

# Ertsreserves drogen op

Minerale grondstoffen, zoals metalen, zijn onmisbaar voor de moderne samenleving. Als het gebruik hiervan exponentieel blijft stijgen, zoals al lange tijd het geval is<sup>1</sup>, dan zal een aantal van deze stoffen naar verwachting binnen een periode van enige tientallen tot honderden jaren zijn uitgeput. De vraag is of technologie gelijke pas kan blijven houden met de geleidelijk laagwaardiger wordende erts en de stijgende energiekosten. Om uitputting van economisch interessante erts te voorkomen, zal de winning van sommige metaalerts aanzienlijk moeten worden ingekrompen. Daarvoor moet internationaal beleid worden ontwikkeld.

In dit artikel wordt achtereenvolgens ingegaan op het begrip 'schaarste', wat zijn schaarse grondstoffen en bij welke gewonen hoeveelheid van die schaarse grondstoffen is er nog sprake van duurzame winning.

## Schaarste

Er kunnen drie types van schaarste worden onderscheiden<sup>2</sup>:

- *Geologische schaarste*  
Dit is schaarste die wordt veroorzaakt door uitputting van winbare erts
- *Tijdelijke schaarste*  
Dit is schaarste die wordt veroorzaakt omdat het aanbod tijdelijk niet kan voldoen aan de vraag. Mogelijke oorzaken zijn: geopolitiek, mijnongelukken, weercondities, gedrag van monopolisten of oligopolisten, stakingen, enz.
- *Structurele schaarste*  
Dit is schaarste van zogenaamde companion metals. Dat zijn metalen die

bijproduct zijn van de winning van zogenaamde carrier metals zoals chroom, mangaan, ijzer, aluminium, magnesium, titaan, tin, nikkel, koper, lood en zink. De meeste andere metalen zijn een bijproduct van één of meerdere van deze metalen. Het is – vooralsnog – te kostbaar om companion metals als hoofdproduct te winnen. Het aanbod kan daarom niet meefluctueren met de vraag. Er is bijna per definitie een overschot van of een tekort aan deze metalen.

Het aantal jaren dat resteert totdat een minerale grondstof geologisch is uitgeput, is een maat voor de schaarste aan die grondstof. Schaarste van een minerale grondstof kan worden uitgedrukt in de volgende formule:

$$S_c = A_v/E$$

waarin:

$S_c$  = geologische schaarste uitgedrukt in het resterend aantal jaren tot aan uitputting van de extraheerbare grondstof

$A_v$  = extraheerbare grondstof (ton). Wij gebruiken de globale extraheerbaarheid van een grondstof zoals gedefinieerd door het UNEP International Resource Panel<sup>3</sup>. Dit wordt nader uitgelegd in de sectie over winbare grondstoffen

**Theo Henckens, Peter Driessen en Ernst Worrell**

Ir. M. (Theo) Henckens is gepensioneerd. Zijn functie was projectdirecteur milieu- en waterstudies bij het adviesbureau DHV. Prof. Dr. P. (Peter) Driessen en Prof. Dr. E. (Ernst) Worrell zijn resp. hoogleraar environmental governance en hoogleraar op het gebied van de relaties tussen energie- en materiaalgebruik en milieu, beiden aan de Universiteit van Utrecht.

<sup>1</sup> Theo Henckens promoveert aan de Universiteit van Utrecht met een onderzoek naar de technische en beleidsmatige aanpak van het probleem van schaarse metalen

E = jaarlijkse extractie (ton/jaar), gebaseerd op gegevens van USGS<sup>4</sup>.

## Winbare grondstoffen

Hoeveel van een element in de aardkorst is winbaar? Technisch gezien is alles winbaar. Maar of winning economisch haalbaar is hangt af van een combinatie van factoren zoals ertskwaliteit en -concentratie, hoeveelheid, diepte, locatie en de marktprijs van de desbetreffende grondstof.

Een erts is een gesteente dat een sterk verhoogde concentratie van een bepaald element bevat. Slechts een klein deel van de

Tabel 1 Typische concentraties van een aantal metalen in erts en hun verrijksfactoren ten opzichte van de gemiddelde concentratie in de aardkorst. De ertsconcentraties zijn ontleend aan Rankin<sup>5</sup>, de gemiddelde concentratie in de aardkorst is van UNEP

	Typische minimum concentraties in erts (ppm)	Voorkomen in het bovenste deel van de aardkorst (ppm)	Verrijksfactor (afgerond)
<b>Geochemisch relatief overvloedige metalen</b>			
Aluminium	320.000	80.000	4
Ijzer	250.000	35.000	7
Titanium	100.000	4.100	20
<b>Geochemisch relatief schaarse metalen</b>			
Nikkel	10.000	44	200
Koper	5.000	25	200
Zink	40.000	71	600
Goud	4	0,0018	2.000
Lood	40.000	17	2.000
Tin	50.000	5,5	9.000

aanwezige hoeveelheid van een element in de aardkorst is in ertsform aanwezig. Bij veel metalen is de verhouding tussen het voorkomen in metaalerts en gemiddeld in de aardkorst een factor 100 tot 1000. Zie tabel 1.

Het overgrote deel van een element is niet economisch winbaar omdat het te verdund voorkomt. Een expertteam van de Verenigde Naties, het zogenaamde United Nations Environmental Programme (UNEP) International Resource Panel<sup>3</sup>, schat de orde-grootte van winbare voorkomens van een element op 0,01 % van de totale hoeveelheid van dat element in de bovenste kilometer van de aardkorst.

Uit een vergelijking van de winbare voorkomens, aldus berekend door het expertteam van UNEP, met gegevens van de United States Geological Survey (USGS) over de ertsreserves in de aardkorst, concludeert het UNEP-team dat zijn benadering een redelijke schatting oplevert van de bovengrens van de winbare hoeveelheden van stoffen uit de aardkorst. Volgens USGS<sup>6</sup> zijn reserves het deel van de reserve base dat economisch winbaar en voor productie beschikbaar is op dit moment.

De reserve base is het deel van de geïdentificeerde bronnen dat voldoet aan minimumvoorwaarden voor wat betreft fysische en chemische criteria gerelateerd aan de huidige mijnbouwpraktijk, zoals voor concentratie, kwaliteit, dikte en diepte.

Geïdentificeerde bronnen zijn bronnen waarvan de locatie, concentratie en kwaliteit en kwantiteit bekend zijn of geschat op basis van de specifieke geologische situatie. Geïdentificeerde bronnen kunnen economisch winbaar zijn of niet.

De winbare voorkomens op basis van de UNEP-berekening zijn gemiddeld ongeveer 35 maal zo groot als de reserve base, zoals aangegeven door USGS.

Op basis van de (optimistische) UNEP-benadering van winbare grondstoffen hebben de auteurs voor 60 elementen uitgerekend hoe lang het (na 2050) zal duren totdat de winbare voorkomens zijn uitgeput. Daarbij zijn ze in eerste benadering ervan uit gegaan dat de huidige winning tot 2050 blijft stijgen met 3% per jaar en vanaf 2050 stabiel blijft.

Met een dergelijke toename van 3% per jaar is het gemiddelde consumptieniveau per

wereldburger in 2050 ongeveer gelijk aan het gemiddelde consumptieniveau van de geïndustrialiseerde wereldburger nu.

Als het rijke deel van de wereld pas op de plaats zou maken, dan zou bij een mondiale toename van 3%, de rest van de wereld in 2050 zijn bijgetrokken. Er is natuurlijk van alles af te dingen op de aanname van een gelijkblijvende jaarlijkse gebruikstoename voor iedere stof gedurende tientallen jaren. De 3% aanname moet daarom worden gezien als een eerste benadering.

Het onderzoek heeft zich beperkt tot 60 metalen en metalloïden. Dat betekent niet dat andere stoffen, bijvoorbeeld fosfor, niet relevant zouden zijn uit een oogpunt van geologische schaarste. Tabel 2 biedt een overzicht van de berekeningsresultaten, waarbij de elementen zijn verdeeld in schaarstegroepen.

Eén van de conclusies is dat er op basis van de

uitgangspunten van de UNEP verhoudingsgewijze weinig echt schaarse metalen zijn vanuit geologische optiek. Eén metaal is naar verwachting vóór 2050 uitgeput (antimoon), vier metalen zijn binnen 100 jaar na 2050 uitgeput en twaalf andere metalen binnen 1000 jaar na 2050.

### Duurzame winning

Wanneer kunnen we spreken van een winning, die duurzaam is? De meest gevolgde definitie van duurzaamheid is in 1987 geformuleerd door de Brundtland-commissie in haar rapport 'Our Common Future': Duurzame ontwikkeling is het soort ontwikkeling dat tegemoetkomt aan de behoeften van de huidige generatie, zonder de mogelijkheden van toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien in het gedrang te brengen. De definitie is op vele manieren uitgewerkt, maar nauwelijks of

**Tabel 2** Verdeling van metalen in groepen van afnemende schaarste. Aanname is dat de consumptie van primaire grondstof met 3% per jaar stijgt tot 2050 en vervolgens stabiliseert. De getallen geven het aantal jaren aan na 2050 dat de grondstof uitgeput raakt.

Zeerschaars (winbare grondstoffen uitgeput vóór 2050)	Schaars (winbare grondstoffen uitgeput binnen 100 jaar na 2050)	Matig schaars (winbare grondstoffen uitgeput tussen 100 en 1000 jaar na 2050)	Niet schaars (winbare grondstoffen uitgeput 1000 of méér jaren na 2050)
Antimoon -9	Goud <sup>a</sup> 6	Arseen 440	Aluminium 24000
	Molybdeen 52	Bismut 160	Barium 1400
	Rhenium 80	Borium 200	Beryllium 180000
	Zink 47	Cadmium 540	Gallium 1100000
		Chroom 150	Germanium 170000
		Koper <sup>a</sup> 120	Kobalt 2300
		Ijzer 330	Kwik 370000
		Nikkel 320	Lithium 8700
		Lood <sup>a</sup> 250	Magnesium 28000
		Tin 230	Mangaan 1500
		Wolfram 330	Niobium 2300
		Zilver 240	Platina Groep Metalen 1400
			Seleen 290000
			Strontium 11000
			Tantalum 18000
			Thallium 920000
			Titanium 14000
			Uranium 2400
			Vanadium 23000
			Zeldzame Aarden 15000
			Zirconium 1900000

<sup>a</sup> Voor koper, lood en goud is als uitgangspunt voor de winbaarheid genomen een hoeveelheid van 2,5 maal de reserve base zoals verstrekt door USGS in plaats van de winbare hoeveelheid zoals berekend door UNEP. De reden is dat voor deze drie elementen de USGS-reserve base groter is dan 0,01 % van het element in de bovenste kilometer van de aardkorst. Gebruik van de UNEP-berekeningswijze voor deze elementen zou wellicht leiden tot een te pessimistische uitkomst in vergelijking met de uitkomst voor andere metalen. De factor 2,5 is onderbouwd door Rankin<sup>2</sup> (pagina 303).

Tabel 3 Duurzame winning per capita per jaar

	Winbare grondstoffen (UNEP <sup>3</sup> ) (miljoen ton)	(a) Duurzame winning van grondstoffen (9 miljard mensen, uitputting in 1000 jaar) (g/cap/jaar)	(b) Wereld consumptie van grondstoffen in 2010 (g/cap/jaar)	(c) Noodzakelijke vermindering van de winning van grondstoffen om een duurzame situatie te bereiken (%)
Antimoon	8	0,9	24	96%
Goud (d)	0,25	0,028	0,37	92%
Zink	2.800	311	1.714	82%
Molybdeen	60	6,7	35	81%
Rhenium	0,016	0,002	0,0067	74%
Koper (d)	7.500	833	2.271	63%
Chroom	3.300	367	846	57%
Bismut	5	0,6	1	55%
Borium	600	67	119	44%
Tin	220	24	38	35%
Zilver	20	2	3	33%
Lood (d)	3.750	417	591	30%
Nikkel	1.800	200	227	12%
IJzer	1.400.000	155.556	174.000	11%
Wolfram	80	9	10	10%

(a) Winbare grondstoffen gedeeld door 9 miljard mensen en 1000 jaar

(b) Gewonnen hoeveelheid van de stof in 2010 (volgens USGS data) gedeeld door 7 miljard;

(c)  $1 - (a)/(b)$ ;

(d) Zie noot onder Tabel 2

niet voor de winning van grondstoffen, zoals metaalertsen.

De volgende drie factoren bepalen of de winning van een grondstof al dan niet duurzaam is uit een oogpunt van uitputting.

- De aanwezige winbare hoeveelheid grondstof
- De noodzaak van continuïteit van de winning voor een lange periode  
*Theoretisch is een proces pas duurzaam als het eeuwig zou kunnen doorgaan. Dat is echter per definitie niet bereikbaar voor de winning van grondstoffen. Er is daarom – als benadering – gekozen voor een naar menselijke begrippen lange periode van 1000 jaar, voordat sprake zou mogen zijn van uitputting van een grondstof.*
- Inter- en intragenerationele verantwoordelijkheid  
*Een duurzame situatie moet tegemoet komen aan de behoeften van de huidige generatie en tegelijkertijd de behoeften van toekomstige generatie niet frustreren. Ook kan het niet duurzaam worden genoemd als een deel van de mensheid een ander deel van de mensheid grondstoffen ontnemt.*

Het voorstel is om de duurzaamheidsdefinitie van de Brundtland-commissie als volgt te operationaliseren voor de duurzame winning van grondstoffen: De winning van een grondstof is duurzaam als een wereldbevolking van 9 miljard mensen kan worden voorzien van die grondstof gedurende een periode van minstens 1000 jaar, ervan uitgaande dat de gemiddelde consumptie per hoofd van de bevolking gelijk is verdeeld over de landen in de wereld.



Deze duurzaamheidsdefinitie richt zich overigens uitsluitend op geologische uitputting van ertsen. Aantasting van het milieu als gevolg van winning, productie, toepassing en dissipatie van de grondstof is niet in beschouwing genomen.

Volgens de Verenigde Naties bereikt de wereldbevolking in 2050 een aantal van 9 miljard mensen. Aanname is dat de bevolkingsomvang op dat aantal stabiliseert.

Op basis van de winbare voorkomens, zoals gedefinieerd door UNEP en de duurzaamheidsdefinitie, is voor de elementen in tabel 2 berekend waar een duurzame winning per capita per jaar op zou neerkomen. Door de uitkomst te vergelijken met het cijfer voor de huidige winning per capita per jaar, kan worden berekend óf en zo ja, hoeveel de winning moet verminderen om de winning duurzaam te kunnen noemen. Tabel 3 presenteert in volgorde van urgentie de resultaten voor de 15 elementen, voor welke zou gelden dat vermindering van de winning noodzakelijk is om van een duurzame situatie te kunnen spreken. Vertrekpunten zijn een duurzaamheidsperiode van 1000 jaar en een winbare hoeveelheid van 0,01% van het element in de bovenste kilometer van de aardkorst.

Op de resultaten is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Daarbij zijn drie scenario's doorgerekend: (1) met een vijf maal zo grote hoeveelheid winbare grondstoffen dan nu is aangenomen, (2) een duurzaamheidsperiode van 200 jaar in plaats van 1000 jaar en (3)



een scenario met een combinatie van een 6x grotere winbare hoeveelheid met een duurzaamheidsperiode van 500 jaar. In het laatstgenoemde meest afwijkende, zeer optimistische scenario zijn – voor het industriële deel van de wereld - nog steeds de volgende reductiepercentages nodig voor duurzaamheid:

- goud: 89%
- antimoon: 86%,
- molybdeen 47%
- zink: 38%
- rhenium 36%

### Conclusies en aanbevelingen

De conclusie is dat de extractie van acht metalen met méér dan 50% omlaag zou moeten om duurzaam te worden genoemd. Verder valt op dat nogal wat van de meest schaarse metalen niet of niet prominent voorkomen in lijsten van zogenaamd kritische metalen, zoals de lijst van kritische grondstoffen van de EU<sup>7</sup>, de Risk List van de British Geological Survey<sup>8</sup> en een studie van de US Department of Energy<sup>9</sup>. Aanbevolen wordt om in een vervolgstudie na te gaan óf en op

welke wijze, zowel technisch als beleidsmatig, de extractie van de meest schaarse metalen zodanig kan worden verminderd dat deze duurzaam wordt.

Beleid op het gebied van schaarse grondstoffen is alleen zinvol als dit op brede schaal wordt ondersteund en vorm gegeven. Liefst globaal door de Verenigde Naties, maar in ieder geval door de Europese Unie. Het Nederlandse beleid moet er dus op de eerste plaats op zijn gericht om een zuiniger gebruik van schaarse grondstoffen en het hergebruik ervan beter op de internationale agenda te krijgen. Net zoals het klimaatbeleid nu, maar dan hopelijk met een beter resultaat.

De internationale beleidsontwikkeling moet gericht zijn op het ontwerpen en implementeren van regelgeving ter vermindering van het gebruik van schaarse grondstoffen. Internationale regelgeving zal moeten bevorderen dat schaarse grondstoffen, indien mogelijk, worden vervangen door andere, minder schaarse, stoffen. Aandacht verdient verder efficiënter materiaal gebruik, intensiever hergebruik en verdergaande recycling.

### Referenties

1. Krausmann F., Gingrich S., Eisenmenger N., Erb K.-H., *Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century, Ecological Economics* 68(2009)2696-2705
2. Gunn, G, *Mineral scarcity – a non-issue? 2011, British Geological Survey*
3. *UNEP International Panel on Sustainable Resource Management, Working Group on Geological Stocks of Metals, Working Paper, April 6, 2011*
4. *USGS, Mineral Commodity Summaries 2012*
5. Rankin W.J., *Minerals, metals and sustainability, CSIRO 2011*
6. *USGS, Mineral Commodity Summaries 2012, Appendix B, 2012*
7. *European Commission, Critical raw materials for the EU, 2010, Report of the ad-hoc working group on defining critical raw materials*
8. *British Geological Survey, Risk list 2012*
9. *US Department of Energy, Critical Materials Strategy (2011)*