

DREIGENDE METAALSCHAARSTE?

INNOVATIES EN ACTIES OP WEG NAAR EEN CIRCULAIRE ECONOMIE

Dit standpunt kwam tot stand in een werkgroep van de Klasse Technische Wetenschappen van de KVAB. Voorzitter van de werkgroep was dr. Ir. Egbert Lox, senior vice-president van Umicore, wereldspeler in materiaaltechnologie. De eindredactie van het standpunt berustte bij prof. em. dr. ir. Etienne Aernoudt van de KU Leuven, waar hij departementsvoorzitter was van MTM (materiaalkunde). Andere leden van de werkgroep waren ir. Dirk Fransaer, gedelegeerd bestuurder van VITO, de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, en prof. dr. Ir. Karel Van Acker, gewoon hoogleraar aan de KU Leuven, coördinator van het KU Leuven Materials Research Centre en hoofddocent duurzame materialen en processen.

Reeds bij het begin van de jaren 70 van de vorige eeuw wees de 'Club van Rome' op de eindigheid van de natuurlijke rijkdommen van onze planeet. Dit veroorzaakte een schok-effect na de periode van ongebreidelde groei die de jaren '60 kenmerkte. De oliecrisis van 1973 en 1979 bevestigden de analyse van de Club van Rome. Toen China in 2010 een embargo op de uitvoer van zeldzame aardmetalen instelde, ging een nieuwe schokgolf door de wereld: zeldzame aardmetalen, maar ook metalen als europium, gallium, indium, neodymium zijn van uitzonderlijk belang voor innovatieve ontwikkelingen in domeinen als de mobiele telefonie, de micro-elektronica en de elektrovoltaïsche zonnepanelen. Vele van deze metalen komen uit geopolitiek instabiele regio's, waardoor 'het Westen' vroeg of laat met bevoorradingsproblemen dreigt te maken te krijgen.

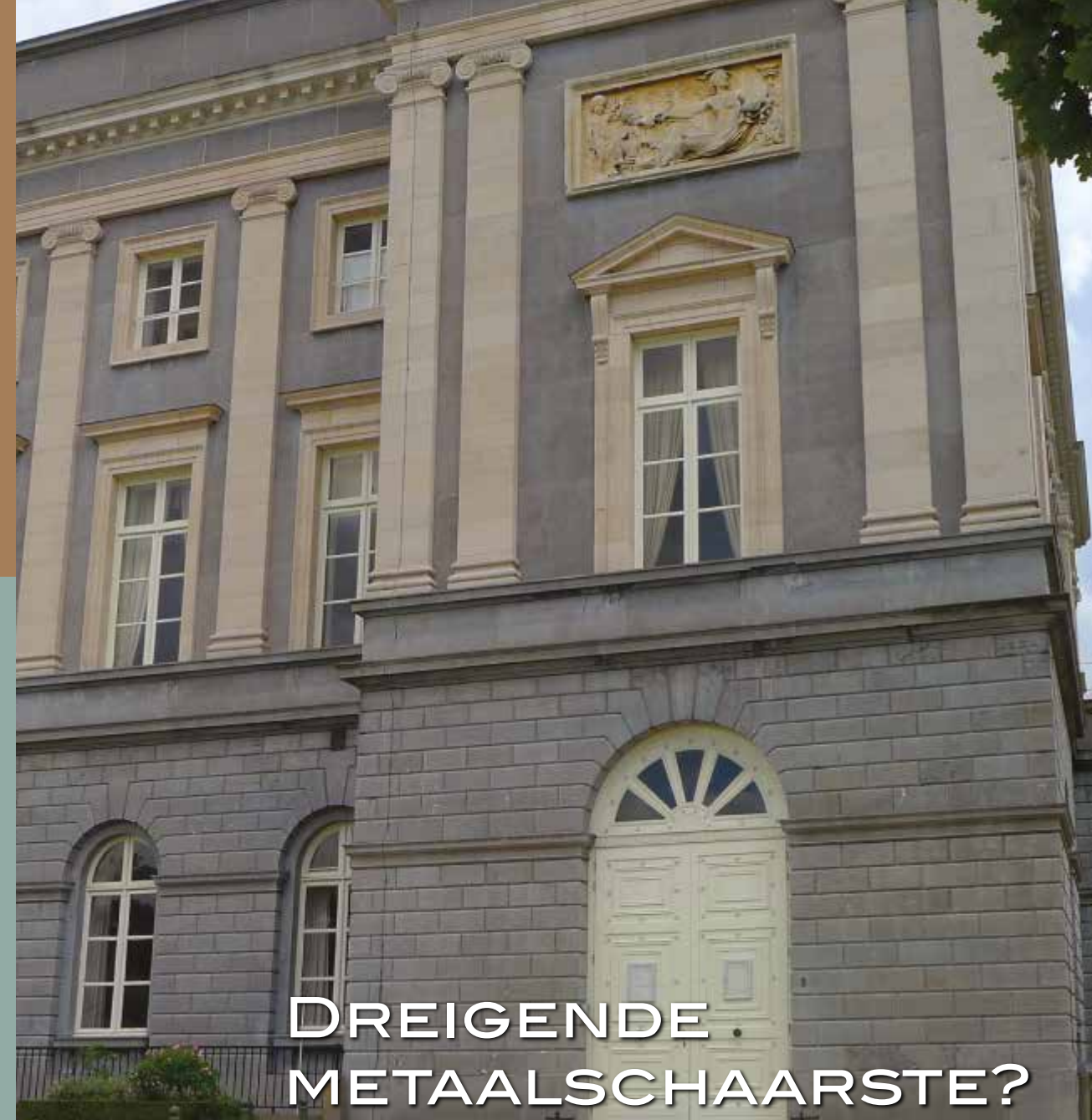
Toch kan dit objectieve risico ook opportuniteiten inhouden voor een regio als Vlaanderen: recycling van de schaarse technologiemetalen uit gebruikte mobiele telefoons, LED-lampen, televisietoestellen, zonnepanelen enz. ("urban mining") kan de kwetsbaarheid van de innovatieve industrie significant verminderen. Vlaanderen is een van de koplopers van deze zogeheten 'circulaire economie' en het wordt belangrijk om deze positie in de toekomst te behouden en liefst nog verder uit te bouwen.

In dit standpunt wordt gepleit voor een doorgedreven participatie in de internationale mijnbouw, sensibilisering van de maatschappij voor onze kwetsbaarheid inzake grondstoffenbevoorrading, doorgedreven betrokkenheid bij de Europese kennis- en innovatiecommunity en investering in innovatieve technologieën voor het recyclen van schaarse metalen.

Met steun van de
Vlaamse overheid



Vlaanderen
In Actie
Pact 2020



DREIGENDE METAALSCHAARSTE?

INNOVATIES EN ACTIES OP WEG NAAR EEN CIRCULAIRE ECONOMIE

Etienne Aernoudt, Dirk Fransaer, Egbert Lox,
Karel Van Acker



Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen
en Kunsten, Klasse Technische Wetenschappen, 2014
Standpunten 22

Dreigende metaalschaarste?

Innovaties en acties op weg naar een circulaire economie



Uitgaven
van
de Koninklijke
Vlaamse Academie
van België
voor
Wetenschappen
en Kunsten

Standpunten nr. 22



KVAB Press

Hertogsstraat 1
1000 Brussel
Tel. 02 550 23 23
Fax 02 550 23 25
www.kvab.be
info@kvab.be



Dreigende metaalschaarste?

Innovaties en acties op weg
naar een circulaire economie

Etienne Aernoudt
Dirk Fransaer
Egbert Lox
Karel Van Acker

KLASSE TECHNISCHE WETENSCHAPPEN van de KVAB

In overeenstemming met het convenant tussen de Vlaamse regering en de KVAB neemt de academie deel aan het maatschappelijk debat door het uitbrengen van op het langetermijnbeleid gerichte "Standpunten", die de aandacht vestigen op belangrijke maatschappelijke uitdagingen.

Specifiek voor de Klasse Technische Wetenschappen van de KVAB is dat zij haar visie op deze beleidsthema's stoelt op de interactie tussen onderzoek in het bedrijfsleven en in de academische wereld.

Inderdaad werd reeds in 1988, in de schoot van de Klasse Natuurwetenschappen van de Academie, het Comité van de Academie voor Wetenschappen en Techniek (CAWET) opgericht, dat zich specifiek richtte op de ingenieurswetenschappen. In 2009 werd CAWET omgevormd tot de Klasse van de Technische Wetenschappen (KTW).

Net zoals CAWET in het verleden, is de nieuwe KTW paritair samengesteld uit vertegenwoordigers van de academische wereld en van het bedrijfsleven.

Vanuit die dialoog tussen wetenschap en bedrijfsleven wil de KTW een op de toekomst gerichte evaluatie maken van de wisselwerking tussen wetenschap (in het bijzonder techniek), maatschappij en cultuur.

Met dank voor de steun van :

De Vlaamse Regering.

Aquafin, ArcelorMittal Belgium/Gent, Deme, EMPC DIV ESSO Belgium, Genzyme Belgium, LMS, Merisco, Proviron Capital, REM-B, SCK-CEN, Solvay CICC SA Factoring, Umicore Corporate, Rob Lenaers, VITO.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photo print, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

TEN GELEIDE

Het probleem van een mogelijke grondstoffenschaarste stelt zich zowel voor de familie van de organische als die van de anorganische grondstoffen.

Organische grondstoffen hebben een biologische oorsprong en worden gekenmerkt door koolstof-waterstofbindingen. Uit organische grondstoffen worden bouwelementen, brandstoffen, kunststoffen, voedsel en geneesmiddelen geproduceerd.

Zij onderscheiden zich van de anorganische grondstoffen waartoe men alle materie kan rekenen die tot vaste functionele metallieke of keramische producten kan worden omgevormd. Daaronder verstaan we gesteenten, ertsen en daaruit gewonnen grondstoffen, of na verwerking of gebruik gerecyclede stoffen.

In dit rapport wordt de bespreking beperkt tot één familie anorganische grondstoffen, namelijk die der metalen. Immers, haast alle metaalelementen zijn onmisbaar geworden in onze samenleving, en vele ervan vormen de sleutel tot de innovatieve technologie van de 21^{ste} eeuw. Rond dit thema worden in de loop van de laatste jaren wereldwijd, en vooral in grondstoffenarm Europa, vragen over toegankelijkheid en beschikbaarheid gesteld. Uiteraard tekent zich daarmee een belangrijke geo-economische en geopolitieke problematiek af.

Het is de bedoeling van dit rapport na te gaan hoe ons land, en Vlaanderen in het bijzonder, actief en proactief in deze bijzonder belangrijke vraagstelling voor onze economie kan optreden.

Dit doet allerminst afbraak aan het belang van de keramische anorganische grondstoffen (gesteenten, fosfaten, ...). Dat thema is belangrijk genoeg voor een afzonderlijk KTW rapport.

Tenslotte : de grondstoffenproblematiek is nauw verbonden met een veel bredere set van uitdagingen waarmee de mensheid vandaag geconfronteerd wordt – klimaatverandering, verarming en ontwrichting van het ecosysteem, milieuvervuiling, bevolkingstoename, onhoudbaar consumptiepatroon –. MAHB (Millennium Alliance for Humanity and the Biosphere –2013)

Samenvatting

Zowel de basis- als de technologiemetalen zijn essentieel voor een moderne maatschappij, haar innovatieve technologieën en haar economie. De continuïteit van hun bevoorrading aan economisch realistische condities wordt echter in toenemende mate onzeker, in het bijzonder in de regio's van de Europese Unie die weinig minerale grondstoffen bezitten, zoals Vlaanderen. De toenemende consumptie, veroorzaakt door de bevolkingsgroei, zou op middellange termijn kunnen leiden tot een tekort in de bevoorrading, indien er geen belangrijke vooruitgang zou geboekt worden in de technologieën voor de exploratie, de mijnbouw en de extractie.

Geologische, technologische en ecologische parameters spelen een belangrijke rol in een verzekerde bevoorrading, naast economische, politieke en maatschappelijke parameters.

De extractieprocessen moeten continu verbeterd worden, waarbij nieuwe technologieën kunnen en moeten ontwikkeld en toegepast worden, zowel om het rendement te verhogen als om tot nog toe onontgonnen reserves in de zeebodem te kunnen valoriseren. Intelligente productontwikkeling zou in de toekomst meer rekening moeten houden met de ontwerpaspecten gericht op een efficiënte omgang met grondstoffen, gaande van verminderd gebruik van materialen tot eenvoudige demontage voor herstelling en gemakkelijke recycling. De substitutie van schaarse materialen door materialen met een overvloedig voorkomen moet een doelstelling blijven.

Een holistische benadering met hoge kwaliteitsrecycling zou moeten toegepast worden op de "stadsmijn", als een belangrijke stap naar een circulaire economie. Om dit proces te laten slagen is het sensibiliseren van de bevolking door opleiding en via de sociale media van groot belang. Gefocuseerd onderzoeks – en ontwikkelingswerk moet verder gezet worden, en vervolgd met nieuwe businessmodellen om deze transitie te versnellen.

Vlaanderen heeft een excellente industriële en technologische basis om de problematiek van grondstoffenschaarste aan te pakken. Het voorliggend bericht geeft aanbevelingen voor hoe dit competitief voordeel verder uitgebouwd en op wereldschaal verspreid kan worden.

Executive summary

Both basic and technology metals are key for a modern society, its innovative technologies and its economy. The continuity of their supply at economically viable conditions is increasingly a matter of concern, especially in regions of the European Union, facing mineral resources scarcity such as Flanders. Increased consumption induced by population growth could result in supply shortages on the medium term, if the technologies for exploration, mining and extraction will not be significantly improved.

Security of supply is governed by geological, technological and ecological parameters on the one hand and by economical, political and societal parameters on the other hand. Extraction processes need continuous optimization, new technologies can and should be developed and applied to increase the yield and to enable the use of untapped reserves in the deep sea. Future intelligent product development should incorporate more design aspects aiming at an efficient use of resources, ranging from reduced material consumption to easy disassembly for repair and easy recycling. Substitution of scarce materials by more abundant ones must remain a target.

A holistic approach for high quality recycling should be applied to the urban mine as a key step towards a more circular economy. An important step in this process is to increase the awareness of the population through education and use of social media. Dedicated ongoing research and development efforts need to be combined with new business models to speed up this transition.

Flanders has an excellent industrial and technological basis for addressing this scarcity threat. The report gives recommendations on how that competitive advantage should be nurtured and deployed on a world scale.

INHOUDSTAFEL

SCHAARSTE : EEN BELANGRIJK MAAR RELATIEF BEGRIP

1. **Oneindige energie – eindige grondstoffen**
2. **Wat betekent "schaarste" ?**
 - 2.1. Geochemische reserves – absolute schaarste
 - 2.2. Mineralogische reserves – relatieve schaarste
 - a. Grenzen bij statische hypothesen
 - b. Grenzen onder dynamische condities
 - 2.3. Geo-economisch en geopolitiek geïnduceerde schaarste (structurele schaarste)
 - a. Ongelijke spreiding van metallieke delfstoffen
 - b. Voorbeelden van mogelijke schaarste omwille van geo-economische of geopolitieke redenen

IN WELKE RICHTING WORDEN OPLOSSINGEN GEZOCHT ?

1. **Inleiding – Klimaat, Energie en Water**
2. **Nieuwe mijngebieden ontsluiten - Oude heropenen**
3. **Het materiaalrendement van de opeenvolgende processtappen verhogen en/of nieuwe technologieën invoeren: "do more with less"**
4. **Intelligent productontwerp**
5. **Substitutie**
6. **Recycling**
 - 6.1. Grondstoffen herwinnen
 - 6.2. Stadsmijnbouw (urban mining)
 - 6.3. Lekstromen voor grondstoffen : export van afval
 - 6.4. Het concept : circulaire economie

AANBEVELINGEN

WELKE ROL KUNNEN VLAANDEREN EN BELGIË HIERIN SPELEN

APPENDICES beschikbaar op :

www.kvab.be/downloads/stp/tw_dreigende_metaalschaarste_20140215_appendix.pdf

- App. A : Overzicht strategische elementen/schaarse metalen en hun toepassingen
App. B : Ecologische en milieu-impact van mijnen
App. C : Europese recyclingdoelstellingen voor verschillende sectoren en materiaalstromen
App. D : Recycling in België
App. E : Europese initiatieven als reactie op de grondstoffenproblematiek
App. F : Literatuur - Referenties

SCHAARSTE : EEN BELANGRIJK MAAR RELATIEF BEGRIP

1. Oneindige energie – eindige grondstoffen

In 1972 verscheen het eerste Rapport van Rome. Daarin werd een doembeeld geschetst van een wereld, die enkele decennia nadien zou geconfronteerd worden met een dramatische uitputting van de grondstoffenvoorraden.

Hoewel het rapport gebaseerd was op heel wat onvolledige gegevens en ontoelaatbare extrapolaties, had het toch het voordeel de aandacht te trekken op de eindigheid van de grondstoffenvoorraden op aarde.

Men is het er over eens dat de zon ons nog gedurende ongeveer twee miljard jaar energie ter beschikking zal stellen. En de biosfeer -flora, fauna en het mensenras- nog voor zeer lange tijd voldoende levenskracht ter beschikking krijgt.



Fig. 1. — Transit van de aarde (en haar maan) voor de zon, zoals die zal te zien zijn op Mars op 10 november 2084
Berekend door JPL Solar System Creator (SAO-NASA Astrophysics Data) - Wikipedia.

Echter, waar er nog voor ontelbare jaren dagelijks grote hoeveelheden energie naar onze aarde worden toegestuurd, komen er helaas geen nieuwe mineralen bij. De mensheid moet voor de rest van haar bestaan voort doen met de anorganische grondstoffen, in de aardkorst verborgen.

Vandaar dat er in de media vaak gesproken wordt over een "dreigende uitputting van delfstoffenreserves", wat dan direct verbonden wordt met een bedreiging van welvaart en welzijn voor de volgende generaties.

Fig. 2 en 3 tonen duidelijk aan dat we deze bezorgdheid niet mogen negeren. Maar er is meer : voor een land dat niet over eigen primaire grondstoffen beschikt, is het belangrijk hoe het proactief en innovatief kan bijdragen tot een optimale beheersing van dit grondstoffenprobleem voor de wereld en voor zichzelf.

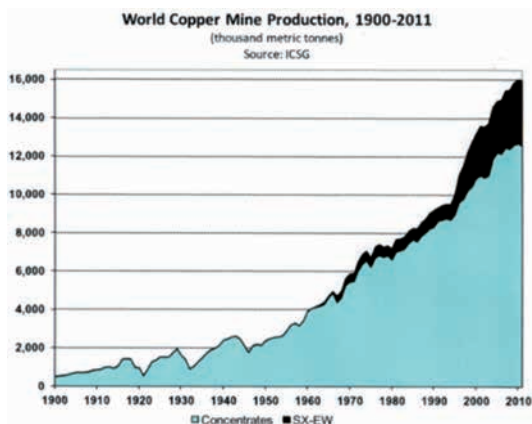


Fig. 2. — Evolutie van de koperproductie tussen 1900 en 2010 (het zwarte gedeelte verwijst naar hydrometallurgisch gewonnen koper) (*The World Copper Factbook 2012*).

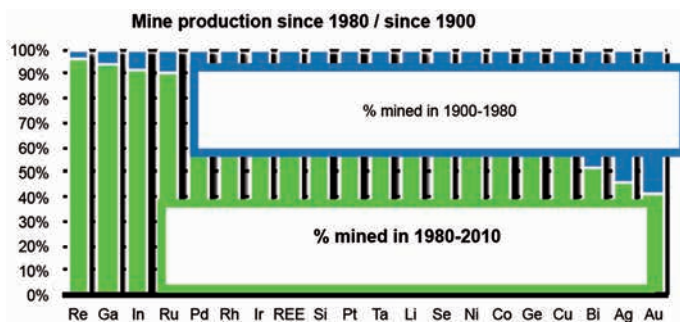


Fig. 3. — Procentueel aandeel van de ontginning van verscheidene technische metalen in de afgelopen dertig jaar tegenover de afgelopen honderd jaar. (*EU-US Workshop on Mineral Raw Materials - Sep 2012-Brussels - Chr. Hagelücken-Umicore*)

2. Wat betekent "schaarste"

2.1. Geochemische reserves – absolute schaarste

Enerzijds kan men onderscheid maken tussen elementen die geochemisch overvloedig, en andere die geochemisch schaars in de aardkorst aanwezig zijn.

De ramingen van ertsvoorraden beperken zich meestal tot de bovenlaag van de continentale aardkorst en dit tot op een diepte van 1 km. Dit is de maximale diepte die men exploiteerbaar acht gedurende de eerstvolgende 50 jaar (*UNEP Working Paper April 2011*).

Daar wordt de grens tussen "schaars" en "overvloedig" gelegd bij 0,1 gewichtsprocent, zoals in figuur 4 voorgesteld. Zo is de aarde rijk aan silicium, aluminium, ijzer, magnesium en titaan, terwijl bijv. nikkel, koper, zink, de metalen van de platinagroep volgens voornoemde definitie "schaarse" elementen zijn.

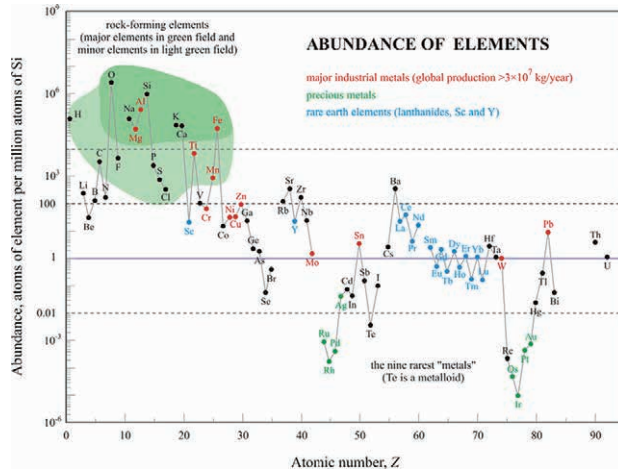


Fig. 4. – Relatieve aanwezigheid van metallieke elementen in de continentale aardkorst t.o.v. silicium, in aantal atomen per 10^6 atomen Si.
 (Geological Stocks of Metals "Abundance of Chemical Elements in Earth's upper continental crust" 2011).

In het licht van de voornaamste doelstelling van dit rapport -de grondstoffenproblematiek- wordt hier reeds een overzicht gegeven van metalen die men als "basismetalen" bestempelt enerzijds, en zgn. "kritieke metalen" (ook soms "strategische metalen" of "technologiemetalen" genoemd) anderzijds (ERT Report "Raw Materials in the Industrial value chain – January 2013).

De "basismetalen" (fig. 5) zijn metalen die in grote hoeveelheden in de bouwnijverheid, machine- en apparatenconstructie gebruikt worden.

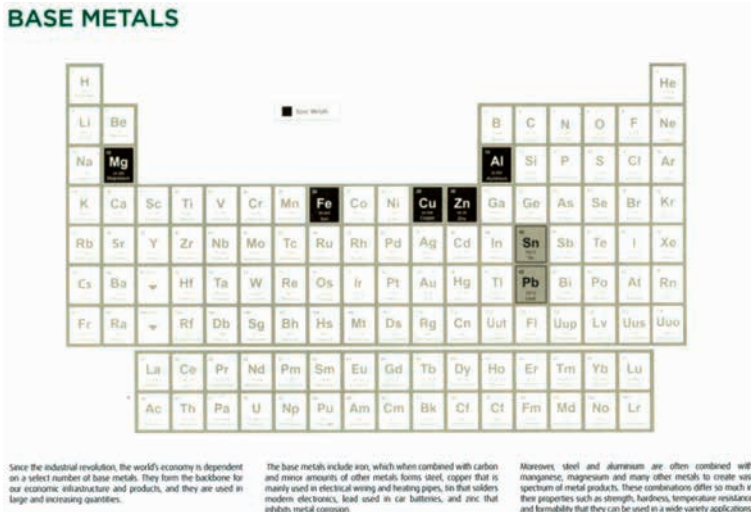


Fig. 5. — De basismetalen.

TECHNOLOGY METALS

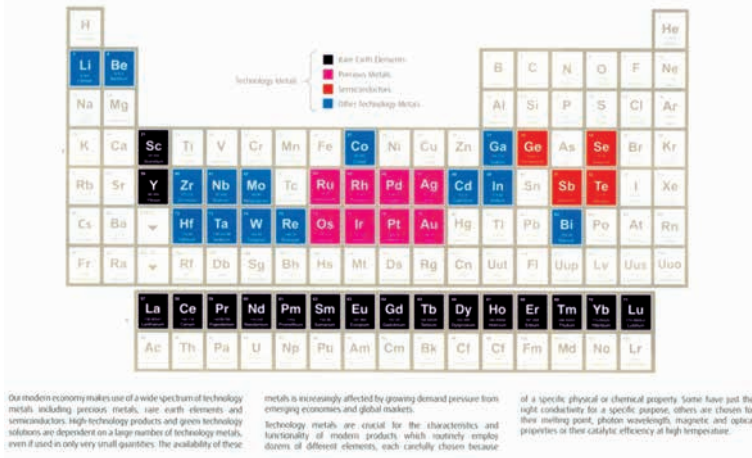


Fig. 6 — Kritieke metalen.

“kritieke metalen” (Fig. 6) zijn metalen die van zo’n groot belang geworden zijn in high-tech toepassingen, dat vele ervan om geo-politieke redenen “strategische” waarde hebben. Zij zijn minder overvloedig in de aardkorst aanwezig dan de basismetalen, maar worden ook nooit in vergelijkbare volumes gebruikt. De elementen op zwarte achtergrond zijn de – eveneens kritieke-zeldzame aardmetalen(ZA).

De zeldzame aardmetalen omvatten de Lanthaniden, d.w.z. de elementen 57 tot 71 van de periodieke tabel : lanthaan(La), cerium(Ce), praesodymium(Pr), neodymium(Nd), promethium(Pm), samarium(Sm), europium(Eu), gadolinium(Gd), terbium(Tb), dysprosium(Dy), holmium(Ho), erbium(Er), thulium(Tm), ytterbium(Yb), lutetium(Lu), en daarnaast ook Scandium (Sc), (element 21) en Yttrium(Y) (element 39). Sc en Y worden in dezelfde ertsen als de lanthaniden gevonden, en vertonen gelijkaardige eigenschappen. Waar de fysische, de fysicochemische en de opto-elektronische eigenschappen van de meeste elementen uit de periodieke tabel samenhangen met de opbouw van de buitenste elektronenorbitalen, zijn die van de ZA direct het gevolg van de structuur van meer naar binnen gelegen orbitalen. Dit verklaart ook hun moeilijke onderlinge scheiding.

Appendix A

Overzicht strategische elementen / kritieke metalen en hun toepassingen

We dienen het onderscheid tussen “geochemisch overvloedig” en “geochemisch schaars” met voldoende inzicht in de samenstelling van zowel ertsen als metallieke materialen te hanteren. Immers, vele metalen komen voor als begeleidingselementen in de “basis-metalen”. Zo bevatten koperertsen ook Ag, Co, Se, Te, en Au. In zinkertsen vindt men naast Ag, ook In, Cd en Ge. Aluminium bevat vaak ook Ga. Schattingen over de concentratie van deze elementen in de aardkorst zijn dan ook steeds erg onzeker.

Verder kan gesteld worden dat de vandaag bekende reserves in de bovenlaag van de continentale aardkorst slechts een fractie zijn van de totale reserves in dit gedeelte van de aardmantel.

En tenslotte : de continentale aardkorst beslaat slechts 30% van het aardoppervlak. Er is nog maar heel beperkte informatie over grondstoffenvoorraden -denk aan de mangaanknollen- in de oceaانبodem.

BESLUIT : het is duidelijk dat, wanneer over "dreigende uitputting van grondstoffenvoorraden" gesproken wordt, er zeker niet aan een imminente fysische uitputting van de aardkorst mag gedacht worden.

2.2. Mineralogische reserves – relatieve schaarste

Naast de chemische grens, is er ook een mineralogische grens. Deze grens heeft betrekking op ertsen waarin bindingsvorm en concentratie van het metaal een economische extractie toelaten. De vraag die hierbij kan gesteld worden is : voor hoelang nog zijn er voldoende mineralogische d.w.z. economisch ontginbare reserves in de aardkorst ?

a. Grenzen bij statische hypothesen

Vanuit deze optiek dienen we "reserves" te definiëren als : "bekende afzettingen die onder de huidige economische omstandigheden en met de huidige technologie winstgevend kunnen uitgebaat worden."

Metalen kunnen weliswaar in grote hoeveelheden in de aardkorst aanwezig zijn, maar wel zeer sterk verspreid in kleine concentraties. De ontginning en winning zijn om die redenen niet rendabel.

Mijnbouw op moeilijker toegankelijke plaatsen vraagt vaak meer energie en water voor de uitbating ; beide parameters hebben een belangrijke invloed op de kostprijs van de winning.

Er kunnen geografische beperkingen aan de mijnbouw worden opgelegd. Concessies zullen gewoonlijk niet toegekend worden in dichtbevolkte gebieden ; landbouwgebieden of beschermde natuurgebieden kunnen niet steeds aan mijnbouw opgeofferd worden.

Verder dienen de effecten van de mijnbouw op de biosfeer in rekening gebracht te worden : de impact van bodem- en grondwaterpollutie en de sociale gevolgen bij de lokale bevolking worden beslissende parameters bij de toekenning van mijnexploitaties.

Het zijn deze grenzen die een eerste ernstig onderzoek vragen. Indien men uitgaat van bekende reserves die met de huidige mijnbouw- en verwerkingstechnologieën economisch exploiteerbaar zijn, dan worden we voor vele belangrijke metalen inderdaad met een dreigende uitputting geconfronteerd, zelfs indien de globale wereldconsumptie niet zou toenemen. Maar het wordt een zeer dreigend perspectief indien men rekening houdt met de belangrijke toename van de middenklasse in de wereld over de eerstvolgende decennia .

In de volgende tabel staan de resultaten voor twee verschillende scenario's samengevat (*Hague Center of Strategic Studies, January 2010*).

- a. tijdstip van uitputting bij gelijkblijvende consumptie
- b. tijdstip van uitputting, rekening houdend met een mondiale consumptietoename die slechts half zo groot zou zijn als de verwachte toename in de VS.

ALUMINIUM	1027 jaar	510 jaar
PLATINA	360	42
CHROOM	143	40
NIKKEL	90	57
TANTAAL	116	20
URANIUM	59	19
KOPER	61	38
GOUD	45	36
ZINK	46	34
LOOD	42	8
TIN	40	17
ZILVER	29	9
INDIUM	13	4

BESLUIT : Indien exploratie-, mijnbouw- en extractietechnologieën van vandaag onveranderd blijven, dan dreigt er met de toenemende consumptie van een snel groeiende wereldbevolking, voor bepaalde metalen op middel-lange termijn een tekort te ontstaan.

- b. Grenzen onder dynamische condities

Maar de mijnindustrie heeft een interne dynamiek, gedreven door de evolutie van de metaalmarkt (zie B3). Dit heeft tot gevolg dat meer performante exploratie- en extractietechnieken worden ontwikkeld. Dit leidde en leidt nog steeds tot de ontdekking van nieuwe ertslagen en opening van nieuwe mijnen zoals in Latijns-Amerika en ZO-Azië tijdens en na de tachtiger jaren en van bijkomende reserves in de omgeving van bestaande mijnen. De ontdekking van nieuwe ZA-houdende lagen in alle continenten en van lagen uranium, koper en goud in Zuid-Amerika tonen aan dat geavanceerde exploratietechnieken hun vruchten afwerpen.

Bovendien kan men vandaag economisch metalen winnen uit veel armere ertsen en op minder toegankelijke plaatsen dan vroeger het geval was. Dit alles heeft er bijv. toe geleid dat door de toenemende vraag naar koper voor de elektrotechnische industrie thans koperertsen met slechts 0,4% koper economisch exploiteerbaar geworden zijn, terwijl een eeuw geleden de grens voor economische exploiteerbaarheid bij 4% koper werd gelegd.

BESLUIT : de grondstoffenwinning kent een interne dynamiek van innovatie en parameteroptimalisatie, die de beschikbaarheid van anorganische grondstoffen op veel langere termijn kan verzekeren dan wat tot nog toe werd gedacht.

Het beeld van de beschikbare grondstoffenreserves (mineralogische reserves, geochemische reserves, en "verborgen" reserves) is dus duidelijk voor interpretatie vatbaar. (*National Academies Press – Challenges for Earth Scientists" 1996*) en (*Expert Working Group on Raw Materials Scarcity Development " Berlin-Germany" 2006*).

2.3. Geo-economisch en geo-politiek geïnduceerde schaarste (structurele schaarste)

a. Ongelijke spreiding van metallieke delfstoffen

Voor alle metalen is er een tijdelijke schaarste maar soms ook een tijdelijke overproductie mogelijk. Dit hangt samen met de verdeling van de grondstoffen, en met de geo-economische en geopolitieke context. Laat ons dit met enkele voorbeelden illustreren :

- Met de toename van de wereldbevolking en de terechte vraag naar een meer evenwichtige ontwikkeling van alle volkeren, zal de vraag naar metalen – weliswaar mee schommelend met de economische conjunctuur – continu stijgen. Dit is het geval zowel voor de oudere als voor de nieuwere structurele basismetalen : ijzer, koper, zink, tin, ..., enerzijds en aluminium, titaan, nikkel, chroom, ..., anderzijds. Het zijn maar enkele van de vele onmisbare elementen in een moderne bouw-, transport- en energie-infrastructuur en in de maakindustrie.
- De vragen rond beschikbaarheid en toeleveringszekerheid zijn nog belangrijker voor de kritieke technische materialen. Dit kan, omwille van het economisch-strategisch karakter ervan, zeker in Europa leiden tot een ernstige schaarste.

Onderstaande figuren geven een beeld van de belangrijkste mijngebieden op aarde (*ERT rapport 2013*) :

- voor de basismetalen ijzer, aluminium (bauxiet), magnesium, koper, zink en tin (fig. 7).
- Voor enkele technische metalen, namelijk lithium, cobalt, zeldzame aardmetalen, metalen van de platinagroep, wolfram, tantaal en molybdeen (fig. 8).

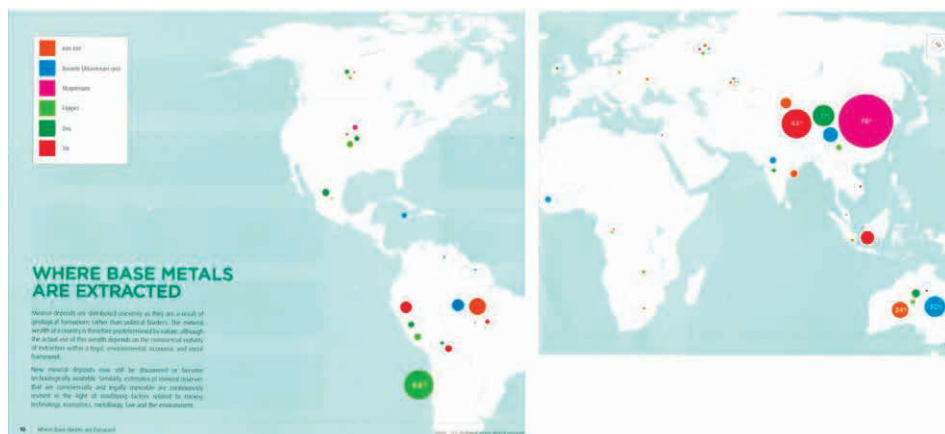


Fig. 7. — Belangrijkste mijngebieden voor enkele basismetalen.



Fig. 8. — Belangrijkste mijngebieden voor enkele geselecteerde kritieke metalen.

b. Voorbeelden van mogelijke schaarste omwille van geo-economische of geopolitieke redenen

- de koperdiefstallen van de laatste jaren – die een ontwrichtende werking hebben op de samenleving (*Materials Research Forum 2013*) – wijzen onrechtstreeks op het belang van dit "basis"metaal voor onze elektrotechnische industrie. Men kan zich de vraag stellen wat er met de koperprijs zou gebeuren, indien men zou beslissen tientallen vierkante kilometer woestijn in Noord-Afrika vol te bouwen met zonnepanelen en de daar opgewekte energie via koperkabels over duizenden kilometer naar alle windstreken te transporteren. De hoeveelheid rood metaal dat daarvoor nodig is, zou de globale koperproductie van de voorbije paar jaar ver overstijgen. En koper behoort niet tot de meest overvloedig voorkomende metalen in de aardkorst.
- Zoals hoger gezegd worden vele metalen als begeleidende metalen in ertslagen gevonden. De meest bekende daarvan zijn Bi, Cd, Cs, Ge, Ga, Hf, In, Sc, Se, Tl, Te, Co, Sb, Pd, Pt, Ru, Rh, Ir (zie o.a. C. Stewart mei 2013). Deze elementen hebben een hoge prijsgevoeligheid. Het zal immers zelden voorkomen dat men deze metalen probeert te extraheren, indien de extractie van het moedermetaal economisch niet leefbaar is.
- Andere metalen zoals Nb, Mn, Mg, Zr, Cd, Zn worden vooral als legeringelement of als deklaag gebruikt in combinatie met basismetalen. De productiehoeveelheden van deze elementen zullen bijgevolg beïnvloed worden door die van de basismetalen waarmee ze gecombineerd worden.
- Vele kritieke metalen, met bijzondere magnetische en opto-elektronische eigenschappen, vinden toepassing in de nieuwe koolstofarme energietechnieken, o.a. elektronische componenten, batterijen, windmolens, Wij mogen verwachten dat de vraag naar deze metalen, zij het met dips tijdens economisch zwakkere periodes, zal blijven toenemen. Sommige komen uit landen die praktisch een – zij het tijdelijk – monopolie hebben op de uitvoer ervan. Dit is het geval voor lithium uit Bolivia, Chili en Argentinië, voor cobalt en tantaal uit Centraal- en Zuid-Afrika, en – erg uitgesproken – voor zeldzame aardmetalen uit China.

De botsing tussen een vaartuig van de Japanse kustwacht en een Chinese vissersboot in de Noord-Chinese zee op 10 september 2011 (de zgn. "Senkaku Collision") wordt door

velen aanzien als dé aanleiding tot het verkondigen van een embargo op de uitvoer van zeldzame aardmetalen uit China. Toen werd pas echt duidelijk dat deze metalen, die van cruciaal belang zijn voor vele hoogtechnologische producten, vandaag voor 95% uit China afkomstig zijn, en dit leidde tot een grote onrust wereldwijd.

De Chinese politiek i.v.m. zeldzame aardmetalen is echter sinds enkele jaren drastisch gewijzigd. Men doet veel inspanningen om de illegale winning en smokkeluitvoer (thans ca 20.000 ton of 1/3 van de totale uitvoer) aan banden te leggen. De extractie- en zuiveringstechnieken worden aan een strengere ecologische wetgeving onderworpen en oplossingen worden gezocht voor de opslag van het radioactief thorium dat veel van de ZA-ertsen begeleidt. Steeds meer wordt de nadruk gelegd op de groeiende binnenlandse consumptie, en worden daartoe grondstoffenvoorraden aangelegd. Bovendien wenst men een eigen industrie stroomafwaarts in de richting van hoogwaardige producten uit te bouwen.

De monopoliepositie die China in de loop van het voorbije decennium had verworven is echter geen blijvende toestand. Wereldwijd bevindt er zich slechts 1/4 van de ZA in Chinese bodem. De winning in andere landen zoals de VS en Canada is voorlopig nog niet competitief, maar dit is maar een tijdelijk gegeven.

- Alle werelddelen worden betrokken in het technisch en economisch globaliserend karakter van de grondstoffenbewegingen : van extractie, over smelten/raffinage tot halfproduct, eindproduct en gebruikstoepassing. Dit wordt duidelijk voorgesteld in de twee voorbeelden van fig. 9 (voor lithium en zeldzame aardmetalen).


EXTRACTIE	SMELTEN RAFFINAGE	HALFPRODUCT COMPONENTEN	EINDPRODUCT	
ZELDZAME AARDEN				
China	Duitsland Canada Estland Oostenrijk China	Frankrijk Slovenië China Taiwan Zuid-Korea Japan	Nederland Duitsland Denemarken China India Brazilië Hongarije	RECYCLING ? DUMPING ?
LITHIUM				
Chili Australië Argentinië China	Frankrijk Duitsland Veren. Koninkr. Japan Zuid-Korea	Duitsland Frankrijk Spanje Japan Zuid-Korea	Duitsland Frankrijk Spanje China Japan	RECYCLING ? DUMPING ?

Fig. 9. — Voorstelling van het technisch en economisch geglobaliseerd karakter van de grondstoffenbewegingen van extractie, via smelten/raffinage, halfproduct, eindproduct en gebruikstoepassing, tot dumping of recycling, voor zeldzame aardmetalen en lithium (ERT report pp. 16-17).

- Tenslotte zijn er nog de bewegingen op de financiële markten enerzijds, en op de LME (London Metal Exchange) en andere internationale metaalmarkten anderzijds. Zo heeft de daling van de dollarkoers in het voorbije decennium hogere metaalprices tot

gevolg, gezien de meeste metaalmarkten met dollarprijzen werken. Bovendien kunnen speculaties – denk aan de prijsspeculatie tegen het zilver tijdens de jaren 80/90 – onverwachte invloeden uitoefenen op de prijs en bijgevolg op de vraag naar bepaalde metalen. Het zijn golvende economisch-politieke bewegingen die in een tijd van mondiale onderlinge grondstoffenafhankelijkheid (zie fig. 9), geen enkel land onberoerd laten.

BESLUIT : Het is duidelijk dat de grondstoffenproblematiek multidimensioneel is : de bevoorradingszekerheid hangt af van geologische, technologische en ecologische parameters enerzijds, en van economische, politieke en sociale factoren anderzijds.

Om al deze redenen worden in vele landen en meer in het bijzonder ook in de Europese Unie stappen ondernomen om de effecten van een BEGRENSEDE BESCHIKBAARHEID van (SCHAARSTE aan) anorganische grondstoffen na te gaan. Meer in het bijzonder is men er zich van bewust dat vele metallieke grondstoffen van strategisch belang zijn

- voor de innovatie-inspanningen die een moderne maatschappij op het oog heeft voor het behoud haar economische positie in een geglobaliseerde wereld, en van welvaart en welzijn van haar bevolking.
- voor onze bijdrage tot een veel homogenere verspreiding van technologische producten over een wereld, waarvan verwacht wordt dat de bevolking tegen 2050 tot 9 miljard zal oplopen.

IN WELKE RICHTING WORDEN OPLOSSINGEN GEZOCHT ?

1. Inleiding – Klimaat, Energie en Water

Nu dreigende delf- en grondstoffenschaarste wereldwijd erkend worden, zijn de reacties daarop uiteraard verschillend van land tot land.

De positie die men in de gehele problematiek bekleedt, speelt een belangrijke rol.

Grondstoffenrijke landen zullen een evenwicht zoeken tussen uitvoer en bescherming van eigen industrie en markt. Grondstoffenarme landen proberen garanties voor toelevering te verwerven, teneinde de toekomst van de betrokken binnenlandse nijverheid veilig te stellen. Dit geo-economisch en geopolitiek asymmetrisch machtsspel is complex : zo zal bijv. China er naar streven de verwerking van zeldzame aardmetalen in eigen land te bevorderen door vestiging van buitenlandse bedrijven aan te moedigen, of als wisselmunt te eisen. Landen zoals Japan, wiens industrie erg afhankelijk is van de beschikbaarheid van "kritieke" grondstoffen, sluiten contracten af met Boliviaë om de toelevering van lithium op lange termijn veilig te stellen.

Voor wat "kritieke" metalen betreft, waarvan het handelsvolume veel kleiner is dan dit van de basismetalen, wordt men bovendien geconfronteerd met een niet-transparante markt, gezien vele van deze metalen niet verhandeld worden op de LME.

Doorheen dit asymmetrisch weefsel van internationale grondstoffenrelaties, spelen militair-economische verhoudingen, zij het niet altijd herkenbaar, zonder twijfel een niet onbelangrijke rol.

Toch ontstaat daarnaast langzamerhand, niet alleen in de westerse geïndustrialiseerde wereld, maar ook in de BRICS-landen een universeel gedeelde zorg om de grondstoffenschaarste -"schaarste" zoals hoger beschreven- gericht aan te pakken.

Deze zorg is nauw verbonden met de andere grote problemen waarmee de mensheid op vandaag geconfronteerd wordt : die van klimaat, energie en water.

Het meest recente IPCC Fifth Assessment Report (*IPCC AR5 2013*) herhaalt dat de geregistreerde toename van het CO₂ -gehalte in de atmosfeer hoger is dan de meest pessimistische modellen totnogtoe hadden voorspeld en dat de antropogene bijdrage daartoe duidelijk vast staat. Deze antropogene bijdrage is gelijkmatig verdeeld over energieopwekking en industrie, woningen en huishoudens, en allerlei vormen van transport.

Gedeeltelijk verbonden met de klimaatproblematiek is het schrijnend tekort aan water, vooral in subtropische gebieden van onze planeet (*Consensus Statement from Global Scientists 2013*). Oplossingen op lange termijn lijken alleen te vinden in de bouw van zeewaterontziltingsinstallaties, die op hun beurt grote hoeveelheden energie vereisen.

Wereldwijd worden dan ook inspanningen geleverd om in al deze domeinen innovatieve energiesystemen te ontwikkelen, die niet alleen rendementsvol maar ook veel minder belastend zijn voor het milieu.

Zowel in de infrastructuur voor de energieopwekking, de eventuele energieopslag, de transformatie- en distributiesystemen worden materialen en inzonderheid ook minder conventionele metallieke materialen -geproduceerd uit anorganische grondstoffen- gebruikt.

Maar ook in de zich snel ontwikkelende biomedische en ICT sectoren is een toenemende vraag naar technische metalen onvermijdelijk.

2. Nieuwe mijngebieden ontsluiten, oude heropenen, ...



Fig. 10. — Op zoek naar zeldzame aarden in Zuid-Afghanistan onder het waakzaam toezicht van Amerikaanse mariniers (*Afghanistan Buried Riches* - *Scientific American* 2011).

Algemeen kan gezegd worden dat de tijd voorbij is dat de mijnbouw "alleen het laaghangend fruit" plukt, m.a.w. ertsen met hoog metaalgehalte, uit ondiepe ertslagen en uit mijnen die dicht bij de verbruiker liggen.

Het voorbije decennium wordt gekenmerkt

- door een verhoging van het rendement van bestaande ontginningen, bijv. door gebruik van hoogvermogen laserboorsystemen over grote afstanden, die tot tienmaal

sneller door rotsgesteente boren dan 50 jaar geleden, ook op grotere dieptes (*Wouters and Bol 2004*)

- door een meer efficiënte winning van metalen uit armere ertsen (bijv. voor koperwinning minimaal Cu-gehalte van 2% in 1930 gedaald naar 0,5% in 2000)
- door ontsluiting van bekende maar nog onaangesproken reserves,
- en tevens door een sterke toename van geologisch onderzoek naar nieuwe mijngebieden. Niet alleen in Azië, de beide Amerika's en Australië worden regelmatig nieuwe vindplaatsen ontsloten, maar zelfs in Europa vestigen meerdere landen hun aandacht op mogelijke nieuwe reserves. Zo werd duidelijk dat onder de honderden meter dikke ijsskappen van Groenland zowel koper als nikkel en vooral ook zeldzame aardmetalen te vinden zijn. Duitsland besteedt terug aandacht aan oude mijnsites in het Ertsgebergte. Griekenland ontwikkelt opnieuw zijn goud- en koperindustrie, en meldt ook over lagen zeldzame aarden te beschikken. Dit is ook het geval met Noorwegen
- door de aandacht voor reserves op en onder de zeebodem wordt opnieuw actueel.

Tenslotte blijkt dat er nog belangrijke hoeveelheden zeldzamere metalen te vinden zijn in de afvalhopen van eeuwenoude mijnsites, zodat daar in een aantal gevallen aan een tweede mijnleven kan gedacht worden.

Al deze ontwikkelingen, die plaatsvinden in het begin van de 21^{ste} eeuw stellen wel een aantal belangrijke uitdagingen :

- de energiekost per ton geproduceerd metaal stijgt gevoelig naarmate de metaalconcentratie daalt. Er blijkt – in de periode 1970-2000 een 0,77 correlatie tussen mineraal- en olieprijs te bestaan (*Hague Center for Strategic Studies 2010*).
- het gebruik van toxische chemicaliën, de zuivering van het afvalwater, de ingreep op de natuur door mijnbouw en wegtransport, de verwijdering van ongewenste – soms radioactieve – nevenelementen worden, veel meer dan in het verleden, aan strenge regels onderworpen. De oproep "extract less, minimise impact" klinkt daarom steeds duidelijker op de achtergrond van de wereldwijde zoektocht naar nieuwe mijngebieden.
- wegens toenemende transportkosten en omwille van nationale belangen van grondstoffenrijke landen, wordt de stroomafwaartse verwerking van technische metalen steeds meer naar deze laatste landen overgebracht.

Appendix B

Ecologische en milieu-impact van mijnen

EUROPA'S AFHANKELIJKHEID

Fig. 8 illustreerde waar de winning van enkele kritieke metalen plaatsvindt. Aanvullend geeft onderstaande tabel een meer uitgebreide lijst van kritieke metalen, met hun belangrijkste producenten, en met de landen waaruit de Europese Unie de opgesomde metalen importeert.

Tabel 1. — Voornaamste producenten en voornaamste herkomstlanden voor toelevering van kritieke metalen naar de Europese Unie (ERT report pp 16-17).

METAAL	PRODUCTIE	INVOER IN EU VANUIT	METAAL	PRODUCTIE	INVOER IN EU VANUIT
antimoon	China 91% Bolivia 2% Rusland 2% Z.-Afrika 2%	Bolivia 77% China 15% Peru 6%	indium	China 58% Japan 11% Korea 9% Canada 9%	China 81% Hong Kong 4% USA 4% Singapore 4%
beryllium	USA 85% China 14% Mozamb.1%	USA,Canada, China, Brazilië	magnesium	China 56% Turkije 12% Rusland 7%	China 82% Israël 9% Noorwegen 3% Rusland 3%
cobalt	DRC 41% Canada 11% Zambia 9%	DRC 71% Rusland 19% Tanzania 5%	niobium	Brazilië 92% Canada 7%	Brazilië 84% Canada 16%
veldspaat	China 59% Mexico 18% Mongolië 6%	China 27% Z.-Afrika 25% Mexico 24%	platina groep	Z.Afrika 79% Rusland 11% Zimbabwe 3%	Z.-Afrika 60% Rusland 32% Noorwegen 4%
gallium	NA	USA, Rusland	tantaal	Australië 48% Brazilië 16% Rwanda 9% DRC 9%	China 46% Japan 40% Kazakhstan14%
germanium	China 92% Rusland 4% USA 3%	China 72% USA 19% Hong Kong 7%	wolfraam	China 78% Rusland 5% Canada 4%	Rusland 76% Bolivia 7% Rwanda 13%
grafiet	China72% India 13% Brazilië 7%	China 75% Brazilië 7% Madagasc 3%	ZA	China 97% India 2% Brazilië 2%	China 90% Rusland 9% Kazakhstan 1%

Het is duidelijk uit deze voorstelling dat Europa nergens als “main producer” aan bod komt, en voor wat de kritieke metalen betreft zelfs 100% afhankelijk is van invoer. Wel worden er op beperkte schaal een aantal basismetalen en minder kritieke metallieke elementen ook in Europa en Turkije gewonnen en verwerkt, namelijk Al, Mn, Au, Cd, Hg, Fe, Cr, Ni, Pb, Zn, Cu, Ag, zodat er zeker een mijnbouwexpertise aanwezig blijft.

Daarnaast wijst geologische exploratie op het bestaan van nog niet aangeboorde ondergrondse reserves, vooral van technische metalen (zie hoger), waarvan er enkele onder Natura 2000 (het Europees netwerk van beschermde natuurgebieden) liggen. Dat betekent dat er ook in Europa nood is aan planning en regelgeving, rekening houdend met de economische wenselijkheid en fysische opportuniteit om nieuwe mijnsites uit te bouwen. Daarbij dient zeker ook aandacht geschonken te worden aan de mogelijkheden die er liggen in de randgebieden van de Europese unie, zoals de zeebodem, arctische gebieden en woestijngebieden.

Dat België, en Vlaanderen in het bijzonder, hoogstens beperkte hoeveelheden metaal-ertsen in de ondergrond hebben, betekent echter niet dat wij geen aandacht moeten hebben voor de actuele ecologische randvoorwaarden die er aan de mijnbouw gesteld worden, en er niet moet uitgekeken worden naar mogelijke bijdragen vanuit ons land tot

de ontwikkeling, implementatie en aanwending van nieuwe exploratie- en winningstechnieken wereldwijd.

3. Het materiaalrendement van de processen verhogen en/of nieuwe technologieën ontwikkelen (invoeren) : "do more with less"

Elk van de opeenvolgende processen in de flowsheet van erts tot eindproduct wordt gekenmerkt door een bepaald materiaalrendement.

Het dient een continue zorg te zijn in de metaalindustrie om in elk van deze processtappen het materiaalrendement te verhogen.

Als voorbeelden van vroegere verbeteringen denken we aan het gebruik van nieuwe hydrometallurgische extractietechnieken voor koper, de invoer van continue gietprocessen voor de basismetalen ijzer, koper en aluminium, aan de ontwikkeling van licht hoogsterktestaal, aan meerdere *online* kwaliteitscontroletechnieken.

Toch is ook daar nog vooruitgang mogelijk. Zo is de hoeveelheid aluminiumafval langs de opeenvolgende proceslijnen nog te hoog, het gebruik van "zeldzame" legeringselementen in staal kan nog geoptimaliseerd worden, enz,...

Als illustratie van een totaal nieuw proces voor het winnen van metalen aan een kostprijs die heel wat lager kan liggen dan vandaag, verwijzen we naar het bedrijf Metalysis in Wath-upon-Dearne in Groot-Brittannië. Metalysis is een spinoff van de Cambridge University (*Metalysis 2012*). Zij hebben de elektrolysetechniek voor het winnen van aluminium uit bauxiet, ontdekt door Hall en Herault op het einde van de 19^{de} eeuw, aangepast voor het winnen van tantaal uit coltan en plannen dit proces uit te breiden naar titanium, blijkbaar aan een kostprijs die op termijn vele malen lager zal liggen dan de kostprijs van deze elementen op vandaag. Tantaal is een strategisch element in condensatoren. Titaan behoort tot de vijf meest voorkomende metalen in de aardkorst (na Si, Fe, Al en Mg) ; het is even licht als aluminium en heeft de stijfheid van ijzer en zou dus voor heel wat engineeringtoepassingen een waardevol en betaalbaar alternatief kunnen bieden.

Voor wat de "schaarse" materialen betreft, en de materialen die als begeleidend metaal uit een erts gewonnen worden, en waarvan de geproduceerde hoeveelheden veel kleiner zijn, wacht de processing van erts tot metaal nog vaak op een optimalisering of op de ontwikkeling van meer efficiënte of schonere winnings- en veredelingsstechnieken.

4. Intelligent productontwerp

Wij zijn ons in onze consumptiemaatschappij te weinig bewust van de wijze waarop men tot het ontwerp van één of ander huishoudtoestel, computer, GSM, auto ... komt. Wij verwonderen ons echter wel over het feit dat de levensduur van vele producten ontgoochelend laag is, en dat de herstelling van apparaten vaak duurder uitvalt dan de aankoop van een nieuw toestel.

Grondstoffenefficiëntie is inderdaad niet enkel gebaat bij innovaties in de eindverwerking van afgedankte producten en "downstream" van de productketen, maar evenzeer met doordachte stroomopwaartse materiaal- en productinnovaties. Het belang van ontwerp met het oog op recycling ("design for recycling"), of meer algemeen ontwerp met het oog op efficiënt gebruik van grondstoffen (design for resource efficiency) kan niet onder-

schat worden. Productontwerp heeft een grote impact op de fysische eigenschappen van afvalstromen, en materiaalontwikkelingen zouden inherent met de recyclebaarheid na gebruik rekening moeten houden. Dit omvat ook het gebruik van nieuwe materialen die de-assemblage vergemakkelijken. Ook productnormering en -certificering kunnen meer gericht worden op de recyclebaarheid. Hiermee wordt niet alleen de theoretische mogelijkheid om te recyclen, maar ook de economische en ecologische impact ervan bedoeld.

Daarom is de tijd aangebroken om meer aandacht te besteden aan modulaire ontwerpfilosofieën, waarbij

- materiaalgebruik geoptimaliseerd wordt ("dematerialisation")
- de eenvoudige demonteerbaarheid en vervangbaarheid aandachtspunten worden, wat meteen hergebruik en minstens een efficiënte recycling mogelijk maakt.

Dit zou hand in hand kunnen gaan met een betere informatie van de consument over de werking van de toestellen hij zich aanschafft.

Deze ideeën beginnen reeds ingang te vinden in de automobieliindustrie, en behoren tot de krachtlijnen waarlangs de maakindustrie van de toekomst zal evolueren. Daarvoor verwijzen wij naar het KVAB-KTW rapport nr. 17 ("*DE MAAKINDUSTRIE, motor van welvaart in Vlaanderen - 2013*").

5. Substitutie

De zoektocht naar een verantwoorde substitutie van oudere door nieuwe technieken is een van de kenmerken van een innovatieve maatschappij. De overstap van een ondoorzichtig verbruik van elektrische energie naar smart grids is er een voorbeeld van. De vervanging van het dure koper door een minder dure aluminiumlegering voor hoogspanningskabels- met behoud van een aanvaardbare transmissie-efficiëntie is een ander voorbeeld. Het onderzoek naar nieuwe katalysematerialen voor chemische processen ter vervanging of vermindering van het gebruik van platina of palladium en de vervanging van NiMH door Li-ion batterijen in de Toyota Prius of van de ZA-gebaseerde elektrische motoren door lichtere inductiemotoren zonder ZA illustreren eveneens een verantwoord innovatiedenken.

Maar substitutie dient niet alleen economisch verantwoord te worden. De vervanging van de klassieke NiCd door NiMH batterij werd mede ondersteund door het wegvallen van het giftige cadmium, de uitdaging om ooit van een uranium- naar een thorium-kernenergie te komen wordt mede verantwoord door een bezorgdheid de hoeveelheid hoogradioactieve afval met hoge halfwaardetijd te verminderen, enz ...

6. Recycling

6.1. Grondstoffen herwinnen

Recycling is één van de meest directe manieren om de stijging van het verbruik van metalen enerzijds en het verbruik van grondstoffen anderzijds te ontkoppelen. Aangezien metalen in principe oneindig te recyclen zijn zonder kwaliteitsverlies, zou innovatie die tot een verhoging van de recyclinghoeveelheid leidt, toegang moeten geven tot een significante verhoging van de beschikbaarheid van secundaire materialen.

Naast een rechtstreekse reductie van de nood aan primaire grondstoffen en dus de uitputting van natuurlijke reserves, heeft recycling ook een aanzienlijke impact op de energievereiste voor het (her)winnen van grondstoffen. De productie van aluminium uit schroot vraagt bijvoorbeeld 95% minder energie dan uit primair bauxieterts, terwijl recycling van koper, staal en lood respectievelijk 85%, 74% en 65% bespaart. Hiermee gepaard gaand heeft recyclen ook een positieve impact op de CO₂ uitstoot. Dit is zeker relevant, in beschouwing genomen dat de staalproductie 27% van de wereldwijde materiaalproducerende/-verwerkende industrie, of 5 à 6% van de totale CO₂ emissies vertegenwoordigt, en recycling de nodige primaire grondstof per ton staal vermindert. Wel moet bemerkt worden dat niet in alle gevallen recycling een lagere impact heeft dan primaire winning. Veel hangt onder andere af van de energie die nodig is om het afval in verwerkbare stromen te scheiden.

Naast deze ecologische incentives, biedt recycling ook veel potentieel op economisch vlak en inzake tewerkstelling. De sector is immers vrij arbeidsintensief en heeft een groot groeipotentieel, geïllustreerd door de 10,57% jaarlijkse groei tussen 2004 en 2008. In dezelfde periode is de omzet voor de 7 belangrijkste recyclaten in de EU verdubbeld (*European Environment Agency, 2011*), onder meer door de implementatie van verschillende afvalgerelateerde EU richtlijnen, met name de "Packaging and Packaging Waste Directive" (EU, 2004), de "End of Life Vehicle Directive" (EU, 2000), de "Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Directive" (EU, 2003) en de "Landfill Directive" (EU, 1999). Alleen al in de secundaire staalproductie werken wereldwijd naar schatting 200.000 mensen (UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008), waarvan enkel in de VS reeds 3.000 actief zijn in een jonge commerciële activiteit als de valorisatie van staalslakken. Meer algemeen schat de EEA dat in Europa 512.000 werknemers actief zijn in de materiaalrecyclingindustrie ((*European Environment Agency, 2011*) cijfers 2011) en een extra 1.4 miljoen in afvalbeheer.

Deze cijfers illustreren dat recycling stilaan ingeburgerd geraakt, ten minste voor een aantal stromen die in omvang aanzienlijk zijn (de *commodities*). Voor deze recyclaten zijn er ook gevestigde markten. De motivatie voor de recycling van deze stromen ligt vooral in het verminderen van de nodige energie en de algemene milieu-impact bij de materiaalwinning en -productie..

Voor minder gebruikelijke maar niet minder essentiële, elementen is nog een hele weg af te leggen. Vele kritieke metalen worden op vandaag slechts voor minder dan 10%, en de ZA slechts voor 1% gerecycled.

Appendix C

Overzicht van Europese recyclingdoelstellingen voor verschillende sectoren en materiaalstromen

Appendix D

Recycling in België

6.2. Stadsmijnbouw (*Urban mining*)

Bij "urban mining" wordt de maatschappij als mijn gebruikt om de materialenkringloop te sluiten door verbruiksproducten op het einde van hun leven opnieuw om te zetten in bruikbare grondstoffen en uiteindelijk nieuwe producten. Hierbij wordt typisch een aantal

stappen onderscheiden, gaande van inzameling van de verbruikte goederen, over voorbehandelingsstappen om complexe producten te desintegreren in stromen die maximale metaalrecuperatie toestaan, tot de uiteindelijke metallurgische omzetting in nieuwe grondstoffen. Indien producten uit één of slechts enkele metalen zouden bestaan, zou een materiaalcentrische benadering, waarbij een behandlingsprogramma opgesteld wordt per element, voldoen om een efficiënte recyclingkringloop op te zetten. Op volumetrische basis wordt 98% van het metaalverbruik per inwoner in de OESO- landen gedekt door slechts 5 metalen : ijzer, aluminium, koper, zink en mangaan.

Producten worden echter steeds complexer en maken tegenwoordig gebruik van een veel groter aantal metalen, die vaak in kleine hoeveelheden worden gebruikt. Bovendien blijven steeds nieuwe producten en materiaalcombinaties ontwikkeld worden, die vaak niet in de natuur voorkomen. Recyclaten bevatten soms meer dan 50 elementen, waar een primair zinkconcentraat er bijvoorbeeld "slechts" 20 bevat. Indien in dit geval een materiaalcentrische benadering gevolgd wordt, is het onvermijdelijk dat de recuperatie van bepaalde metalen ten koste gaat van andere. Bijgevolg dient dit perspectief aangepast te worden binnen een **productcentrische benadering**, die een specifiek product in zijn totaliteit benadert en streeft naar een optimale recycling, alle materialen in beschouwing nemend.

De fig. 11 vat de levenscyclus van metaalhoudende producten samen met aanduiding van de verschillende recyclingstappen en indicatie van de onvermijdelijke verliezen.

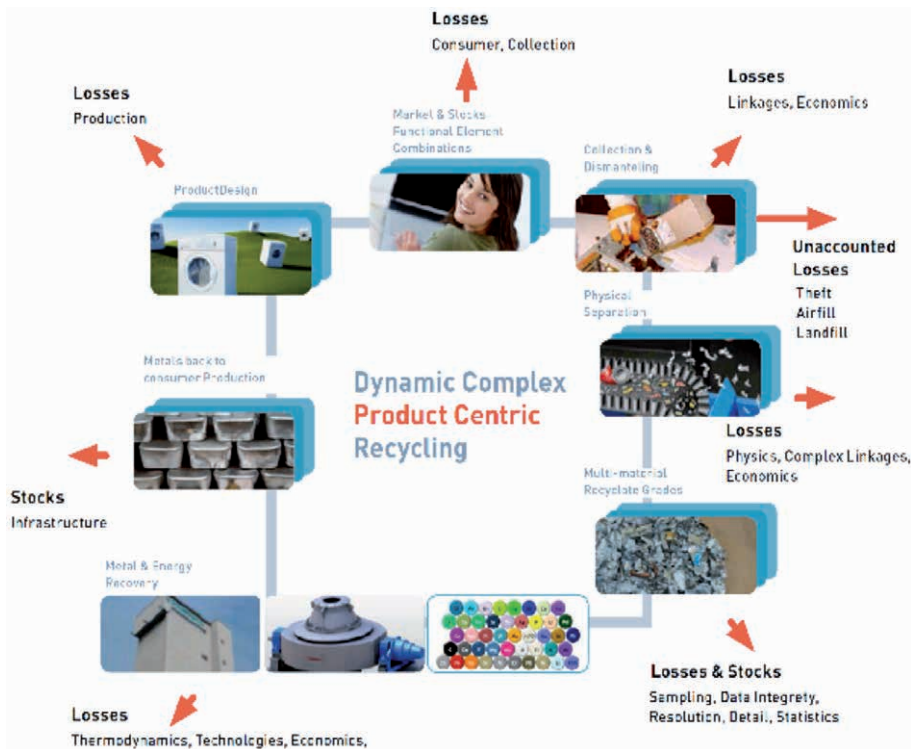


Fig. 11. — Schematisch overzicht van de levenscyclus van metaalhoudende producten. Ontwerp voor grondstoffefficiëntie beschouwt alle aspecten van deze figuur om deze verliezen te minimaliseren (Reuter et al., 2013).

Omwille van de complexe onderlinge afhankelijkheden tussen de verschillende recyclingstappen, is een holistische en sectoroverschrijdende benadering vereist die de volledige recyclingketen per product beschouwt. De keuze van een bepaald pyrometallurgisch proces kan immers restricties opleggen aan de scheidingsstappen en vice versa. Zo dienen koper en ijzer gescheiden te worden vóór hun pyrometallurgische verwerking, terwijl andere combinaties van metalen die ook in primaire ertsen samen voorkomen, metallurgisch meer efficiënt gescheiden kunnen worden. Daarenboven bestaan situaties, zoals bv. bij de recycling van batterijen, waarbij een scheiding tot elementair niveau wordt vermeden, maar metaalverbindingen worden herwonnen die rechtstreeks in nieuwe producten gebruikt kunnen worden. Doordat quasi elk product verschillende metalen bevat, lopen verschillende recyclingketens vertakt door elkaar. Bovendien is veel van de metallurgische infrastructuur, oorspronkelijk gebouwd voor primaire winning gericht op het samen verwerken van een begeleidingselement met andere metalen die in dezelfde ertsen worden aangetroffen (Fig. 12 – *metal wheel*). Vanwege de grote variëteit aan materiaalcombinaties in *End-of-Life* (EoL) producten, dient recycling vanuit een product-centrische zinswijze echter processen van meer dan één basismetaal samen te optimaliseren. Idealiter wordt reeds van in de ontwerpfase rekening gehouden met de materiaalcombinaties die achteraf efficiënt te recyclen zijn.

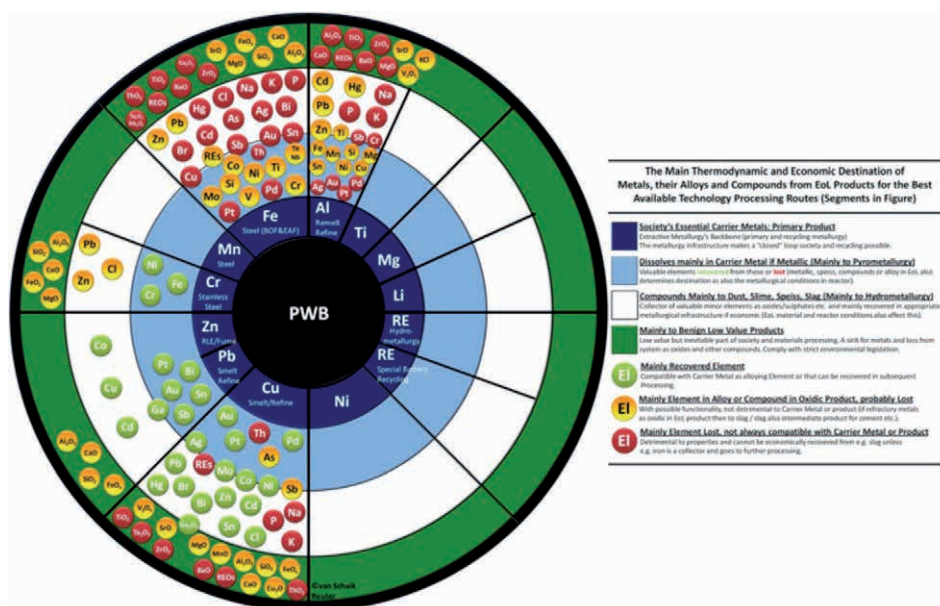


Fig. 12. — Thermodynamische en economische bestemming van metalen, legeringen en verbindingen van EoL producten op basis van best beschikbare technieken voor de recycling van elektronisch afval (Reuter et al., 2013).

De optimale secundaire verwerking van metalen vereist dus, meer dan de primaire, een flexibele en modulair opgebouwde infrastructuur om in te kunnen spelen op de snelle evolutie van technologische producten en van consumptiepatronen.

Het resulterende complexe multidimensioneel recyclingprobleem dient opgelost te worden vanuit een rigoureuze fysieke kennisbasis. Computermodellen kunnen hierbij een waardevol hulpmiddel zijn.

Bovendien dient aansluiting gezocht te worden bij de reeds aanwezige regionale infrastructuur voor de verwerking van primaire grondstoffen. Deze is immers vaak sterk gelijkaardig. Primaire en secundaire metaalverwerking kunnen elkaar bijgevolg dan ook stimuleren.

Er is daarbij ook aandacht nodig voor nieuwe processen voor de verwerking van afvalstromen met erg lage concentraties aan de boogde elementen. Biometallurgie (dat "bioleaching" en "biohydrometallurgy" omvat) biedt heel wat perspectieven voor de verwerking van dergelijke verdunde stromen (W. Verstraete 2012) (Erust C et al. 2013).

6.3. *Lekstromen voor grondstoffen : export van afval (Dubois et al., 2012)*

Een bijzondere problematiek is de beschikbaarheid van afvalstromen van voldoende volume om een rendabele verwerking te kunnen inrichten. Dit hangt uiteraard af van de beschouwde materiaalstroom, de complexiteit van de verwerking en het economisch belang van de herwonnen grondstof. Zo komt het dat er heel wat transport van afval is ontstaan.¹ Deze transporten dragen bij tot de efficiënte inzet van gerecyclede materialen en staan toe om in te spelen op prijsverschillen (o.a. gelinkt aan heffingen), verwerkingscapaciteit of gespecialiseerde behandelingstechnieken (Eurostat, 2010). Met name het transport van "groene lijst"- afvalstoffen (dit zijn typisch gescheiden afvalstromen zoals staalschroot, papier, karton... die zonder kennisgeving verhandeld kunnen worden, op voorwaarde dat het om recuperatie gaat) kent een sterke toename in de laatste 10 jaar ; specifiek de uitvoer naar China stijgt enorm.

Naast deze legale transporten en ondanks de duidelijke wetgeving bestaan tal van problemen met *illegale afvaltransporten*. Hierbij spelen criminele organisaties in op de vaak dure afvalverwerking door een goedkoop alternatief aan te bieden. *E-waste* (TV's, computers, gsm's...) en oude auto's zijn hier het meest zichtbare voorbeeld van. De vrachten worden vaak bestempeld als tweedehandsmateriaal, maar in de praktijk is het grootste deel van de lading afval dat zonder enige controle gedumpt wordt. In beschouwing genomen dat 53% van de gecontroleerde transporten niet in orde is met de wetgeving (INECE, 2010) en dat ongeveer 100.000 ton per jaar in West Afrika terecht komt (UNODC, 2009), vormt dit een zeer ernstig probleem. Inspectie op de uitgevoerde afvalstoffen is essentieel om deze praktijken aan te pakken, maar wordt bemoeilijkt door de verdeling van bevoegdheden. Dit is bijgevolg een Europees probleem, waarbij de controle op export slechts zo sterk is als de zwakste schakel. Het is duidelijk dat deze problematiek meer aandacht behoeft en dat vermeden moet worden dat de sector competitief benadeeld wordt vanwege dergelijke praktijken.

6.4. *Het concept : "circulaire economie"*

De menselijke industriële activiteit functioneert tot nog toe hoofdzakelijk op het principe "nemen, maken, verwijderen". Dit model wordt "lineaire" economie genoemd omdat grondstoffen ontgonnen worden via mijnbouw, dan een enkele keer gebruikt worden in producten die nadien, op het einde van hun gebruiksperiode, op een afvalstort verwijderd worden. Sinds midden van de twintigste eeuw ontstond het besef dat dit model maar

¹ De wetgeving rond afvaltransporten binnen de EU, de import naar en de export van de EU, is geregeld volgens de EU-Verordening 1013/2006/EG voor Overbrenging van Afvalstoffen (EVOA), op basis van de OESO-beslissing, C(2001)107, geamendeerd door C(2004)20, die de aansluiting bevestigt bij de Basel conventie van 1989.

beperkte groeimogelijkheden had. Naar het voorbeeld van de natuur ontstond de idee afval te vermijden door grondstoffen, waaronder anorganische materialen, in een kringloop te hergebruiken en zo negatieve effecten op de biosfeer te vermijden. Een industriële economie die zo gestructureerd is dat ze "herstellend" in plaats van "verbruikend" is, wordt generiek met de terminologie "circulaire economie" beschreven.

Circulaire economie kan ook omschreven worden als : "afval bestaat niet" en "diversiteit brengt stabiliteit". Het berust op een "systeemdenken" en vormt een regeneratieve basis voor de exergie in de metaalproductie. In de afgelopen vijf jaar kreeg het circulaire economiemodel heel wat politieke aandacht in de Europese Unie ("*the circular Model-an overview- Ellen McArthur Foundation 2012*") Hierbij speelden diverse factoren een rol, gaande van de fysieke zekerheid en economisch competitieve bevoorrading van grondstoffen tot het scheppen van nieuwe werkgelegenheid voor een breed portfolio van competentieprofielen.

Eén van de kernbegrippen van dit systeemdenken is de **WAARDEKETEN** (value chain) benadering voor het recyclen van producten :

Het concept is een aanbeveling van de EREP (European Resource Efficiency Platform) dat tot doel heeft de kennisdoorstroming over de grondstoffen, die in een product verwerkt zijn te stimuleren.. De EREP stelt hiervoor de ontwikkeling van een "**product paspoort**" voor, om dergelijke informatie in de waardeketen vlotter beschikbaar te stellen, en daarmee meer waarde in het geheel van de materiaalketens te kunnen creëren. Dit vraagt natuurlijk een grondiger (kwantitatieve) kennis van materiaalstromen en materiaalvoorraden in de stadsmijn (*urban mine*), om daaruit nieuwe opportuniteiten te kunnen detecteren voor kwaliteitsvolle recycling. De *business-to-business* interactie kan op lokale schaal ook bevorderd worden door actief **industriële symbiose** te bevorderen met focus op de materiaalstromen tussen de bedrijven, bijvoorbeeld bij de ontwikkeling van geïntegreerde industrieterreinen.

De waardeketenaanpak is niet beperkt tot onze regio, maar het globale karakter veronderstelt ook een verdere evolutie op andere gebieden, zoals naar een volledig duurzaam transport, ook over continenten heen (transport over grotere afstanden, niet enkel van grondstoffen, maar ook van afgewerkte en gebruikte producten terug naar Vlaanderen) Tenslotte moet ook de noodzaak benadrukt worden om de duurzaamheid van nieuwe technologieën en businessmodellen goed te monitoren en daar wetenschappelijk onderbouwde, levenscyclus gebaseerde indicatoren voor te ontwikkelen.

AANBEVELINGEN

OPPORTUNITEITEN VOOR VLAANDEREN-BELGIË

De KTW wenst vooreerst te benadrukken dat ze volmondig het ideaal van een duurzame samenleving gebaseerd op duurzame energie, duurzaam materiaalbeheer, een circulaire economie en maatschappelijke gedragenheid en gelijkheid onderschrijft.

In wat volgt formuleert de KTW adviezen aan de belangrijkste spelers in het verhaal van de grondstoffenproblematiek voor ons land : de industrie, de overheid, de onderwijs- en onderzoeksinstellingen. De adviezen zijn telkens *vooral* aan de grijs gekleurde actoren gericht.

1. ACTIEVE PARTICIPATIE IN DE MIJNBOUW VAN DE TOEKOMST

industrie	overheid	onderwijs- en onderzoek
-----------	----------	-------------------------

De mijnbouw in Europa start een nieuw leven – zeker in het domein van de technische metalen.

België, en Vlaanderen in het bijzonder, heeft, voor zover bekend, geen met de huidige technologie economisch zinvolle ontginbare metaalertsen in de ondergrond. Dat betekent echter niet dat wij geen aandacht moeten hebben voor de actuele ecologische beperkingen die er aan de mijnbouw gesteld worden. Deze is echter, om redenen die verband houden met de strategische rol van de nationale Europese economieën binnen de algemene EU-context, tot nu toe ontsnapt aan een strikt juridisch kader op Europees niveau.

Gezien de onontkoombare onderlinge economische/ecologische afhankelijkheid van de lidstaten, is het belangrijk dat ons land actief meewerkt aan de uitwerking van een uniforme regelgeving binnen de EU.

Ook moet er proactief uitgekeken worden naar mogelijke bijdragen vanuit ons land tot de ontwikkeling, implementatie en aanwending van nieuwe exploratie- en winningstechnieken wereldwijd. Vlaanderen kan trouwens op een wereldfaam rekenen i.v.m. baggertechnologie, die een *offshore* en *“deep-sea mining”* mogelijk maakt.

Daarbij dient steeds gewaarborgd te worden dat de grondstoffen uit conflictvrije regio's komen, in overeenstemming met IRMA (Initiative for Responsible Mining Assurance) en CFS (Conflict Free Sourcing) – programma's die respectievelijk in 2006 en 2013 door meerdere NGO's en bedrijven in westerse- en ontwikkelingslanden landen ondertekend werden.

2. DE MAATSCHAPPIJ BEWUST MAKEN VAN HET ALGEMEEN MAATSCHAPPELIJK BELANG VAN DE KRITIEKE METALEN

industrie	overheid	onderwijs- en onderzoek
-----------	----------	-------------------------

Het overgrote deel van de bevolking in de industriestaten is de *hightech* era van de voorbije decennia ingestapt, zonder zich bewust te zijn van de materialen die nieuwe en onmisbare producten uit haar dagelijks leven mogelijk maken.

Daarom is het belangrijk dat het onderwijs op alle niveaus, in samenwerking met de media, kanalen ontwikkelt om het publiek vertrouwd te maken met de grote diversiteit aan "nieuwe" metalen, die naast ijzer, koper, zink en lood, zijn leven zijn binnen getreden. Bovendien dient het, meer dan nu, bewust gemaakt te worden van de eindigheid van de grondstoffen, en van de noodzaak om er spaarzaam en respectvol mee om te gaan.

3. TECHNISCH WETENSCHAPPELIJK MATERIAALONDERZOEK

industrie	overheid	onderwijs- en onderzoek
-----------	----------	-------------------------

Vlaanderen dient de naam en faam van het materiaalkundig onderzoek aan onze universiteiten en onderzoeksinstellingen te blijven verzekeren. Niet alleen het fundamenteel begrijpen van de materialen en de relaties tussen hun structuur en eigenschappen zijn belangrijk, maar evenzeer het onderzoek naar substitutiematerialen, substitutieprocessen, recyclingtechnologieën en andere vormen van duurzaam materialenbeheer die onze afhankelijkheid van kritieke metalen verminderen. In dit kader is een actief engagement van Vlaanderen in de toekomstige Europese KIC "Grondstoffen" zeer wenselijk.

4. NIEUWE BUSINESSMODELLEN IN DE MAAKINDUSTRIE

industrie	overheid	onderwijs- en onderzoek
-----------	----------	-------------------------

Onze wegwerpzieke – en bijgevolg – dure maatschappij roept op om in de maakindustrie zoveel als mogelijk nieuwe ontwerpfilosofieën in te voeren. Daarbij wordt de efficiëntie van het gebruik aan kritieke metalen in rekening gebracht, worden producten zoveel als mogelijk modulair, gemakkelijk demonteerbaar en bijgevolg herstelbaar ontworpen. Dit zijn twee parameters die een positieve invloed zullen hebben op de recyclebaarheid na gebruik.

Noot :

Net zoals in buurlanden, bestaan er ook in Vlaanderen goede mechanismen om innovatie-activiteiten in de industrie en aan de kenniscentra via publieke financiële middelen te ondersteunen.

Maar ook in Vlaanderen, net zoals in de Europese Unie, is de verhouding tussen de publieke middelen die in de innovatie geïnvesteerd worden enerzijds, en de hieruit resulterende industriële activiteit onder de vorm van producten en diensten met een positief economisch resultaat anderzijds, onvoldoende in vergelijking met de topregio's in de wereld.

Een hogere doeltreffendheid van de publieke middelen is noodzakelijk. Een parameter in de verhoging van de doeltreffendheid heeft betrekking op de keuze van de materialen die in de productinnovaties gebruikt worden. Zo kan het naar onze mening niet efficiënt zijn zonder meer grondstoffen die het predicaat "kritiek" hebben, te gebruiken voor productinnovaties. Wij raden aan de criteria voor het toekennen van publieke ondersteuning uit te breiden met de categorie tot welke de gebruikte grondstoffen behoren. Indien een grondstof tot de categorie "kritiek" behoort dan moet het innovatiewerk hiermee adequaat rekening houden. Dit kan gebeuren door bijvoorbeeld systematisch de recyclingtechnische aspecten en de substitutiemogelijkheden als werkpakketten in het innovatieprogramma mee op te nemen.

5. "CIRCULAIRE ECONOMIE" ALS EEN TOEKOMSTPROJECT VOOR VLAANDEREN

Vlaanderen heeft een exporteconomie zonder eigen grondstoffen en is dus bijzonder kwetsbaar. Anderzijds werd in appendix 3 aangetoond dat België (en a fortiori ook Vlaanderen), wat afval- en materialenbeleid betreft, in Europa tot de koplopers behoort. Vlaanderen beschikt over een unieke symbiose van bedrijven in het geheel van de recyclingwaardeketen, excellent onderzoek, een overheid die een sterk afvalbeleid heeft opgebouwd en als één van de eerste in Europa de stap heeft gezet naar een geïntegreerd materialenbeleid, en een middenveld dat zich zeer bewust is van de grondstoffenproblematiek. Dit geeft ons een competitief voordeel ten opzichte van andere regio's om grondstoffenefficiëntie, recycling en meer algemeen de circulaire economie verder als sterkte uit te bouwen en om te zetten in groeiende en nieuwe economische activiteiten.

industrie	overheid	onderwijs- en onderzoek
-----------	----------	-------------------------

Het versterken van de Vlaamse koploperspositie in recycling en bij uitbreiding in de circulaire economie vergt in essentie 2 aandachtspunten, nl.

(1) een doorgedreven waardeketen (*value chain*)-strategie voor het recyclen van producten en materialen, met inbegrip van innovaties in de manier waarop die ketens worden beheerd. In de Vlaamse context betekent dit de ontwikkeling ondersteunen van processen voor bedrijven in Vlaanderen of Vlaamse bedrijven die wereldwijd actief zijn in de circulaire economie.

(2) innovatieve technologieën voor het recyclen van materialen uit complexe producten, met bijzondere aandacht voor de kritieke materialen.

In Vlaanderen zijn meerdere bedrijven (Deme, Indaver, Umicore,...) gehuisvest die een unieke technologiepositie hebben op het gebied van recycling van bepaalde metallieke materialen. Daardoor kunnen zij een bijzondere rol spelen in het recyclen van de categorie kritieke grondstoffen, en kan zo een competitief voordeel op wereldschaal verder uitgebouwd worden.

6. FOCUS OP MAATSCHAPPELIJKE BEWEGING – UITDAGINGEN

industrie	overheid	onderwijs- en onderzoek
-----------	----------	-------------------------

De overgang naar een circulaire economie moet ondersteund worden door een maatschappelijke beweging, met een plaats waar alle maatschappelijke actoren elkaar kunnen vinden om samen te werken aan een langetermijnvisie, aan nieuwe interdisciplinaire initiatieven en om van elkaar te leren. De overheid is een geëngageerde partner hierin. Tenslotte dient de circulaire economie (zowel technologische als niet-technologische aspecten) een plaats te krijgen in het onderwijs.

Deze maatschappelijke beweging naar een meer duurzaam omgaan met grondstoffen dient actief gestimuleerd te worden door een onafhankelijke netwerkorganisatie zoals plan C van het Vlaams Transitienetwerk Duurzaam Materialenbeheer.

Europa positioneert het concept "Europe 2020" als een strategie voor een slimme en duurzame groei, waarbij het voort werkt op de Lissabonstrategie om van de EU "de meest competitieve en dynamische kennisgedreven economie ter wereld te maken gebaseerd op duurzame economische groei met meer en betere tewerkstelling en een grotere sociale cohesie". Binnen dit Europa wenst Vlaanderen met VIA tegen 2020 te behoren tot de top-5 van kennisintensieve regio's op het gebied van geproduceerde welvaart.

Met een duurzaam materialenbeleid, zowel in Vlaanderen als in Europa, kan hiermee een belangrijke stap gezet worden.

Om dergelijke voortschrijdende technologische ontwikkelingen te stimuleren en een kans te geven is het vaak nodig om de huidige en bestaande mantra's te negeren en naast zich neer te kunnen leggen. Afval moet, in tegenstelling tot de huidige wettelijke beperkingen, gemakkelijker als grondstof kunnen ingezet worden, verhandeld worden, enz. ...

De negatieve ervaringen met het opsplitsen van het energiebeleid in een (slecht of niet functionerende) ééngemaakte energiemarkt, "duurzame" energieproductie, (verkeerd begrepen) energie-efficiëntie, enz. ... moeten ons, voor wat de grondstoffenproblematiek betreft, leren andere impulsen te geven voor een correct duurzaam materiaalbeleid.

Er moet meer oog zijn voor het integreren van de vraagstukken in plaats van het opsplitsen ervan. Men wenst uiteindelijk een maximale recuperatie van mineralen en ertsen en dit op een duurzame wijze en men moet vaststellen dat men binnen de huidige regelgeving reeds de facto de grenzen qua kwaliteit en kwantiteit van het opgehaalde (huishoud)afval heeft bereikt. Andere wijzen van afvalinzameling en nadien verwerking moeten helpen om de volgende stap te zetten, tegengesteld aan de vigerende politieke en regelgevende waarheden.

Waar tientallen jaren geleden de geautomatiseerde sortering van materialen nog nauwelijks bestond en er bijgevolg een beroep moest gedaan worden op het menselijk sorteren aan de oorsprong – de gescheiden inzameling en thuisSortering – is het duidelijk dat dit systeem zowel tegen zijn eigen grenzen is aangelopen als niet duurzaam is en tekort schiet in het uiteindelijke doel van een duurzame inzameling, sortering en recycling. Het lijkt politiek misschien een moeilijke zaak maar een andere wijze van inzameling en verwerking is noodzakelijk en technologisch perfect realiseerbaar. Buitenlandse

voorbeelden (Stockholm, Barcelona) niet gehinderd door de Vlaamse voorgeschiedenis bewijzen dit nu reeds, en moeten geanalyseerd worden op hun efficiëntie. (zie bijvoorbeeld de verzonken en dus compacte en ecologische Molok-containers aan de Vlaamse kust).

De Vlaamse en Europese overheden dienen in eerste instantie technologie-ontwikkelingen te ondersteunen voor een duurzaam materialenbeheer. In de Vlaamse context betekent dit de ontwikkeling ondersteunen van processen voor bedrijven in Vlaanderen en Vlaamse bedrijven, die wereldwijd actief zijn in de circulaire economie. Hierbij aansluitend dient de bestaande wetgeving kritisch te worden geanalyseerd, en indien zij contraproductief is, te worden afgeschaft en dient men uiterst terughoudend te zijn met het opstarten van nieuwe wetgevende initiatieven.

GLOSSARIUM

Afkorting

Betekenis

AEEA	Afgedankte elektr(on)ische apparaten
BP	British Petroleum
BRICS	Brazilië Rusland India China South Africa
CCS	Carbon Capture and Storage
COREPER	Committee of Permanent Representatives
DG	Directorate General
DOE	Department of Energy (V.S.)
EC	Europese Commissie
EEA	European Environmental Agency
EESC	European Economic & Social Committee
EMIRI	Energy Materials Industrial Research Initiative
EOL	End of Life
EPA	Environment Protection Agency (V.S.)
ERA-MIN	European Research Area - Minerals
EREP	European Resource Efficiency Platform
ERT	European Round Table of Industrialists
ETC-SCP	European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production
ETP	European Technology Platform
EU	Europese Unie
EVOA	Europese Verordening Overbrenging Afvalstoffen
Febelauto	Beheersorganisme voor afgedankte voertuigen in België
Fost Plus	Organisatie die instaat voor de promotie, coördinatie en financiering van de selectieve inzameling, sortering en recycling van huishoudelijk verpakkingsafval in België. Fraunhofer ISI Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
GPP	Green Public Procurement
HCSS	Hague Center of Strategic Studies
ICT	Information & Communication Technology
ILO	International Labour Organisation
INECE	International Network for Environmental Compliance and Enforcement
IOE	International Organization of Employers
IPCC-ASR	International Protocoll on Climate Change
ITUC	International Trade Union Confederation
IZT	Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung
JPL	Jet Propulsion Laboratory
JRC	Joint Research Center
KIC	Knowledge & Innovation Communities
KMO	Kleine & Middelgrote Ondernemingen
KVAB-KTW	Koninklijke Vlaamse Academie van België - Klasse Technische Wetenschappen
LED	Light Emitting Diodes
LME	London Metal Exchange
MAHB	Millennium Alliance for Humanity and the Biosphere
MIRA	Milieuraapport
NACE	Statistical classification of economic activities in the European Community
NiMH	Nikkelmetaalhydride
OECD	Organisation for Economic Collaboration & Development (cf. OESO)
OESO	Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling
OVAM	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij

PGM	Platinagroep Metalen
PPP	Public Private Partnership
PWB	Printed Wiring Board (= printed circuit board, gedrukte schakeing, printplaat)
Recupel	Organisatie die de inzameling en verwerking van afgedankte elektrische apparaten organiseert in België
Recybat	Beheersorganisme dat tot doel heeft de aanvaardingsplicht uit te voeren voor afgedankte autobatterijen of -accu's
REE	Rare Earth Elements
RMI	Raw Materials Initiative
SAO-NASA	Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO)
SCP	Sustainable Consumption and Production
SIA	Strategische Innovatie-agenda
SMM	Sustainable Materials Management
SMR	Strategic Mineral Resources
SPIRE	Sustainable Process Industry through Resource and Energy Efficiency
Suschem	Sustainable Chemistry
TV	Televisie
UNEP	United Nations Environmental Programme
UNODC	United Nations Office on Drugs and Crime
Val-I-Pac	Organisatie die de recycling van bedrijfsmatige verpakkingen stimuleert en coördineert in België
VIA	Vlaanderen in Actie
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
VMP	Vlaams Materialenprogramma
WEEE	Waste Electronic and Electric Equipment
ZA	Zeldzame Aardmetalen

KLASSE VAN DE TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

LEDEN

Bestuur

Jacques Willems, bestuurder
Jan Kretzschmar, aftredend bestuurder
Paul Verstraeten, onderbestuurder
Joos Vandewalle, vertegenwoordiger in de bestuurscommissie van de KVAB

Gewone leden

Guido Beazar	Jan Kretzschmar	Joos Vandewalle
Ronnie Belmans	Paul Lagasse	Hendrik Van Landeghem
Jean Berlamont	Jan Leuridan	Willy Van Overschée
Alain Bernard	Egbert Lox	Joost Van Roost
Luc Bonte	Christiane Malcorps	Ivo Van Vaerenbergh
Luc Bossyns	Leo Michiels	Eric Van Walle
Christine Buelens	Paula Moldenaers	Henri-Jean Velge
Paul De Bruycker	Elisabeth Monard	Ingrid Verbauwheide
Bart De Moor	André Oosterlinck	Pascal Verdonck
Joris De Schutter	Johan Schoukens	Ronny Verhoeven
William D'Haeseleer	Luc Taerwe	Ignas Verpoest
Dirk Fransaer	Erik Tambuyzer	Willy Verstraete
Ludo Gelders	Hugo Thienpont	Paul Verstraeten
Derrick Gosselin	Jan Van Campenhout	Dirk Wauters
Hilde Heynen	Achiel Van Cauwenbergh	Martine Wevers
Monica Höfte	Erick Vandamme	Jacques Willems
Annick Hubin	Jozef Vanderleyden	

Ereleden

Etienne Aernoudt	Guy Haemers	Hendrik Van Brussel
Jean Beeckman	Jan Jongbloet	Valentin Van den Balck
Stanislas Beernaert	Rob Lenaers	Daniël Vandepitte
Jozef Deman	Roland Maes	Georges Van der Perre
Hugo De Man	Urbain Meers	Jan Van Keymeulen
Jean-Pierre Depaemelaere	Michel Naze	Jacques Van Remortel
Herman Deroo	Marcel Soens	Pierre Verbaeten
Dirk Frimout	Stanislas Ulens	Roland Wissaert
Gilbert Froment	Norbert Van Belle	
Robert Gobin	Jean Van Bladel	

Buitenlandse leden

Peter Adriaens	Laszlo Monostori	Fred J.A.M. van Houten
Robert Byron Bird	Jean-Marie Noterdaeme	Luk Van Wassenhove
Adrianus T. de Hoop	Jan M. Rabaey	Erik Verriest
Alessandro Ferrero	Wim Sweldens	Ronald E. Waterman
Iven Mareels	Sophie Vandebroek	Willy Zwaenepoel

Ereleden CAWET

Lucien De Schamphelaere	René Jacques	Paul Van der Spiegel
Marc Francken	Alfons Peeters	

STANDPUNTEN

1. Bea Cantillon. – *Tussen federalisme en subsidiariteit: de weg naar 'Sociaal Europa'*, 2004.
2. Bernadette Adnet, Bea Cantillon, Therese Jacobs, Hilary Page, Frank Vandenbroucke, Paul Van Rompuy, Xavier Verboven. – *Verrijzing*, 2004.
3. Marcel Storme, Jaak Billiet, Hubert Bocken, Yvan Bruynseraede, Willy Clarysse, Herman De Dijn, Marc De Mey, Georges De Schutter, Niceas Schamp, Ludo Simons, Paul van Houtte, Dominique Willems, Els Witte. – *Bibliometrie in de Humane Wetenschappen*. 2004.
4. Mark EYSKENS. – *Welke toekomst voor welk Europa?* 2006.
5. Charles Hirsch (ed.) – *High Performance Computing in Vlaanderen*. 2008.
6. Maurice WEYEMBERGH. – *Reflecties over terrorisme*. 2010.
7. Jean Berlamont, Stan Beernaert, Jan Bellon, Didier D'Hont, Luc Keustermans, Paul Thomas, Johan Van Assel, Kristine Walraevens. – *Verdroging, ook in Vlaanderen?* 2009.
8. Els WITTE (ed.). – *De maatschappelijke rol van de geschiedenis. Historici aan het woord*. 2010.
9. Hugo Hens, Louis Cooreman, Filip Descamps, Arnold Janssens, Jan Kretzschmar, Griet Verbeeck, Peter Wouters. – *Energiezuinige gebouwen*. 2010.
10. Kris Piessens, Jean-Marc Baele, Guy De Weireld, Roland Dreesen, Michiel Duser, Ben Laenen, Philippe Mathieu, Rudy Swennen, *CO₂-capture and storage: inevitable for a climate friendly Belgium?* 2010.
11. KVAB/KTW. – *Municipal Solid Waste: What to do with the biodegradables?* 2010.
12. Erick Vandamme, Tom Anthonis, Sophie Dobbelaere. – *Industrial Biomass: Source of Chemicals, Materials, and Energy*. 2011.
13. Joos Vandewalle, Etienne Aernoudt, Ludo Gelders, Jan Kretzschmar, Elie Ratinckx, Achiel Van Cauwenberghe, Thomas Vandenberghe, Ann Van der Auweraert, Georges Van der Perre, Willy Van Overschéé, Willy Verstraete, Paul Verstraeten, Dirk Wauters. – *Enthusiast en effectief communiceren over wetenschap en techniek*. 2011.
14. Jan Kretzschmar, Ronnie Belmans, Tobias Denys, Ludo Gelders, Frederik Geth, Kenneth Lebeau, Jan Leuridan, Cathy Macharis, Inge Mayeres, Maarten Messagie, Carlo Mol, Dirk Roesems, Peter Van den Bossche, Hendrik Van Landeghem, Joeri Van Mierlo. – *Elektrische Voertuigen*. 2012.
15. Wilfried DEWACHTER. – *De informatierijkdom van de verkiezingen maximaliseren*, 2012.
16. Karel Velle, Willem Frijhoff, Jan De Maeyer, Jean-Pierre Nandrin, Bert De Munck, Pierre Delsaerd, Marc Boone, Nico Wouters, Adriaan Linters, Dominique Allard, Leen Van Dijck, Christina Ceulemans, Gustaaf Janssens, Wout De Vuyst. – *Geschiedenis en Erfgoed*. 2012

17. Hendrik Van Brussel (ed.). – *De maakindustrie, motor van welvaart in Vlaanderen*, KVAB, Klasse Technische Wetenschappen, 2013.
18. Hubert Bocken (ed.). – *De gerechtelijke hervorming. Een globale visie*, KVAB, Klasse Menswetenschappen, 2013.
19. Georges Van der Perre en Jan van Campenhout (ed.). – *Van Blended naar Open Learning? Internet en ICT in het Vlaams hoger onderwijs*, KVAB, Klasse Technische Wetenschappen, 2013.
20. Jan Velaers. – *Federalisme/confederalisme, en de weg er naar toe...*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2013.
21. Karel Velle. – *Archieven, de politiek en de burger*, KVAB/Klasse Menswetenschappen, 2013.
22. Etienne Aernoudt, Dirk Fransaer, Egbert Lox, Karel Van Acker. – *Dreigende metaalschaarste? Innovaties en acties op weg naar een circulaire economie*, KVAB/Klasse Technische Wetenschappen, 2014.