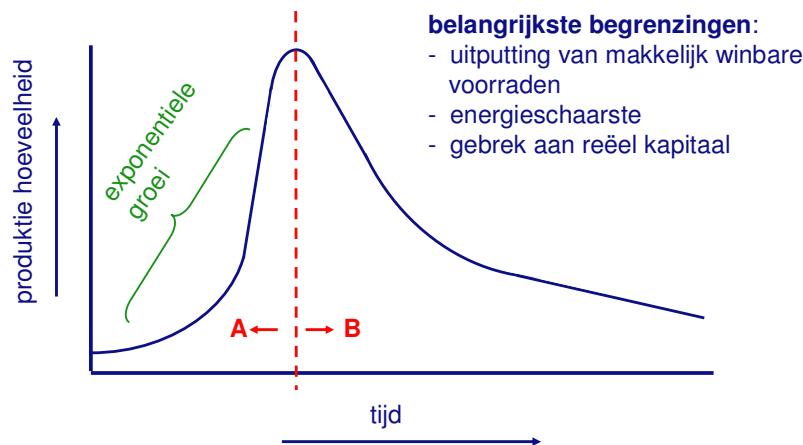
Slide 5

Het eerste punt spreekt niet voor zich en zal ik verderop proberen te illustreren. Het gebrek aan tijd speelt ook bij andere schaarsten en de benodigde transitie een prominente rol.

Het tweede punt zal ik verder in deze presentatie toelichten.

Tot de belangrijkste lakmoesproeven om voorgestelde oplossingen te filteren behoren tijdigheid en schaalbaarheid.

Het gaat om de productie **snellheid**



6

Metaalschaarste: een ontvullend perspectief

Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009



Slide 6

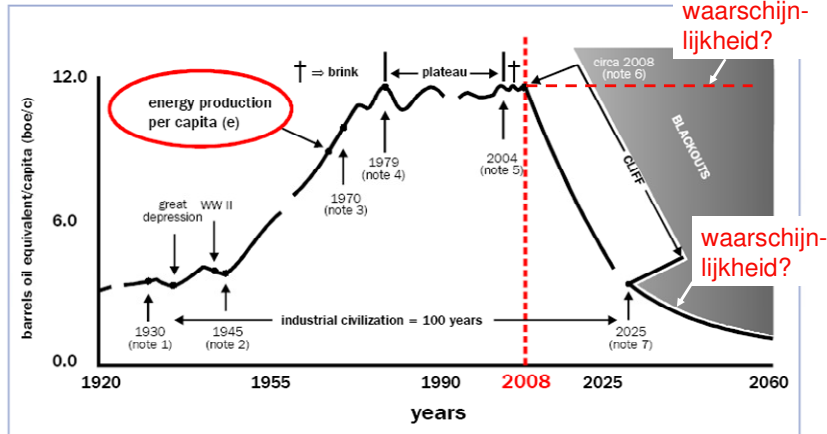
Misschien heeft u al eens de term piekproductie gehoord en als dit niet zo is wil u graag verduidelijken wat hiermee bedoeld wordt. Na een periode van versnelde produktiegroei treedt de wet van de verminderde meeropbrengst in werking, waarna een (smal of breed) plateau wordt bereikt waarbij de productie niet langer meer kan groeien. Deze grafiek illustreert dit en de top in deze grafiek noemen we de produktiepiek. Na de piek (deel B van de grafiek) kunnen mogelijk nog veel méér grondstoffen worden geproduceerd in de loop der jaren dan vóór de piek (deel A), maar veel belangrijker dan de nog winbare voorraden onder de grond is de maximale productie in een bepaald jaar.

In werkelijkheid kan het productieverloop natuurlijk met horten en stoten gepaard gaan, maar de hier getoonde grafiek is het gestileerde algemene beeld.

De belangrijkste factoren die dit gestileerde productieprofiel veroorzaken zijn het uitputten van de makkelijk winbare voorraden (het laaghangende fruit), de toename in de moeite die je moet doen om de moeilijker winbare voorraden te ontginnen en de stijgende financieringsbehoefte voor mijnbouw en productie op deze schaalgrootte.

Overigens kun je ook al schaarste hebben bij een productieprofiel in gebied A, ik kom hier bij slide 12 op terug.

Dalende energieproductie per hoofd van de wereldbevolking



Bron: The Olduvai Theory, Richard C. Duncan, 1989 en 2006

7

Metaalschaarste: een ontvullend perspectief

Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009

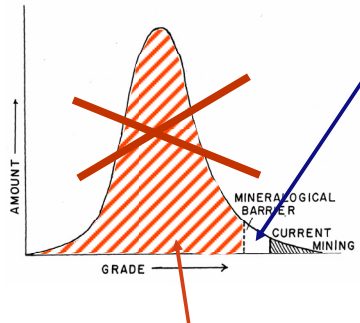


Slide 7

Als we kijken naar de geschiedenis (links van de verticale rode stippellijn) dan zien we dat de energieproductie per wereldburger al jaren niet meer groeit.

In de dertig jaar dat dit plateau er is, is de globale energieproductie gegroeid, maar dit geldt ook voor de wereldbevolking. En de wereldbevolking groeit voorlopig nog door. Hoe waarschijnlijk is het dat dit plateau zich nog jarenlang voortzet (rode horizontale stippellijn)? En hoe waarschijnlijk is het dat de energieproductie per wereldburger instort langs de geschetste zwarte lijn? Voor de komende paar decennia zal de werkelijkheid waarschijnlijk hier tussen in liggen, dus een afnemende energieproductie per wereldburger. Dit is erger dan een zero sum game: bij een zero sum game gaat de groei van de één ten koste van 'n ander maar bij een krimpscenario gaat zelfs nulgroei bij de één ten koste van 'n ander. Tenzij we onze maatschappij minder energie-intensief maken, maar zover zijn we nog niet.

Elementen $\geq 0.1\%$ (massa) aardkorst: de bulk is onbereikbaar



mogelijk winbare voorkomens van
**aluminium, ijzer, silicium,
magnesium, titanium,**

Bron: "Exploring the resource base" by Brian J. Skinner, Yale University, 2001

extreem energie-intensief

8

Metaalschaarste: een ontvullend perspectief

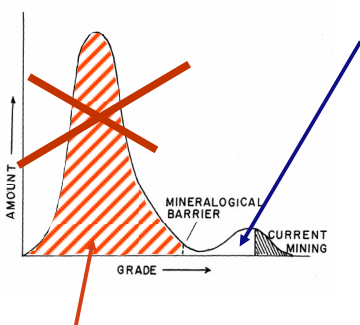
Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009



Slide 8

De absolute hoeveelheden van allerlei metalen in de aardkorst zijn onvoorstelbaar groot, maar de bulk ervan had er net zo goed niet kunnen zitten want die is energetisch gezien onbereikbaar. Dat kunnen we zien in deze grafiek, want de bulk vinden we in onbruikbaar lage concentraties.

Elementen $< 0.1\%$ (massa) aardkorst: de bulk is onbereikbaar



mogelijk winbare voorkomens

"zeldzaam": Cu, Sn, Ni, Sb, Ag,

"sporen": Pt, In, Se, Ga,

Bron: "Exploring the resource base" by Brian J. Skinner, Yale University, 2001

extreem energie-intensief

9

Metaalschaarste: een ontvullend perspectief

Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009

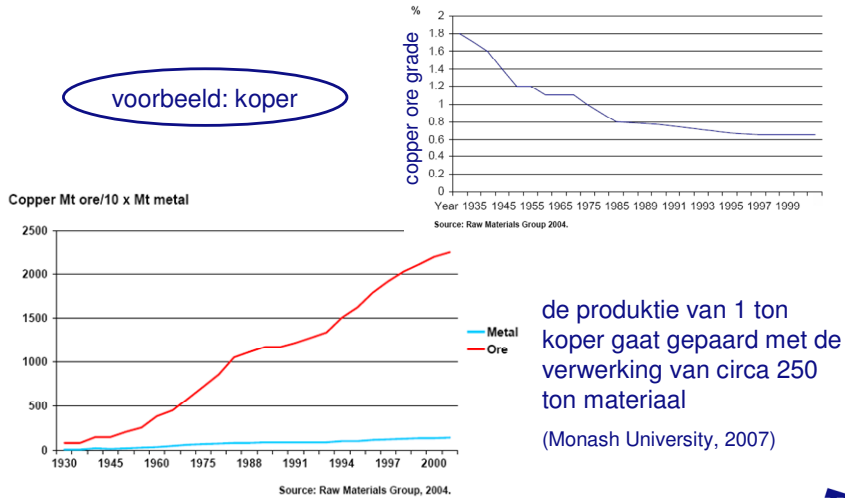


Slide 9

De vorige grafiek is geldig voor de meest voorkomende metalen zoals Fe en Al, voor alle andere metalen is de situatie eigenlijk nog ongunstiger omdat er nog een dip in de grafiek zit bij afnemende ertsgraad.

Lagere ertsgraden en ongunstiger lokaties →
veel meer energie nodig t.b.v. concentratie

voorbeeld: koper



10 Metaalschaarste: een ontvullend perspectief

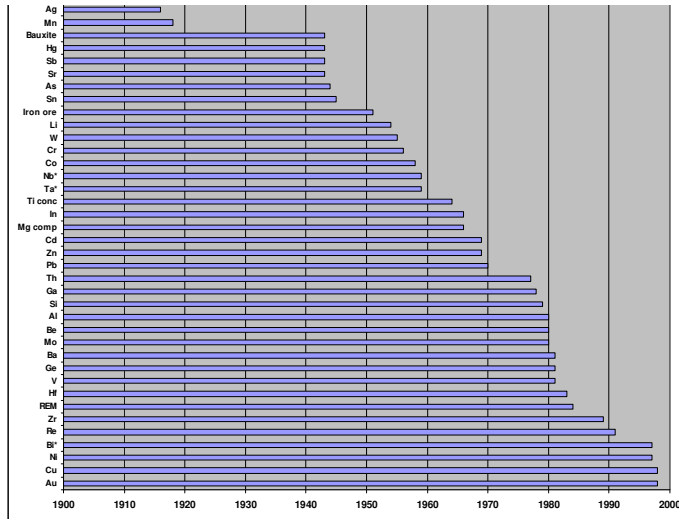
Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009



Slide 10

De gemiddelde ertsgraad van koper neemt voortdurend af en de laatste paar decennia zitten we op een min of meer constante waarde. Dit is te zien in de grafiek rechtsboven. Ondanks deze min of meer constante ertsgraad moeten we toch voortdurend meer rots en puin verwerken om dezelfde hoeveelheden koper te kunnen concentreren doordat de winning op steeds moeilijker bereikbare en ook diepere plekken plaatsvindt. Dit is te zien in de grafiek linksonder.

In de VS is de primaire produktie van de meeste metalen gepiekt vóór de jaren '80



Bron: Chris Clugston, "Continuously less and less", oktober 2009

11

Metaalschaarste: een ontvullend perspectief

Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009

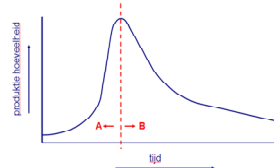


Slide 11

De VS, feitelijk 'n half continent groot, hebben de piek in primaire produktie van de meeste metalen inmiddels al zo'n 30 jaar achter de rug. Het betreft hier niet alleen metalen zoals zilver (1916) maar ook bulkmetalen zoals ijzer en aluminium. Dit betekent natuurlijk niet dat je geen Fe en Al meer zou kunnen delven in de VS, maar dat het grotendeels niet meer lonend is om dit in de VS te doen. Een vergelijkbaar beeld, in een andere volgorde overigens dan hier geschetst, zal zich ook globaal manifesteren.

Globaal piekt de primaire produktie van de meeste metalen mogelijk vóór circa 2025

- Nu al schaars:
 - zilver en goud (“kanarie in kolenmijn”)
 - een groot aantal metalen nodig voor de “**groene revolutie**”:
 - de platinagroep (Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Os)
 - de meeste zeldzame aardmetalen (La, Nd, Sm, Tb, ...)
 - diverse metalen die als bijproduct in geringe hoeveelheden worden gewonnen: Ga, Ge, In, Te, ...
- Vervolgens: tin, zink en lood + As, Ba, Bi, Cd, Li, Nb, Sb, Ta, W, Zr, ...
- Als koper en nikkel pieken, pieken ook Co en Mo (mogelijk vóór circa 2035)
- Onevenredige geografische verdeling → **regionale tekorten vóór globale tekorten!**



12

Metaalschaarste: een ontvullend perspectief

Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009



Slide 12

De piek in de primaire produktie van de meeste metalen wordt mogelijk halverwege de jaren '20 bereikt en op basis van alle beschikbare gegevens en analyses denk ik dat dit mogelijk nog eerder kan optreden. Als we over een aantal jaren terugblikken zou het wel eens zo kunnen zijn dat mede door de financiële crisis de piek in de primaire produktie van een aantal metalen al rond 2008 zal blijken te hebben plaatsgevonden. Dit betekent dan voor die metalen waarschijnlijk een dikkere en langere staart in de grafiek rechtsonder, maar produktiegroei is dan verleden tijd.

Veel belangrijke metalen zijn nu al schaars, ook al is hun globale primaire produktiepiek vaak nog niet bereikt. Goud is wat dit betreft de spreekwoordelijke kanarie in de kolenmijn: kosten noch moeite worden gespaard om goud te concentreren uit erts, gemiddeld verwerken we 200.000 ton vaste stof om 1 ton goud te concentreren. Toch lukt het ons al jaren niet meer om de primaire goudproduktie te laten groeien ondanks de aanhoudende grote vraag.

Nog belangrijker is het feit dat we voor de zogenoemde groene revolutie voor duurzame energie-opwekking en duurzaam energiegebruik juist die metalen nodig hebben waarvan we de produktie niet snel genoeg kunnen opvoeren om aan de vraag te kunnen voldoen. Wij hebben deze metalen nodig voor katalysatoren (en niet alleen voor auto's maar ook t.b.v. de chemische en de petrochemische industrie), brandstofcellen, permanentmagneten voor hybride en elektrische auto's en windmolens, accu's, spaarlampen, zonnecellen enz.

Op middellange termijn piekt mogelijk de produktie van tin, zink en lood plus een aantal hiermee geassocieerde metalen en een aantal andere metalen.

Tenslotte pieken ook koper en nikkel plus de hiermee geassocieerde metalen mogelijk halverwege de jaren '30 (of eerder) en houden we voornamelijk metalen als magnesium, aluminium en ijzer over waarvan de primaire produktie nog op peil kan worden gehouden of waarvan de produktie zelfs nog kan groeien.

Maar pas op: deze hele beschouwing betreft een globaal gemiddelde. Regionale tekorten gaan vooraf aan globale tekorten en Rob de Wijk gaat nader in op de geopolitieke aspecten hiervan.

Het pieken van de metaalproduktie zou niet zo'n probleem hoeven te zijn als we onze maatschappij minder materiaal-intensief zouden maken, maar zover zijn we nog niet.

Gevolgen van metaalschaarste

- Sterke prijsschommelingen
 - Prijzen moeilijk te dragen (zowel bij inflatie- als deflatie-scenario)
 - Onderbrekingen in aanvoer (exportquota's en exportstops)
 - **Metaalschaarste en energieschaarste verergeren elkaar!**
- Transitie naar duurzame economie niet haalbaar qua tijdigheid en schaalgrootte zonder ingrijpende maatregelen
- Directe bedreiging voor onze welvaart
 - Schaarste is vaak aanleiding tot conflicten → toenemende kans op instabiliteit



Slide 13

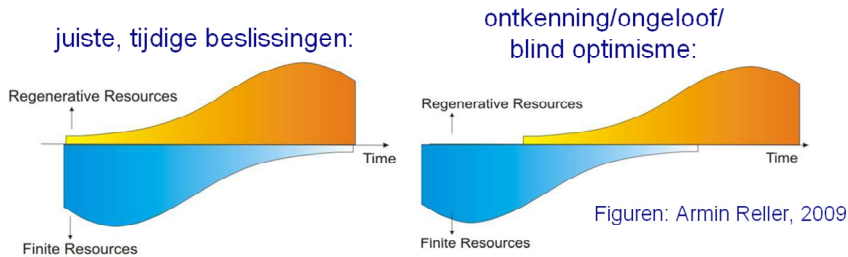
Schaarste komt op een of andere manier tot uitdrukking in prijsniveaus. Maar het absolute prijsniveau op zich is wellicht een onvoldoende indicator voor schaarste. Ten eerste is het ontbreken van prijsstabiliteit misschien nog wel belangrijker dan het absolute prijsniveau: onzekerheid kunnen we immers slecht gebruiken bij investeringsbeslissingen. Ten tweede kan schaarste zich ook manifesteren bij lage prijzen, dus bij deflatie. Geld is vervolgens tamelijk nutteloos als je er niet de gewenste spullen voor kunt kopen, zie de 3^e bullet.

Omdat metalen energievreters zijn en omdat de energiesector, van exploratie en winning tot opslag, conversie en transport, een metaalvreter is, verergeren metaalschaarste en energieschaarste elkaar.

Het zal inmiddels duidelijk zijn dat we de zaken niet op hun beloop kunnen laten als we een tijdige en omvangrijke transitie naar een duurzame economie willen realiseren.

En ook de onderaan de slide genoemde gevolgen kunnen ernstig zijn.

Flessenhals in zicht



Slide 14

Het is mijn overtuiging dat we door een moeilijke periode heen zullen gaan. De blauwe produktie (of het nu om energie of om grondstoffen gaat) zou je als “business as usual” kunnen beschouwen en de oranje produktie als “duurzaam”. Mijn boodschap is dat we tijdig maatregelen moeten nemen om te voorkomen dat we door een flessenhals heen moeten gaan zoals in het rechter plaatje geschetst. Dit rechter beeld schetst een situatie waar je niet op wil reageren, maar waar je op wil anticiperen. Waar je rechts je toevlucht zou moeten nemen tot figuurlijke amputatie om er doorheen te passen, zou je in het linker plaatje misschien nog weg kunnen komen met een afslankkuur, mits je daar tijdig aan bent begonnen.

Wat betekent dit (globaal)?

- Globaal verliezen we, regionaal zijn er winnaars
- Toegang tot grondstoffen:
 - door ze te bezitten
 - door ze te kopen (met reële koopkracht)
 - met geweld



Slide 15

Naar mijn overtuiging zullen we dus door een moeilijke periode heengaan en krijgen we te maken met een wereld die slechter af is dan in een zero sum game (zie slide 7). Maar zoals altijd zullen er winnaars en verliezers zijn.

Toegang tot grondstoffen komt dan hoofdzakelijk in 3 smaken voor: door ze te bezitten, door ze te kopen en door ze met geweld toe te eigenen. Voor NL valt optie 3 af. Optie 1 betekent voor NL het bezit van (delen van) de produktieketens. Optie 2 betekent het aanwenden van overschotten van diensten en produkten. Voor diensten moeten we het al lange tijd hebben van onze inventiviteit en creativiteit (in zeer brede zin) en dit geldt alleen nog maar sterker voor de toekomst. Voor produkten betekent het o.a. een grotere rol voor landbouw en een nog beter gebruik van de Noordzee.

Technologie verzacht de gevolgen, verwacht geen wonderen



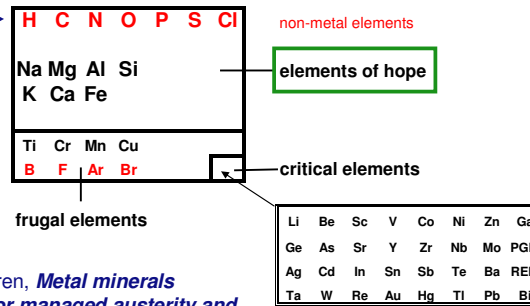
- Tijdigheid?
(denk in decades i.p.v. jaren)
- Economische schaalbaarheid?
- Maken we wel de juiste keuzes?

Slide 16

(ik wil hier graag slide 3 in herinnering roepen:) Je kunt de 2^e hoofdwet van de thermodynamica niet verslaan met technologie. Net als de vrije markt (slide 2) heeft technologie ons enorme voorspoed gebracht en bij technologie is de trukendoos nog lang niet uitgeput, maar ook hier geldt dat dit geen wondermiddel is voor alle kwalen. Tot de belangrijkste lakmoesproeven om voorgestelde oplossingen te filteren behoren tijdigheid en schaalbaarheid. Daarnaast moet je je ook afvragen of we het wel in technologie moeten zoeken. Soms is verandering in gedrag veel effectiever (en misschien ook wel veel moeilijker).

Oplossingsrichtingen die sowieso verstandig zijn (zowel energie als metalen)

1. Minder gebruiken
2. Langere levensduur
3. Hergebruik
4. Substitutie - - - ->
5. Produkt/proces ontwerp
6. Buffers



Bron: A.M. Diederer, *Metal minerals scarcity: a call for managed austerity and the elements of hope*, 10 maart 2009

17

Metaalschaarste: een ontvullend perspectief

Dr.ir. A.M. Diederer, 12 november 2009



Slide 17

De volgende oplossingsrichtingen zou je de “oplossingen van de minste spijt” kunnen noemen omdat ze zinvol zijn ongeacht hoe de toekomst zich gaat ontfouwen, het zijn oplossingsrichtingen met intrinsieke waarde. Ze zijn toepasbaar voor zowel energieschaarste als voor metaalschaarste.

De simpelste, de belangrijkste en tegelijk de moeilijkste oplossing is minder gebruiken. In combinatie met de andere oplossingsrichtingen kunt u hierbij ook denken aan efficiency verhoging en aan dematerialisatie. Dematerialisatie komt vaak neer op het vervangen van een grote hoeveelheid van het ene materiaal door een veel kleinere hoeveelheid van een ander materiaal. Een voorbeeld is de vervanging van fotorolletjes door digitale fotografie. Wel dient er tegelijk voor gewaakt te worden dat de efficiencywinst en de materiaalbesparing niet teniet wordt gedaan door consumptietoename, bijv. meer autokilometers in zuiniger auto's of een elektrisch autootje erbij voor in de Amsterdamse binnenstad.

Recycling vindt al op grote schaal plaats maar kan nog veel intensiever.

Aangepast produkt- en procesontwerp doen een groot beroep op onze inventiviteit en creativiteit, o.a. om produkten nog beter geschikt te maken voor recycling en voor een langere levensduur.

Misschien wel de mooiste uitdaging aan ons collectief vernuft is de substitutie van de schaarse metalen door de elementen die ik de “Elements of Hope” noem en waarvan de produktie het minst snel tegen grenzen zal aanlopen. Bijkomend voordeel hiervan is dat deze EoH intrinsiek milieuvriendelijk kunnen zijn omdat het leven uit deze elementen is opgebouwd, ze gebruikt voor zijn metabolisme of ongevoelig voor ze is in hun natuurlijke verschijningsvorm.

Laten we dit voorkomen:



CREW, you fixed the burgee upside down !

Slide 18

Metaalschaarste is reëel en urgent. Goede en integrale oplossingen vergen tijd om te ontwikkelen en om te implementeren. Laten we voorkomen dat we na vanmiddag weer over gaan tot de orde van de dag en bewust of onbewust denken dat dit iets voor later zorg is.