

2015

# Rapport vervolgonderzoek Materialen in de Nederlandse economie



TNO, EY, NEVI, HCSS, CML

3 december 2015

# **Rapport vervolgonderzoek Materialen in de Nederlandse economie**

Auteurs: Ton Bastein, Elmer Rietveld (TNO)

Met medewerking van:

Elisabeth Keijzer, Mara Hauck (TNO)

Marjolein de Ridder, Artur Ustanov (HCSS)

Michel van Wijk, Ramaka Grund (EY)

Erik van Assen (NEVI)

Lauran van Oers (CLM/Universiteit Leiden)

In opdracht van:

Ministerie van Economische Zaken

## Inhoud

Managementsamenvatting.....	7
1 Inleiding: grondstoffen en de Nederlandse economie .....	19
1.1 De behoefte aan grondstoffen en de druk op leveringszekerheid nemen wereldwijd toe..	19
1.2 MVO-aspecten van grondstofwinning staan in toenemende belangstelling .....	20
1.3 Er is behoefte aan een op Nederland toegespitste risico-analyse .....	22
1.4 Grondstofrisico's en de plek in de waardeketen .....	23
1.5 Op een risico-analyse volgt het bieden van een handelingsperspectief .....	24
1.6 Samenvatting .....	29
2 Grondstoffen in dit onderzoek.....	30
2.1 Selectie van de grondstoffen voor dit onderzoek.....	30
2.2 Productie en reserves .....	32
2.2.1 Wereldproductie .....	32
2.2.2 Minerale reserves .....	35
2.2.3 Productie als hoofd- of bijproduct: de mate van 'companionality' .....	36
3 Indicatoren voor een op Nederland gerichte risico-analyse.....	40
3.1 Inleiding.....	40
3.2 Kwetsbaarheidsbeoordelingen van grondstoffen .....	41
3.3 Indicatoren gericht op lange- en korte-termijn-leveringszekerheid.....	43
3.3.1 Geo-economische factoren: de R/P-verhouding .....	43
3.3.2 Geo-economisch: Companionality.....	43
3.3.3 Geopolitiek: Concentratie van materialen (HHI) in bronlanden .....	44
3.3.4 Geopolitiek: de stabiliteit en de kwaliteit van het bestuur van bronlanden weergegeven door WGI .....	46
3.3.5 Geopolitiek: Bestaande exportrestricties (OECD-gegevens) .....	48
3.3.6 End-of-life recycling rate.....	50
3.4 Invloed op bedrijfsresultaat: prijsvolatiliteit van grondstoffen/materialen.....	52
3.5 Invloed op bedrijfsreputatie .....	55
3.5.1 Milieu-impact van grondstofwinning.....	55
3.5.2 Prestaties van bronlanden wat betreft menselijke ontwikkeling (Human Development Index HDI).....	58
3.5.3 Regelgeving omtrent conflictmineralen .....	58
3.6 Indicatoren: een globaal overzicht en/of op Nederland gericht .....	59
3.7 Prioritering van kwetsbaarheden .....	59
4 Kritieke materialen voor de Nederlandse economie.....	63

4.1	Economisch belang van grondstoffeninzet.....	63
4.2	Import van minerale grondstoffen in de Nederlandse economie .....	64
4.2.1	Import als grondstof: volume en herkomst.....	64
4.2.2	Import als 'first intermediate': volume.....	67
4.2.3	Import als halffabrikaat: volume.....	68
4.2.4	Import als eindproduct: volume en herkomst.....	69
4.2.5	Een totaaloverzicht: in welke vorm importeert Nederland grondstoffen .....	71
4.2.6	Inzoomen op de handelsrelatie Nederland - Duitsland .....	75
4.2.7	Regionale 'schaarste': wat is de rol van transportkosten? .....	76
4.3	Wat zijn de kritieke grondstoffen voor de Nederlandse economie?.....	78
4.3.1	Met het oog op leveringszekerheid .....	78
4.3.2	Met het oog op bedrijfsresultaat.....	80
4.3.3	Met het oog op reputatie .....	83
5	Aanbevelingen voor een onderzoeks- en actie-agenda.....	84
5.1	Aanzet voor innovatie-agenda Nederlandse (top)sectoren .....	84
5.2	Handelsrelaties en grondstoffendiplomatie .....	85
5.3	Ontwikkeling van additionele databronnen en indicatoren.....	86
5.3.1	Afstemming met en gebruik van overige initiatieven om materiaalafhankelijkheid in kaart te brengen .....	86
5.3.2	Effect op biodiversiteit van grondstofgebruik .....	87
5.3.3	Indicatoren-ontwikkeling met betrekking tot duurzaamheidsaspecten .....	87
5.3.4	Aanvullende milieu- en gezondheidsindicatoren: EPI .....	88
5.3.5	Regelgeving m.b.t. toxiciteit en gezondheidsaspecten van grondstoffen combineren met gegevens uit deze studie .....	89
5.4	Complexiteit van de waardeketen en de kwetsbaarheid van de economie.....	89
5.4.1	Invloed van de waardeketen op monopolyvorming.....	91
5.5	Voorspellen van voorzieningszekerheid van grondstoffen.....	93
5.5.1	Relatie tussen grondstofbehoefte en de ontwikkeling van het Bruto Nationaal Product	93
5.5.2	De gevolgen van technologie-ontwikkeling voor de behoefte aan grondstoffen .....	95
5.5.3	Ontwikkeling van aanbod uit mijnbouw .....	95
5.5.4	Onderzoek naar de toekomst van leveringszekerheid .....	97
5.6	Biotische grondstoffen.....	97
5.6.1	Biotische grondstoffen zijn belangrijk voor de Nederlandse economie.....	97
5.6.2	Biotische grondstoffen onderdeel van de Europese kritikaliteit-studies .....	98

5.6.3	Eerste verkennende Nederlandse analyse naar biotische grondstoffen al verricht.....	98
5.7	Nader onderzoek naar de invloed van de circulaire economie op leveringszekerheid?.....	99
5.7.1	Methodiek om de impact van een meer circulaire economie op leveringszekerheid te toetsen	99
Bijlage 1	Methode voor het vaststellen van economisch belang van grondstoffen.....	101
Bijlage 2	Import van grondstoffen uit en export van 'grondstoffen' naar Duitsland .....	104
Bijlage 3	Milieu-impacts van materiaalwinning .....	106
Bijlage 4	Vergelijking met OESO MVO richtlijnen .....	115
Bijlage 5	Ontwikkeling van mijnbouwproductie .....	116
Bijlage 6	Concentratie van productie in bronlanden .....	119
Bijlage 7	Internationale ontwikkelingen van databases .....	122

## FIGUREN

Figuur 1	Ranking van gedrag van electronicabedrijven in relatie tot conflictmineralen.....	21
Figuur 2	Kritikaliteit-analyse EU (april 2014) .....	22
Figuur 3	Abstracte weergave waardeketen .....	24
Figuur 4	bedrijfsacties als gevolg van leveringsproblemen (bron: FME-studie).....	25
Figuur 5	NEVI-inkooprisicomodel .....	26
Figuur 6	Schematische representatie van de circulaire economie (bron: Ellen M <sup>A</sup> cArthur Foundation) .....	27
Figuur 7	Kritikaliteit-matrix van het Department of Energy (US) .....	32
Figuur 8	Verdeling mijnbouwproductie .....	33
Figuur 9	Productievolume.....	34
Figuur 10	R/P-verhouding (jaar 2012; bron: USGS Mineral commodity Summaries) .....	36
Figuur 11	Aandeel companionality: deel van winning dat als companion van een ander metaal plaatsvindt .....	37
Figuur 12	Relatieve groei in de productie van companions t.o.v. hun 'host'(tussen 2000 en 2012) ...	39
Figuur 13	Grondstoffen met een HHI groter dan 2500 .....	46
Figuur 14	Gewogen WGI vs. $HHI_{prod}$ ; kwadrant linksboven is: hoge concentratie in landen met lage (=slechte) WGI.....	48
Figuur 15	Aandeel wereldhandel beïnvloed door exportrestricties .....	50
Figuur 16	MAPII van de geselecteerde grondstoffen .....	54
Figuur 17	Opbouw van de milieu-impact van platina (totaal: 33,58 EUR/kg) .....	56
Figuur 18	Milieu-analyse van materiaalwinning aan de hand van midpoint milieueffecten en schaduwrijzen per kg gewonnen grondstof. (De y-as is afgekapt in verband met extreem hoge scores voor goud en de platinagroepmetalen).....	57
Figuur 19	$HHI_{prod}$ versus gewogen HDI.....	58
Figuur 20	Lange termijn kritikaliteit van grondstoffen .....	60
Figuur 21	Korte-termijn kritikaliteit van grondstoffen .....	61
Figuur 22	Samengestelde MVO-indicator voor onderzochte grondstoffen .....	61
Figuur 23	Korte-termijn-kritikaliteit vs. MVO-indicator.....	62

Figuur 24 Import van grondstoffen naar Nederland .....	65
Figuur 25 Aandeel NL grondstoffenimport t.o.v. wereldproductie .....	66
Figuur 26 Vergelijking van de geschaalde en gewogen WGI voor import in Nederland vs. Globale herkomst grondstoffen .....	67
Figuur 27 Verdeling van herkomst van import van grondstoffen.....	67
Figuur 28 Import van grondstoffen in de vorm van 1e halffabrikaten .....	68
Figuur 29 Import van grondstoffen in de vorm van halffabrikaten .....	69
Figuur 30 Import grondstoffen in de vorm van eindproducten .....	70
Figuur 31 Herkomst grondstoffen via de import van eindproducten.....	71
Figuur 32 Samenstelling van volume van import gerangschikt naar afnemend aandeel onbewerkte grondstoffen .....	72
Figuur 33 Herkomstverdeling van alle grondstoffen (als grondstoffen, halffabriekaat en eindproduct); boven: totale verdeling, onder: allen landen buiten de EU-28 .....	73
Figuur 34 Herkomstlanden voor de TTTG-groep .....	74
Figuur 35 Totale milieu-impact van in Nederland geïmporteerde grondstoffen .....	75
Figuur 36 Korte-termijn-kritikaliteit van uit Duitsland geïmporteerde grondstoffen (als onderdeel van halffabrikaten) .....	76
Figuur 37 Mogelijk additionele transportafstand over water bij maximaal 30% kostprijsstijging .....	77
Figuur 38 Korte-termijn kritikaliteit voor Nederland: leveringszekerheid en relatie met toegevoegde waarde per grondstof .....	78
Figuur 39 Korte-termijn leveringsonzekerheid op sector-niveau (toegevoegde waarde uitgedrukt in miljoen EUR).....	79
Figuur 40 Lange termijn kritikaliteit vs. economisch belang van grondstoffen.....	80
Figuur 41 Prijsstijging van import a.g.v. Maximum Annual Price Increase van grondstoffen (niet getoonde grondstoffen hebben een effect kleiner dan 0,03%) .....	81
Figuur 42 Invloed maximale prijsstijging op kostprijs ingekochte goederen per sector .....	82
Figuur 43 Risico op reputatieschade voor sectoren .....	83
Figuur 44 De Environmental Performance Index (EPI) bestaat uit 2 “objectives, 9 “issue categories” en 20 indicatoren”. Bron: Yale Center for Environmental Law & Policy. ....	88
Figuur 45 Representatie van de supply chain van zeldzame aarden (bron: US Ministerie van Defensie) .....	92
Figuur 46 Relatie tussen BNP groei en groei metaalconsumptie voor nikkel, zink, koper en kobalt ...	94
Figuur 47 Investerings in exploratie per grondstofsoort (bron: Minex Consulting).....	96
Figuur 48 Aantal concrete erts-ontdekkingen (bron: Minex Consulting, September 2014) .....	97
Figuur 49 Verdeling van de toegevoegde waarde in de Nederlandse industrie (2012) .....	98
Figuur 50 Impact van een intensivering van de circulaire economie met 20% over alle handelingsperspectieven .....	100
Figuur 51 Globale toename van GDP vanaf 2000 (bron: Global CCS Institute/Wereldbank).....	116
Figuur 52 Ontwikkeling van de jaarproductie tussen 2000 en 2012 (>1 betekent toename) .....	117
Figuur 53 Verandering R/P-verhouding sinds 2000 .....	118
Figuur 54 Top-3 producerende landen per grondstof .....	120
Figuur 55 China's aandeel in de wereldproductie van aangegeven grondstoffen .....	121

## TABELLEN

Tabel 1 Grondstoffen in deze studie.....	31
Tabel 2 Relatie host-companion .....	38
Tabel 3 Graedel's voorstel voor kritikaliteitsindicatoren op bedrijfsniveau.....	40
Tabel 4 Overzicht van indicatoren en gegevens voor integrale kwetsbaarheidsbeoordeling in deze studie .....	42
Tabel 5 Hoogste en laagste WGI-scores .....	47
Tabel 6 Overzicht maatregelen gerapporteerd door OESO (jaar: 2011) in bronlanden.....	49
Tabel 7 Overzicht recycling-graad.....	51
Tabel 8 Verloop van $HHI_{prod}$ en WGI in de waardeketen .....	92
Tabel 9 Geanalyseerde materialen en bijbehorende databron.....	108

# Managementsamenvatting

## Achtergrond van deze studie

Het Ministerie van Economische Zaken heeft aan een consortium bestaande uit TNO, EU, NEVI (Nederlandse Vereniging van Inkoopmanagement), HCSS en Universiteit Leiden/CML gevraagd een studie te doen naar de mate waarin de Nederlandse economie afhankelijk is van de leveringszekerheid van 64 abiotische grondstoffen (mineralen en metalen), en tevens de data toegankelijk te maken voor gebruik door het Nederlandse bedrijfsleven. Dit rapport beschrijft het eerste deel van deze vraag; het tweede deel wordt ingevuld door de ontwikkeling van een web-based tool die naar verwachting in de loop van 2016 ter beschikking komt.

Deze studie vindt plaats tegen de achtergrond van een wereldwijde zorg omtrent de korte- en lange-termijn beschikbaarheid van grondstoffen. Met name de verschuiving van machtsverhoudingen in de wereld draagt bij aan een gevoelde vermindering van leveringszekerheid van grondstoffen bij importerende landen. In Europa heeft dat geleid tot een kritikaliteitsanalyse, waarbij momenteel 20 materialen als kritiek zijn bestempeld voor de Europese economie.

Het Nederlands beleid is verwoord in de grondstoffennotitie en het programma Van Afval Naar Grondstof (kamerstuk 33 043, nr. 28) die beiden inzetten op de transitie naar een circulaire economie. Daarbij worden kwetsbaarheden op het gebied van grondstoffenvoorzieningszekerheid omgezet in kansen voor de circulaire economie. Het in kaart brengen van de risico's en kansen zoals deze studie doet maakt daar onderdeel van uit.

## Deze studie richt zich op 64 abiotische grondstoffen

Na twee eerder verschenen verkennende rapporten (CBS,2010; TNO, 2014), geeft dit rapport een volledig beeld van de mate waarin de Nederlandse economie verweven is met de beschikbaarheid van 64 abiotische materialen. Op hoofdlijnen laat het rapport zich verdelen in:

- Een beschrijving van de 64 grondstoffen;
- Een overzicht van indicatoren die de mate van kritikaliteit bepalen;
- Een analyse van de kritikaliteit;
- Een actie- en onderzoeksagenda.

In deze analyse is gebruik gemaakt van een methode waarbij een koppeling is gemaakt tussen grondstoffen, het gebruik ervan in de wereldwijde productie van halffabrikaten en eindproducten, en sectoren die in de Nederlandse economie voor toegevoegde waarde zorgen. Deze methode maakt het ook mogelijk om een onderscheid te maken tussen de import naar Nederland in de vorm van grondstoffen, halffabrikaten en eindproducten. In de brede categorie halffabrikaten onderscheiden we nog de sub-categorie 'eerste halffabrikaten'. (first intermediates) Dit zijn halffabrikaten die in de waardeketen als input nog een grondstof hebben en de grondstofnaam in de categorienaam dragen (voorbeeld: zinkerts is een grondstof, zinkoxide een eerste halffabrikaat).



De grondstoffen die zijn meegenomen in deze studie zijn (NB: \*: zeldzame aardmetalen; o: platina-groep-metalen):

Aluminium	Grafiet	Rhenium	Dysprosium*
Antimoon	Ijzererts/ijzer	Seleen	Neodymium*
Barytes	Indium	Silicium	Praseodymium*
Bentoniet	Industrieel zand (silica)	Strontium	Samarium*
Beryllium	Kalksteen (Limestone)	Talk	Europium*
Boraten/boor	Klei (Kaoline)	Tantaal	Yttrium*
Chroom	Kobalt	Tellurium	Terbium*
Cokeskool	Koper	Tin	Cerium*
Diatomiet	Lithium	Titaandioxide/Titaan	Lanthaan*
Feldspar	Magnesiet/magnesium	Uranium	Ytterbium*
Fluorspar	Mangaan	Vanadium	Gadolinium*
Fosfor	Molybdeen	Wolfraam	Scandium*
Gallium	Nikkel	Zilver	Platina <sup>o</sup>
Germanium	Niobium	Zink	Palladium <sup>o</sup>
Gips	Perliet	Zirkoon	Iridium <sup>o</sup>
Goud	Ruthenium	Osmium <sup>o</sup>	Rhodium <sup>o</sup>

### Welke indicatoren zijn onderzocht en gebruikt?

Alhoewel de gevolgen van leveringszekerheid centraal staan in deze studie, is in veel breder verband gekeken naar de gevoeligheden die bedrijven kunnen ondervinden waar het hun inkoop van grondstoffen (of halffabrikaten) betreft. Het gaat bedrijven om leveringszekerheid, maar ook om de effecten van grondstoffen op hun bedrijfsresultaat en eventueel om hun bedrijfsreputatie. Daarom is voor elk van de grondstoffen een set indicatoren opgebouwd die is samengevat in onderstaande tabel:

Invloed op.	Indicator
<b>Lange termijn</b>	Aantal jaren ongestoorde productie (Reserve/Productie (R/P))
<b>Voorzieningszekerheid (&gt;10j)</b>	Companionality (mate waarin grondstof een bijproduct is)
	Concentratie van reserves van materialen ( $HHI_{res}$ )
<b>Korte termijn</b>	Concentratie van materiaalwinning ( $HHI_{prod}$ )
	Stabiliteit en de kwaliteit van het bestuur van bronlanden weergegeven door WGI
	Bestaande exportrestricties (OECD-gegevens)
	End-of-life recycling rate
<b>Leveringszekerheid</b>	
<b>Bedrijfsresultaat</b>	Prijsvolatiliteit van grondstoffen/materialen (MAPII)
<b>Bedrijfsreputatie</b>	Milieu-impact van winning en raffinage van grondstoffen
	Prestaties van bronlanden wat betreft menselijke ontwikkeling (HDI)
	Regelgeving omtrent conflictmineralen

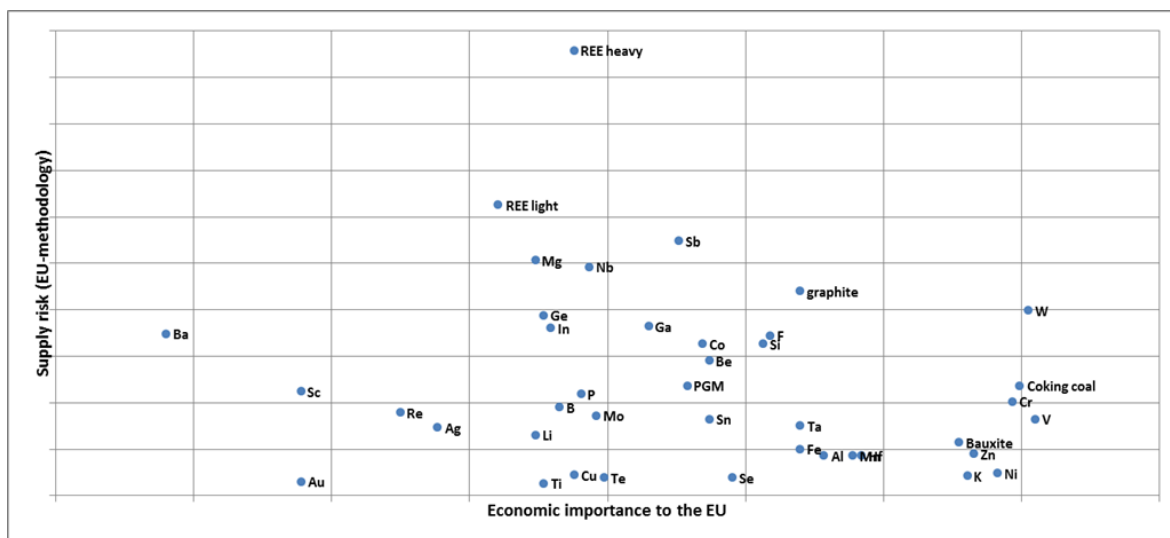
Omdat de methodiek, gevolgd in deze studie, het mogelijk maakt een verband te leggen tussen grondstoffen, producten en sectoren, kunnen gegevens omtrent (bijvoorbeeld) milieu-impact van grondstoffen en problematiek rond conflictmineralen (een thema dat momenteel onder discussie is in het Europees Parlement en de Commissie) gekoppeld worden aan de invloed die ze kunnen hebben op elk van deze niveaus (grondstoffen, producten, sectoren).

### Wat zijn de meest kritieke grondstoffen voor de Nederlandse economie?

#### Vanuit het oogpunt van leveringszekerheid

Voor een uitspraak omtrent de meest kritieke grondstoffen vanuit het oogpunt van leveringszekerheid, volgt dit rapport op hoofdlijnen de aanpak van de Europese Commissie: een grondstof is kritiek indien het ermee verbonden economisch belang groot is en indien er redenen zijn om te vermoeden dat de leveringsonzekerheid hoog is. De meest recente (2014) analyse van de Europese Commissie leidde tot de identificatie van 20 meest kritieke materialen (weergegeven in onderstaande figuur) voor de EU-28.

Achtereenvolgens worden twee groepen van indicatoren gepresenteerd: voorzieningszekerheid zekerheid op **lange termijn** en leveringszekerheid op **korte termijn**.



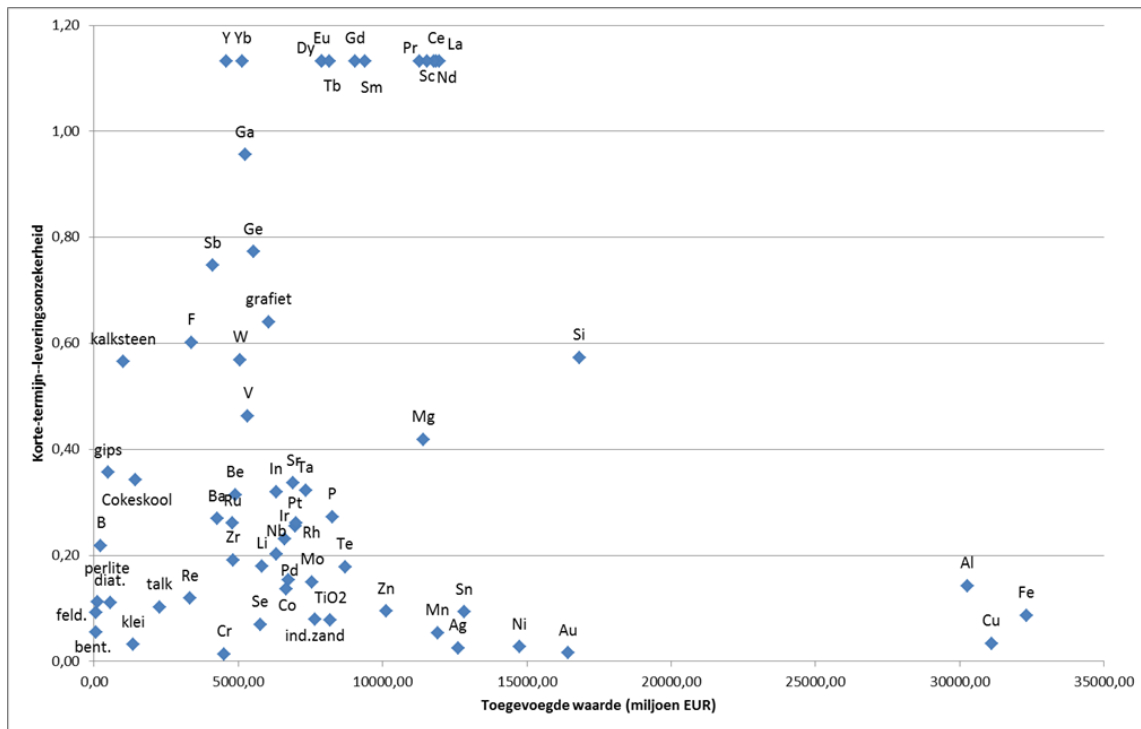
Figuur-MS- 1 Selectie kritieke materialen volgens de EC

De voorzieningsonzekerheid voor de **lange termijn** wordt gegeven door:

$$\text{Criticality}_{LT} = \text{HHI}_{res} + 1/(R/P) + \% \text{ companionality}$$

Een materiaal is voor de lange termijn kritiek als de reserves in weinig landen zijn aangetoond, of de winning voornamelijk als 'companion' plaatsvindt, of de geo-economische reserve klein is.

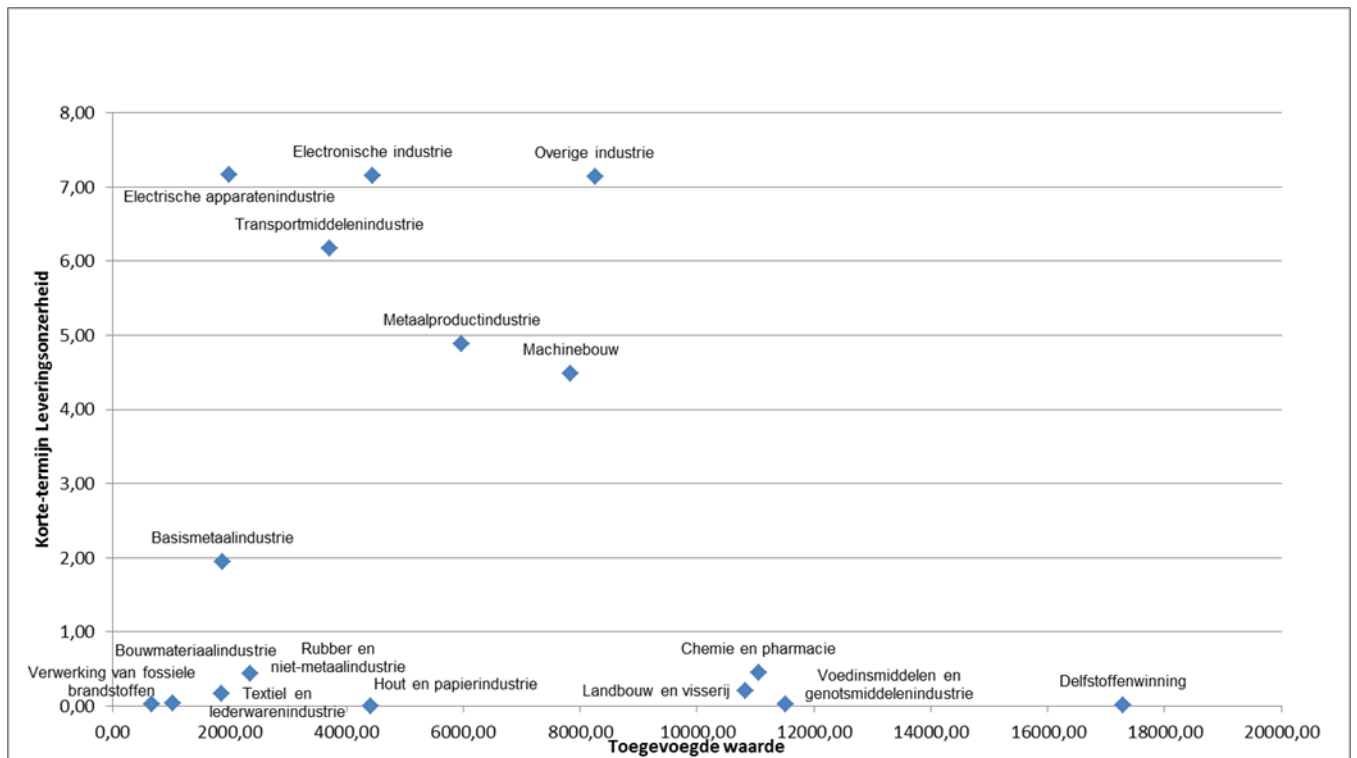




**Figuur-MS- 3 Kritikaliteit voor Nederland op basis van korte-termijn leveringonzekerheid**

In Figuur-MS- 3 staat een hoge waarde op de y-as symbool voor een hogere leveringonzekerheid. De materialen met de hoogste leveringonzekerheid zijn ook in deze studie de zeldzame aardmetalen, gevolgd door gallium, germanium en antimoon (Sb).

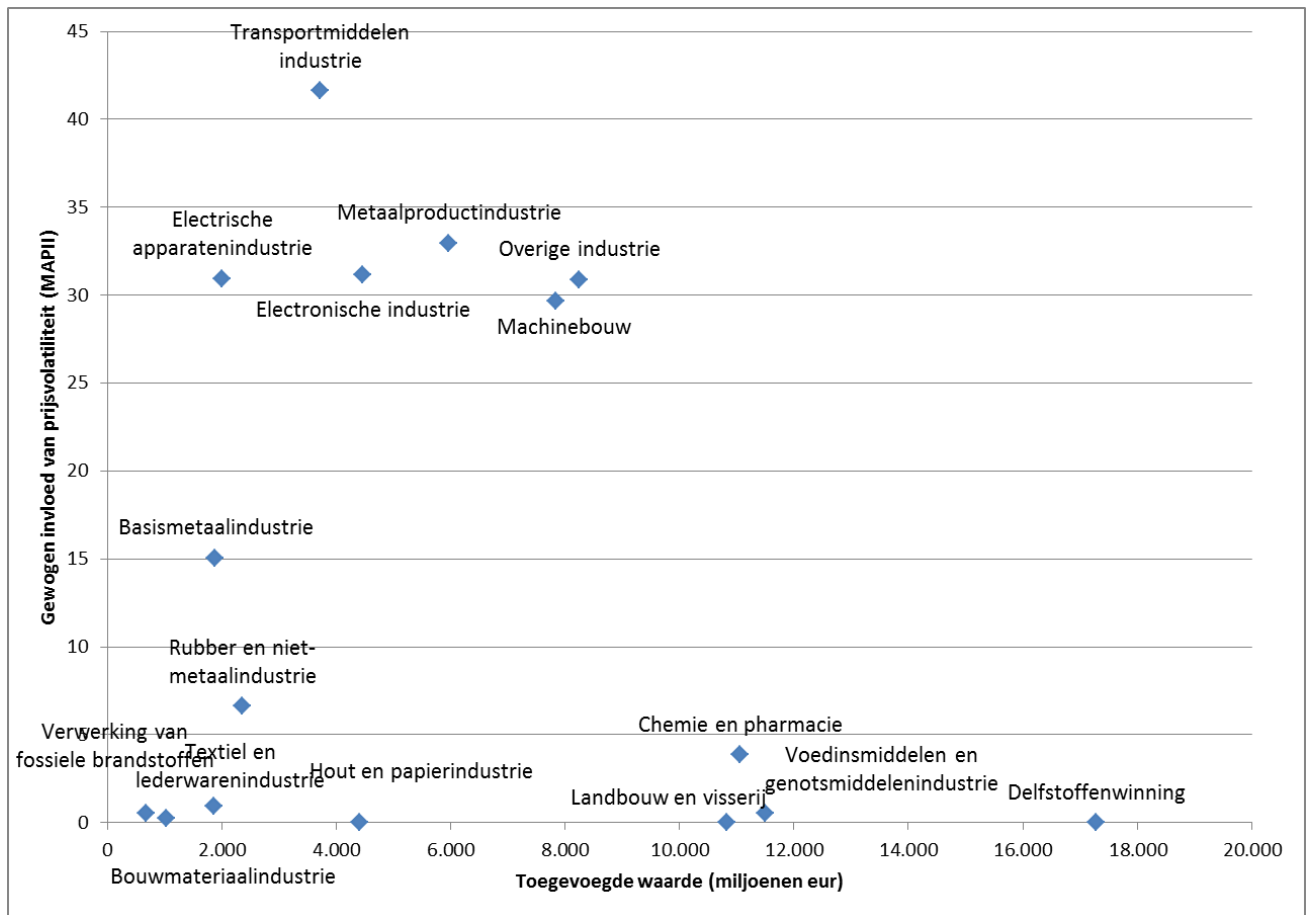
Door grondstoffen aan sectoren te koppelen is ook duidelijk welke sectoren het meest te duchten hebben van leveringonzekerheid van de hier onderzochte grondstoffen: de elektronische industrie, de elektrische apparatenindustrie, de transportmiddelenindustrie en de categorie overige industrie (o.a. sieraden, spellen, sportartikelen, meubels) (zie Figuur-MS- 4). Daarna volgen de vervaardiging van metaalproducten en de machinebouw.



Figuur-MS- 4 Overzicht korte-termijn leveringsonzekerheid op sectoraal niveau

Vanuit het oogpunt van bedrijfsresultaat

Alle materialen die hier worden onderzocht, hebben een bepaalde prijsvolatiliteit (uitgedrukt door de MAPII, de index voor de maximale jaarlijkse prijsverhoging). Aangezien materialen door kenmerkende aandelen aan productgroepen kunnen worden gekoppeld, kunnen we een schatting maken van de invloed van de prijsvolatiliteit van materialen op de Nederlandse economie in zijn geheel en op elke sector waarin deze materialen worden gebruikt. Aggregatie van gegevens per grondstof leidt tot een inschatting wat maximale prijsstijging van elke grondstof zou betekenen voor kostenstijging van alle ingekochte goederen en producten binnen die sector.



Figuur-MS- 5 Invloed maximale prijsstijging van grondstoffen op kostprijs ingekochte goederen per sector

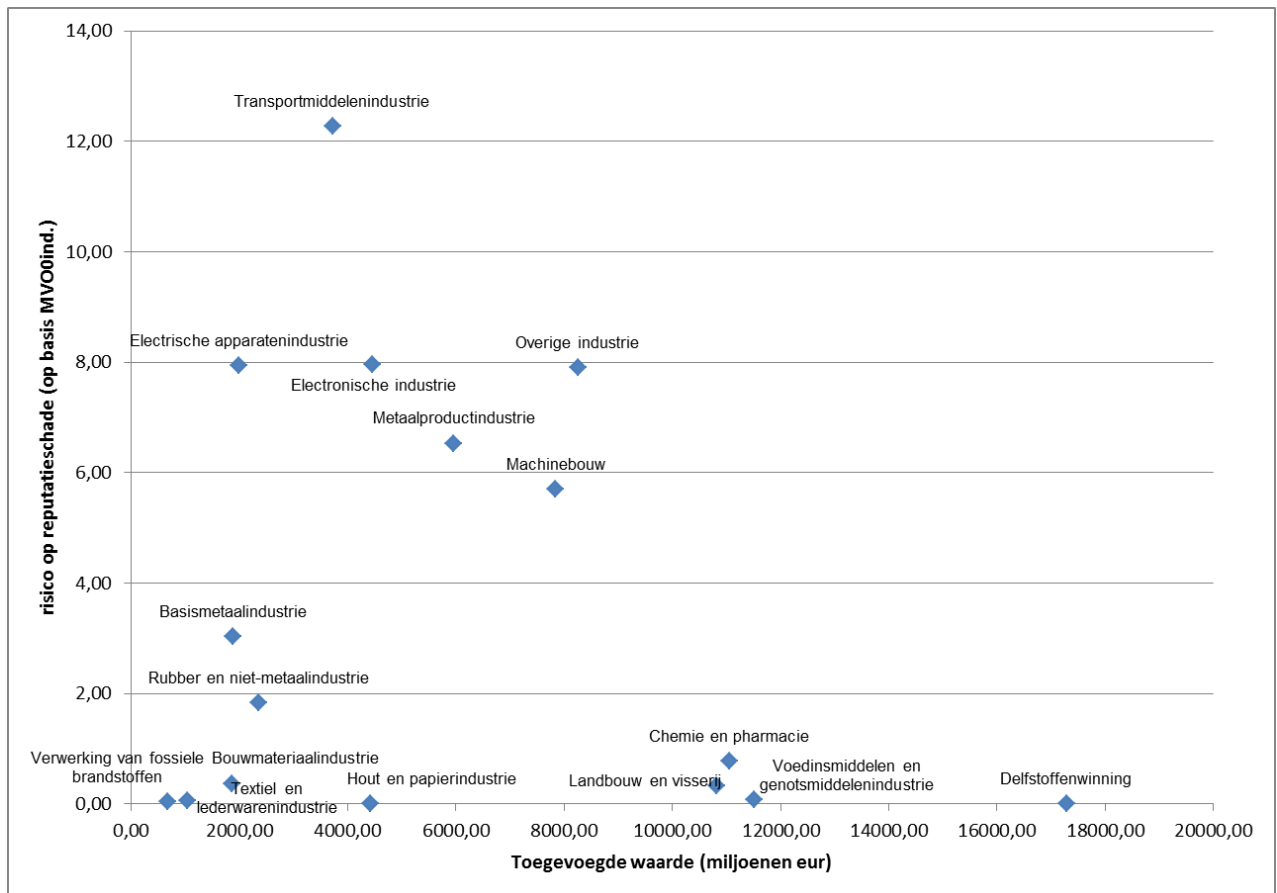
Gezien het relatief kleine aandeel van materialen in veel eindproducten, is de invloed van de prijsvolatiliteit op de meeste sectoren zeer klein (< 1%) tot klein (< 5%).

De mogelijke invloed van prijsvolatiliteit is aanzienlijk groter bij de sectoren transportmiddelenindustrie, metaalproductenindustrie, de machinebouw, de elektronische en elektrische apparaten-industrie en de overige industrie. Deze sectoren gebruiken veel van de materialen die in dit onderzoek zijn meegenomen. De prijsvolatiliteitsberekening is gebaseerd op het slechtste scenario: er wordt vanuit gegaan dat de maximale prijsstijging die elk materiaal in de laatste twintig heeft laten zien, zich tegelijk voordoet voor alle binnen die sector toegepaste materialen. Vanuit dat perspectief geeft de positie van deze twee sectoren het algemene hoge verbruik van materialen weer.

#### Vanuit het oogpunt van bedrijfsreputatie

De hoofdgroep van indicatoren onder de noemer 'bedrijfsreputatie' stelt ons tenslotte ook in staat om de relatie te leggen tussen de mate waarin sectoren gebruik maken van materialen met een grote milieubelasting, van materialen afkomstig uit landen die bekend staan om hun matige 'human development' of van de conflictmineralen tin, tantaal, wolfram en goud (de TTTG-groep)'. Het rapport geeft inzichten in die relaties op grondstof- en sectorniveau.

Een overzicht van de mate waarin sectoren gebruik maken van grondstoffen met zo'n matige MVO-score is gegeven in Figuur-MS- 6.



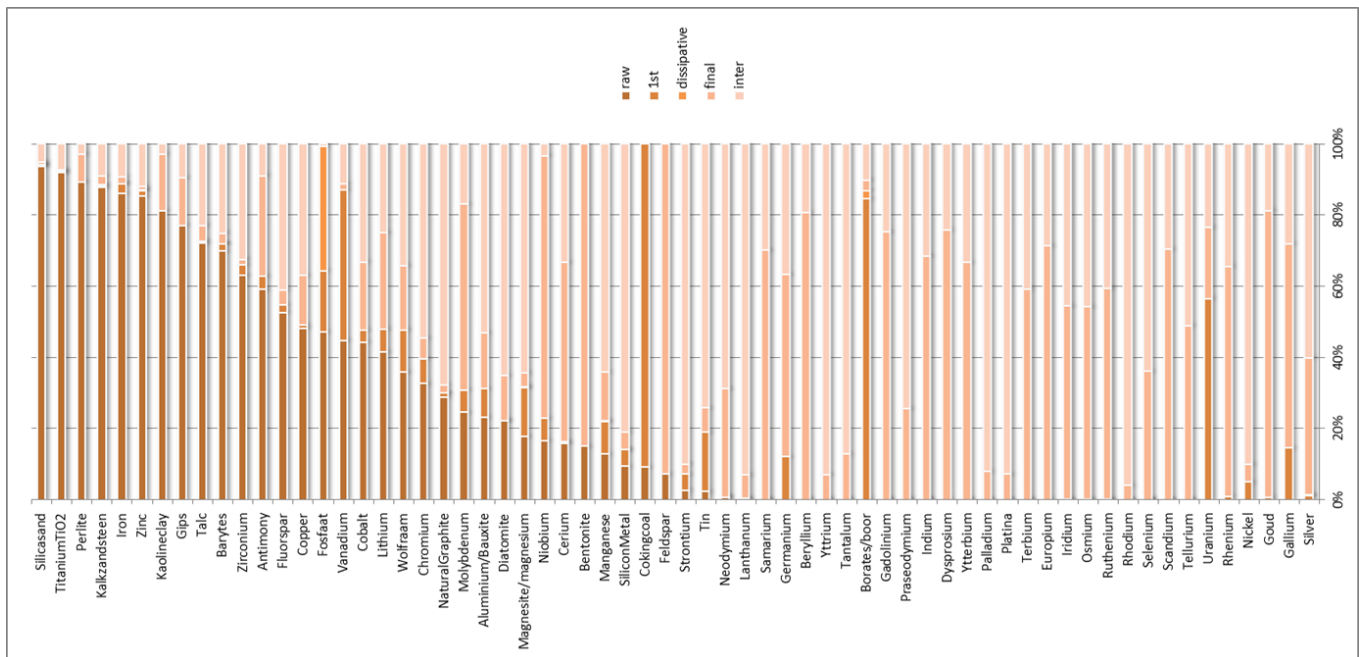
**Figuur-MS- 6 Risico op reputatieschade voor sectoren**

Vanwege het gebruik van een grote hoeveelheid materialen is het niet verrassend dat de sectoren die veel last kunnen ondervinden van korte-termijn leveringsonzekerheid dezelfde zijn als diegenen die risico op reputatieschade ondervinden. De sector Transportmiddelenindustrie springt er boven uit. Kijkend naar de onderliggende samenstellende gegevens blijkt dat deze sector eruit springt door enerzijds het gebruik van zeer veel van de grondstoffen die hier onderzocht worden en anderzijds van het gebruik in brede delen van deze sector van tantaal (16% bijdrage aan de totale MVO-indicator), goud (12% bijdrage) en tin (11% bijdrage). De sector is daarmee nauw verbonden met de discussie rond conflictmineralen.

## Nederland in de waardeketen: import als grondstof of als eindproduct?

De Nederlandse industrie is voor een groot deel afhankelijk van de import van halffabrikaten en eindproducten, en minder van de import van grondstoffen.

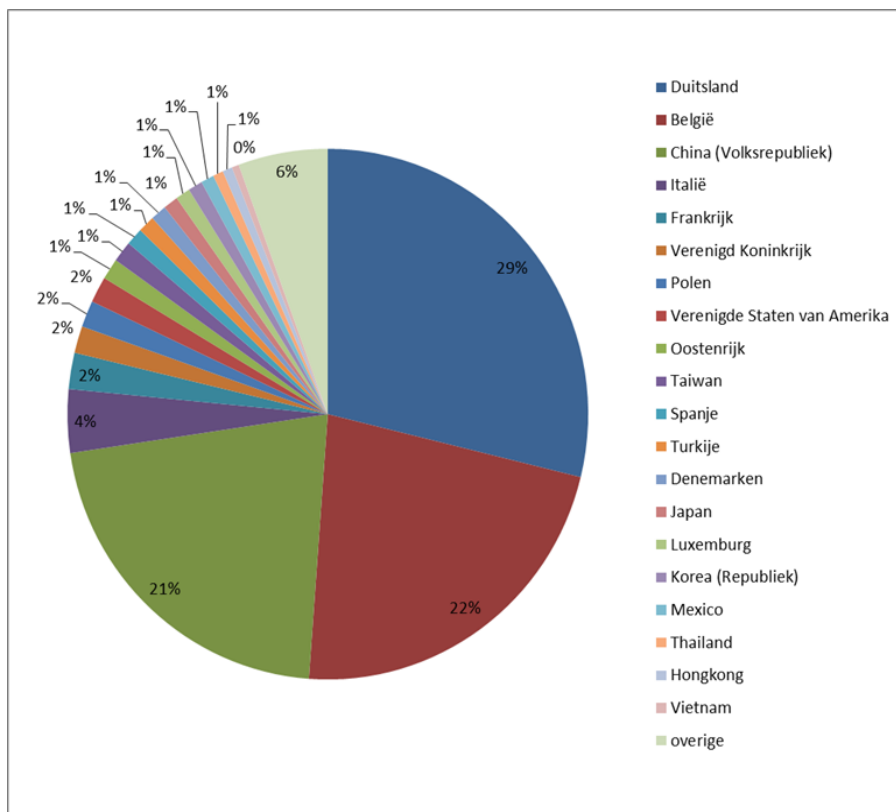
Figuur-MS- 7 geeft aan welk percentage van de in Nederland geïmporteerde grondstoffen Nederland binnenkomt in de vorm van grondstoffen (de donkere staven): dit betreft in ieder geval de industriële mineralen als talk, gips, klei, kalksteen en industrieel zand, naast enkele metalen die in Nederland industriële verwerking kennen. Het overgrote merendeel van de hier onderzochte grondstoffen komt de Nederlandse economie binnen als onderdeel van een (eerste) halffabrikaat, als eindproduct en (in enkele gevallen waaronder cokes) als materiaal dat wordt verbruikt bij een productieproces in plaats van wordt gebruikt als onderdeel van een eindproduct.



Figuur-MS- 7 Import naar Nederland in de vorm van grondstof, 1e halffabrikaat, halffabrikaat, eindproduct of dissipatief gebruik

Uit Figuur-MS- 8 blijkt dat voor die grondstoffen die Nederland binnenkomen als onderdeel van een eindproduct, Duitsland, België en China de dominante landen van herkomst zijn.

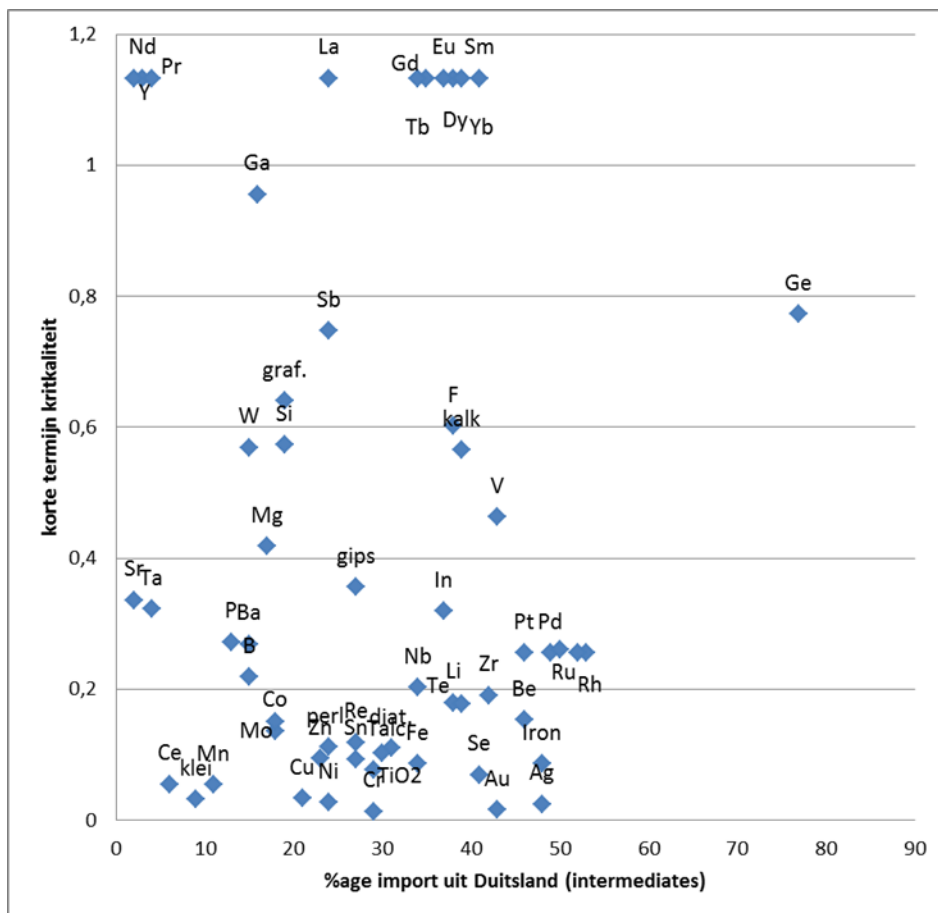




**Figuur-MS- 8 Herkomstlanden voor import van grondstoffen als onderdeel van en eindproduct**

Dat betekent dat een inzicht in de grondstofsituatie van deze herkomstlanden een belangrijk inzicht kan verschaffen in de (indirecte) kwetsbaarheid van Nederland.

Het rapport gaat in meer detail in op de relatie tussen Nederland en Duitsland wat betreft de levering van grondstoffen, (eerste) halffabrikaten en eindproducten. In Figuur-MS- 9 wordt getoond in welke mate grondstoffen (als onderdeel van halffabrikaten) Nederland binnenkomen via Duitsland. Een groot aantal materialen komt voor meer dan 30% ons land binnen via Duitsland. Dit beeld is vergelijkbaar voor de rol van Duitsland met betrekking tot eerste halffabrikaten en eindproducten. Dit betreft in ieder geval veel van de materialen die bekend staan als meest kritiek zoals verschillende zeldzame aardmetalen, germanium, antimoon, vanadium.



Figuur-MS- 9 Aandeel Duitsland in de aanvoer van grondstoffen (als onderdeel van halfabrikaten) in relatie tot de korte termijn leveringsonzekerheid

De belangrijke rol die Duitsland speelt in onze integrale grondstoffenvoorziening is aanleiding tot nauwe samenwerking met Duitsland op het gebied van leveringszekerheid van grondstoffen.

### Leveringszekerheid en de circulaire economie

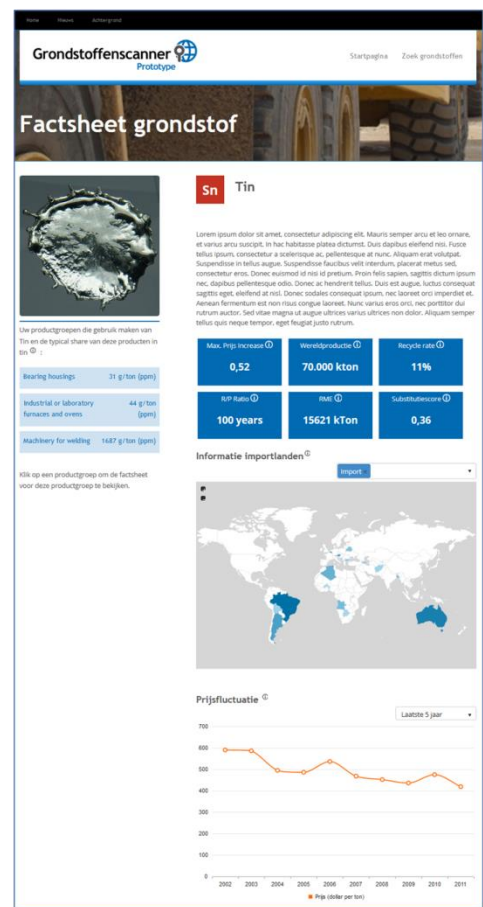
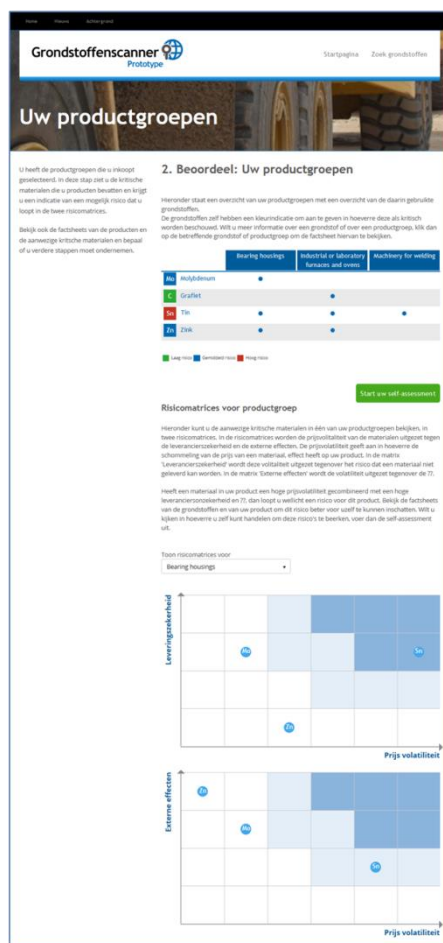
De circulaire economie heeft tot doel het materiaalgebruik en de bijbehorende milieu-impact te reduceren door producten en materialen zo lang mogelijk hoogwaardig in omloop te houden. De classificatie (en de data die op basis daarvan is verzameld) stelt ons in staat om de potentie van de een intensivering van de circulaire economie te koppelen aan de mogelijke invloed op de Nederlandse materiaalgebruik en dus leveringszekerheid. De gevolgde methodiek gaat er van uit dat elke productgroep op karakteristieke wijze een toenemende mate van circulariteit (meer onderhoud en reparatie, meer remanufacturing en recycling) kan ondergaan. Vanwege de koppeling tussen producten en grondstoffen is op deze wijze in te schatten in hoeverre een toenemende circulariteit een bijdrage aan leveringszekerheid kan brengen. Indien dit voor een representatieve groep producten wordt gedaan en bovendien ervan wordt uitgegaan dat in een meer circulaire economie het recyclingpercentage 20% is gestegen en de mate van reparatie en tweedehands- en gedeeld gebruik ook met 20% is toegenomen t.o.v. het huidige niveau kan die inschatting worden gemaakt. De bovenstaande stappen leveren het volgende beeld op: in totaal neemt het totale gebruik van de 64 grondstoffen af met 0,44 miljoen ton. Met name het gebruikte volume (van alle materialen samen) van de transportmiddelenindustrie en van de elektrische apparatenindustrie (samen

verantwoordelijk voor een volume-afname van 0,43 miljoen ton) nemen met respectievelijk 16% en 24% af ten opzichte van wat deze industrieën nu aan materialen gebruiken.

## Ontwikkeling van een web-based tool op basis van de ontwikkelde gegevens

De gegevens over zowel grondstoffen als de samenstelling van producten en productgroepen zal via een begin 2016, door ICT leveranciers van de rijksoverheid, te ontwikkelen web-based tool ter beschikking worden gesteld aan Nederlandse ondernemers die een beeld willen verkrijgen omtrent de kwetsbaarheid van hun leveringsketen. Tevens zal een eerste handelingsperspectief worden geschetst dat zoveel mogelijk op maat is gesneden. Dat handelingsperspectief gaat voornamelijk in op de mogelijkheden die worden geboden door een sterk verbeterd inkoopmanagement en door substitutie door grondstoffen die een grotere leveringszekerheid kennen. Tevens zal de combinatie worden gemaakt met de mogelijkheden die geboden worden door circulair economische principes te hanteren.

Enkele screenshots van de te ontwikkelen tool worden hieronder weergegeven. Dit betreft een voorbeeld van een op een productgroep gebaseerde risico-analyse en een fact-sheet van een relevante grondstof.



# 1 Inleiding: grondstoffen en de Nederlandse economie

## 1.1 De behoefte aan grondstoffen en de druk op leveringszekerheid nemen wereldwijd toe

De groei van de wereldbevolking en de toenemende welvaart van die wereldbevolking gaan hand in hand met een sterk toenemende behoefte aan een breed scala aan grondstoffen. Die behoefte groeit het sterkst in opkomende economieën, waar grondstoffen noodzakelijk zijn voor zowel het opbouwen van basale infrastructuur als de groei van de vraag naar consumptiegoederen. Mede als gevolg van de hierdoor veranderende geopolitieke verhoudingen neemt de vanzelfsprekende leveringszekerheid van grondstoffen voor economieën die netto-importeur zijn van grondstoffen af. Dit geldt in het algemeen voor de landen in de EU-28 en dus ook voor Nederland.

Dat die zorgen omtrent leveringszekerheid niet theoretisch zijn bleek al uit een onderzoek in opdracht van de FME uit 2012 (uitgevoerd door de TU Delft, M2I en TNO). In dit onderzoek waarin 30 bedrijven uit de metaal- en high-tech-sector werden bevraagd over hun eventuele zorgen omtrent kritiek grondstoffen, bleek dat 24 van de 30 ondervraagde bedrijven recent leveringsproblemen hadden ondervonden. De oorzaken van deze problemen lagen in een sterk gestegen verbruik in het Verre Oosten (en daarmee het opkopen van volledige capaciteiten) tot het plotseling uitvallen van industriële capaciteit (als gevolg van natuurgeweld, verergerd door monopoliesposities in de productieketen).

Deze toenemende druk op voldoende en tijdige levering van grondstoffen (en materialen verder in de waardeketen) leidt ook tot stijgende prijzen en toenemende prijsvolatiliteit. In de genoemde FME-studie meldden diverse ondernemers problemen te hebben ondervonden met sterke prijsstijgingen van diverse staalsoorten, koper, zirkoon, nikkel, chroom, lithium, titaan en aluminium. Alhoewel het effect van prijsstijgingen en prijsvolatiliteit sterk afhangt van de bedrijfsvoering (zoals het aandeel van materiaalkosten in totale kostprijs en het eventuele vermogen prijsfluctuaties aan klanten door te berekenen), kunnen dergelijke verschuivingen –zeker in afwezigheid van een level-playing-field- leiden tot een afnemend concurrentievermogen van de Nederlandse economie.

Tal van overheden wereldwijd reageren op deze toenemende druk op stabiele levering van grondstoffen door belangen te nemen in primaire mijnbouw, in te zetten op eigen mijnbouw, voorraden op te bouwen, in te zetten op onderzoek en ontwikkeling naar alternatieve materialen, efficiënte inzet van materialen en intensivering van recycling. Daarnaast wordt transparante handel in grondstoffen met een belangrijke arbitrerende rol voor de WTO steeds belangrijker. Het EU-beleid zet in op die laatste twee elementen naast de intensivering van de mijnbouw in de EU zelf.<sup>1</sup>

Het Nederlands beleid is verwoord in de grondstoffennotitie en het programma Van Afval Naar Grondstof (kamerstuk 33 043, nr. 28)<sup>2</sup> die beiden inzetten op de transitie naar een circulaire economie. Daarbij worden kwetsbaarheden op het gebied van grondstoffenvoorzieningszekerheid

---

<sup>1</sup> European Commission, Commission Staff Working Document accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament and the Council - The Raw Materials Initiative - Meeting our Critical Needs for Growth and Jobs in Europe.

<sup>2</sup> Grondstoffennotitie, 15 juli 2011, Kamerstuk 32 852, nr. 1;  
Van Afval Naar Grondstof, 28 januari 2014, kamerstuk 33 043, nr. 28;  
Voortgangsrapportage Van Afval Naar Grondstof, 15 april, kamerstuk 33 043, nr. 28.

omgezet in kansen voor de circulaire economie. Er wordt een geïntegreerde aanpak (economie, geopolitiek en milieu) gehanteerd voor zowel metalen en mineralen als groene grondstoffen.

In de voortgangsrapportage Van Afval Naar Grondstof wordt aangegeven dat het kabinetsbrede programma Van Afval Naar Grondstof drie doelen heeft: het vitaal houden van ons natuurlijk kapitaal, het verbeteren van de voorzieningszekerheden het versterken van het verdienvermogen van de Nederlandse economie. Een van de nieuwe acties is is een op ondernemers gericht 'kennisplein' waar bedrijven door middel van een zelfscan een analyse kunnen maken van hun eigen kwetsbaarheden en risico's op het gebied van grondstoffen en worden handelingsperspectieven aangereikt.

## **1.2 MVO-aspecten van grondstofwinning staan in toenemende belangstelling**

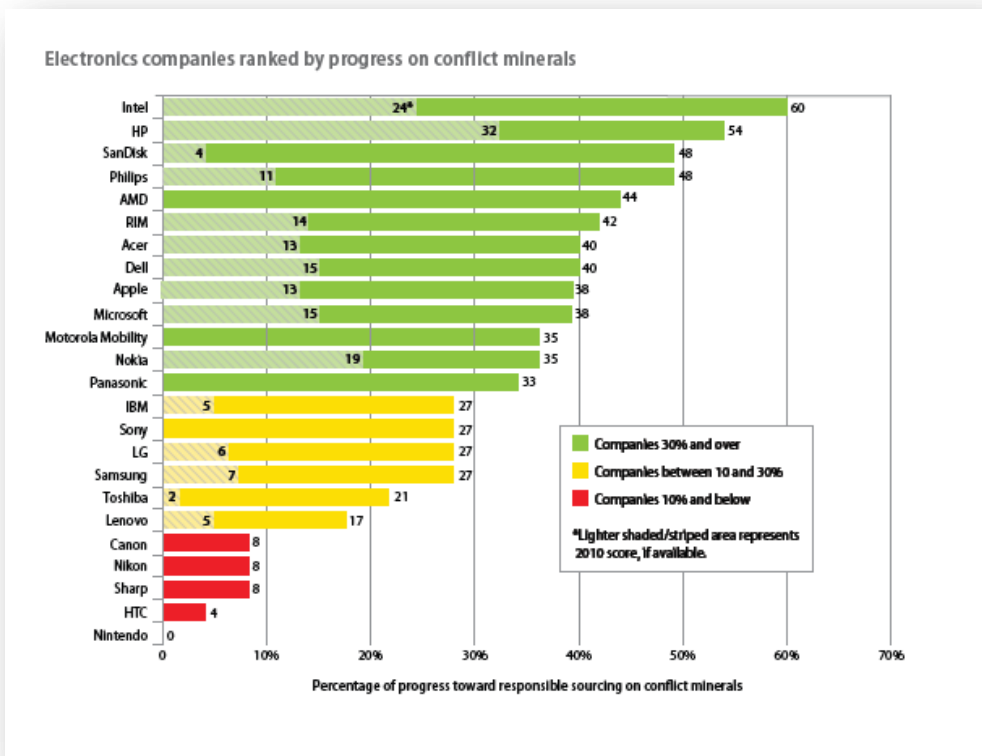
Ook als leveringszekerheid is gegarandeerd en prijsvolatiliteit geen grote impact heeft op de bedrijfsvoering, kunnen situaties in bronlanden een nadelig effect hebben op het bedrijfsleven en dus de economie. Dit speelt met name een rol indien de wijze van primaire mijnbouw (financiering lokale conflicten, arbeidsomstandigheden en lokale milieudruk) een negatief imago kan veroorzaken bij gebruikers van deze materialen (ook al zitten ze ver weg in de waardeketen, en zijn ze zelf niet primair betrokken bij mijnbouw of de verwerking van deze grondstoffen).

Dat het van belang kan zijn om dergelijke externe effecten mee te nemen in de bepaling van grondstofkwetsbaarheid blijkt onder meer uit het rapport "Taking Conflict Out of Consumer Gadgets - Company Rankings on Conflict Minerals, 2012<sup>3</sup>". In deze rapportage worden elektronikabedrijven met naam en toenaam genoemd in relatie tot hun acties om geen conflict-mineralen toe te passen in hun waardeketen. Onderstaande figuur geeft aan hoe die rapportage plaatsvindt. Inzicht in de herkomst van materialen in een dergelijk geval is duidelijk van grote waarde voor (de reputatie van) een onderneming. Apple publiceerde inmiddels welk van hun toeleveranciers mineralen betreft uit conflictgebieden.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Rapportage van The Enough Project, [www.enoughproject.org](http://www.enoughproject.org), auteurs Sasha Lezhnev and Alexandra Hellmuth, Augustus 2012.

<sup>4</sup> <http://www.bbc.com/news/technology-26144981>.



Figuur 1 Ranking van gedrag van elektronica-bedrijven in relatie tot conflictmineralen

Het al dan niet actie ondernemen op het vlak van het gebruik van conflict-mineralen heeft een impuls gekregen door de Amerikaanse Dodd Frank Act (2010): onderdeel van deze regelgeving was dat op de Amerikaanse beurs genoteerde bedrijven verplicht werden te rapporteren over de mate waarin zij actie ondernamen om te voorkomen dat het gebruik van 4 conflictmineralen (tin, tantaal, wolfram, goud, de zgn. TTTG groep) gewapende conflicten financiert in het Grote Meren-gebied in Afrika (DRC en omliggende landen). Een afgezwakte versie hiervan is in 2014 geopperd door de Europese Commissie: het zou dan gaan om vrijwillige afspraken voor alleen die partijen die dezelfde 4 mineralen als grondstof importeren (en dus niet als onderdeel van een complexere component). Wel is de geografische scope verbreed naar import vanuit “conflict-affected and high-risk areas”. SOMO (Stichting Onderzoek Multinationale Ondernemingen) suggereert het verband tussen mineralen en conflictgebieden breder te interpreteren en niet alleen te beperken tot de genoemde TTTG-groep.<sup>5</sup>

De relatie tussen lokale milieudruk van grondstofwinning en bedrijfsreputatie is niet denkbeeldig. De groene Rekenkamer stelde de milieudruk door zeldzame-aardewinning voor de lokale bevolking aan de kaak: “We zullen niet rusten totdat de landelijke politiek zijn verantwoordelijkheid neemt en de politici maar vooral de Nederlandse bevolking met de neus op de feiten blijven drukken zodat, wanneer ze langs een windmolen lopen, direct denken aan de humanitaire ramp die zich al jaren in

<sup>5</sup> There is more than 3TG - The need for the inclusion of all minerals in EU regulation for conflict due diligence – SOMO paper 2015.

*Baotou voltrekt en zich de komende jaren nog zal verergeren bij elke nieuwe windturbine die in Nederland of op het Nederlands Continentale Plat wordt gebouwd.”<sup>6</sup>*

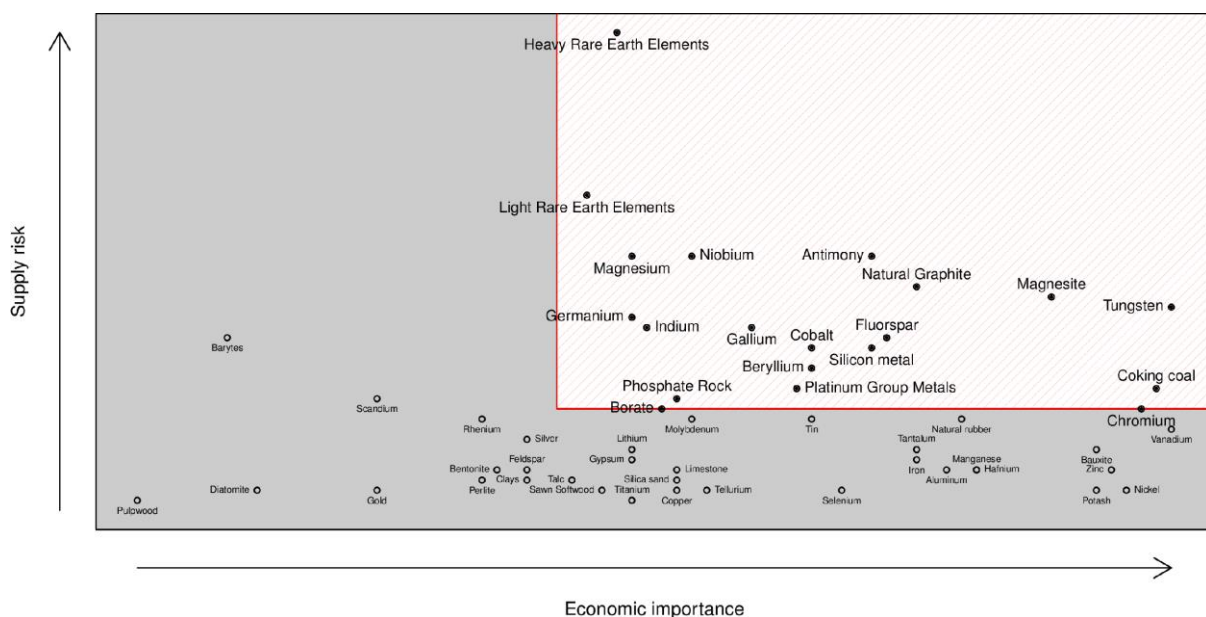
Deze voorbeelden tonen aan dat voor overheid en bedrijfsleven het in toenemende van belang zal blijken een grotere bewustwording te hebben van deze aspecten van de leveringsketen. In een afgewogen risico-analyse zullen MVO-aspecten dan ook een belangrijke rol moeten innemen.

### 1.3 Er is behoefte aan een op Nederland toegespitste risico-analyse

De bovengeschetste mondiale ontwikkelingen plaatsen de landen van de Europese Unie, waaronder Nederland, als netto-importeur van grondstoffen in een kwetsbare positie. Daarom is er behoefte aan een op de Nederlandse situatie toegespitste risico-analyse om de voorzieningszekerheidsrisico's voor de Nederlandse economie in kaart te brengen .

De Europese Commissie heeft in 2014 (een update op basis van de in 2010 voor het eerst gepresenteerde systematiek) een risico-analyse uitgevoerd die het economisch belang van een selectie voornamelijk minerale grondstoffen voor de Europese economie afzet tegen het risico voor leveringsonderbreking.<sup>7</sup>

In Figuur 2 wordt het resultaat van de 2014-revisie van deze EU-studie weergegeven. Het toont de economische relevantie van de getoonde materialen tegen het leveringsrisico.



**Figuur 2 Kritikaliteit-analyse EU (april 2014)**

Deze EU-studie baseert zich op een sterk geaggregeerd beeld van de gehele EU-economie en heeft sterke focus op de leveringsrisico's die samenhangen met de concentratie van mijnbouw in bronlanden, in combinatie met een afwezigheid van alternatieven voor deze grondstoffen en van een recycling-infrastructuur.

<sup>6</sup> De Groene Rekenkamer - Windenergie in Nederland – de dodelijke keerzijde van windenergie. ( 10 november 2013)

<sup>7</sup> REPORT ON CRITICAL RAW MATERIALS FOR THE EU - Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials -May 2014.

Vanzelfsprekend is het ook voor Nederland relevant de risico's omtrent leveringszekerheid te kennen en de relatie met de Nederlandse economie te leggen.

Voor een analyse van de kwetsbaarheid van het bedrijfsleven zijn ook de gevolgen die prijsschommelingen in grondstoffen hebben voor het bedrijfsresultaat relevant. Hiervoor is inzicht nodig in de hoeveelheid grondstof in producten en daarmee op de kostenopbouw van producten. De methodiek die hier wordt ingezet maakt dit mogelijk.

Een derde perspectief betreft milieu- en sociale risico's die samenhangen met het gebruik van grondstoffen, materialen of componenten die invloed kunnen hebben op de bedrijfsreputatie. Hierbij kunnen we denken aan de sociale omstandigheden in landen van herkomst, de financiering van lokale conflicten en de milieu-impact van mijnbouw. Om aan deze drie perspectieven recht te doen zal een bredere set indicatoren nodig zijn dan in de EU-studie werd gehanteerd. Een overzicht en verantwoording van die indicatoren wordt gegeven in hoofdstuk 3.

Al eerder verschenen publicaties over het grondstofrisico voor de Nederlandse economie. Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) publiceerde in 2010 'Critical Materials in the Dutch Economy'<sup>8</sup>, dat inzicht gaf in de industriële sectoren die potentieel het meest zouden worden getroffen bij leveringsonderbrekingen van grondstoffen.

In april 2014 verscheen een TNO-studie "Materialen in de Nederlandse Economie"<sup>9</sup>, waar de afhankelijkheid van de Nederlandse economie van 22 grondstoffen werd ingeschat.

De huidige studie borduurt voort op dit laatste onderzoek en breidt de analyse zodanig uit dat gesproken kan worden van een kritikaliteits-studie, op basis waarvan de voor de Nederlandse economie meest kritieke abiotische grondstoffen kunnen worden geselecteerd.

#### **1.4 Grondstofrisico's en de plek in de waardeketen**

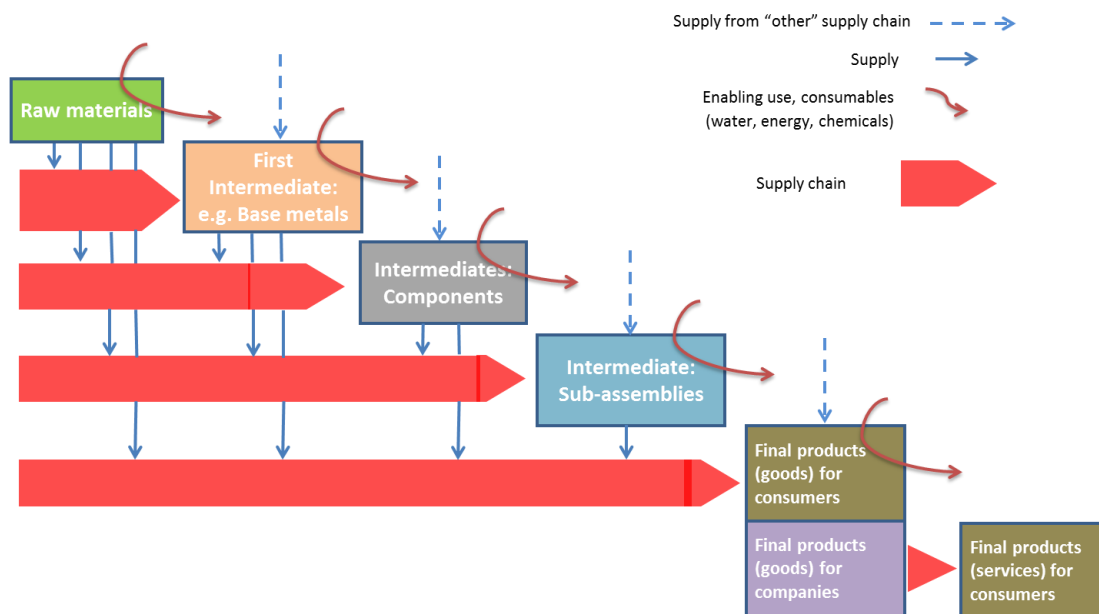
Deze studie gaat in op de leveringszekerheid van grondstoffen. Voor een land als Nederland is de industriële productie maar ten dele in directe zin afhankelijk van de beschikbaarheid van grondstoffen, maar ook en vooral van de beschikbaarheid van bewerkte materialen (zoals staal en andere legeringen), componenten en overige halffabrikaten ('intermediates'), zoals schematisch weergegeven in onderstaande figuur.

---

<sup>8</sup> CBS, ISSN 1877-3036.

<sup>9</sup> TNO 2014 R10686 | Eindrapport Materialen in de Nederlandse Economie, Ton Bastein Elmer Rietveld, Stephan van Zyl.





Figuur 3 Abstracte weergave waardeketen

Bedrijven in Nederland kunnen op elk van deze niveaus bezig zijn en hun materialen en goederen betrekken van elk van de bovenliggende niveaus. Een analyse van de kwetsbaarheden van grondstoffen alleen biedt dus maar een beperkte blik op de totale kwetsbaarheden in de toeleveringsketen. Een ruime beschikbaarheid van basale grondstoffen, gecombineerd met een bottleneck in de leveringsketen (bijvoorbeeld: de aanwezigheid van een zeer beperkt aantal aanbieders van halffabrikaten) kan tot een kwetsbare situatie leiden, zoals uit de eerder aangehaalde studie in opdracht van de FME<sup>10</sup> al bleek: de in die studie gerapporteerde en ruimschoots aanwezige acute leveringsonderbrekingen hielden geen verband met leveringsonderbrekingen van grondstoffen maar met een probleem verderop in de waardeketen.

Ondanks dit gegeven focust dit onderzoek zich op voorzieningszekerheidsrisico's en handelingsperspectieven voor bedrijfsleven of overheden om deze te verminderen. In dit onderzoek is de koppeling tussen grondstoffen in halffabrikaten en eindproducten ontwikkeld. De methode wordt geïntroduceerd in hoofdstuk 3.

### 1.5 Op een risico-analyse volgt het bieden van een handelingsperspectief

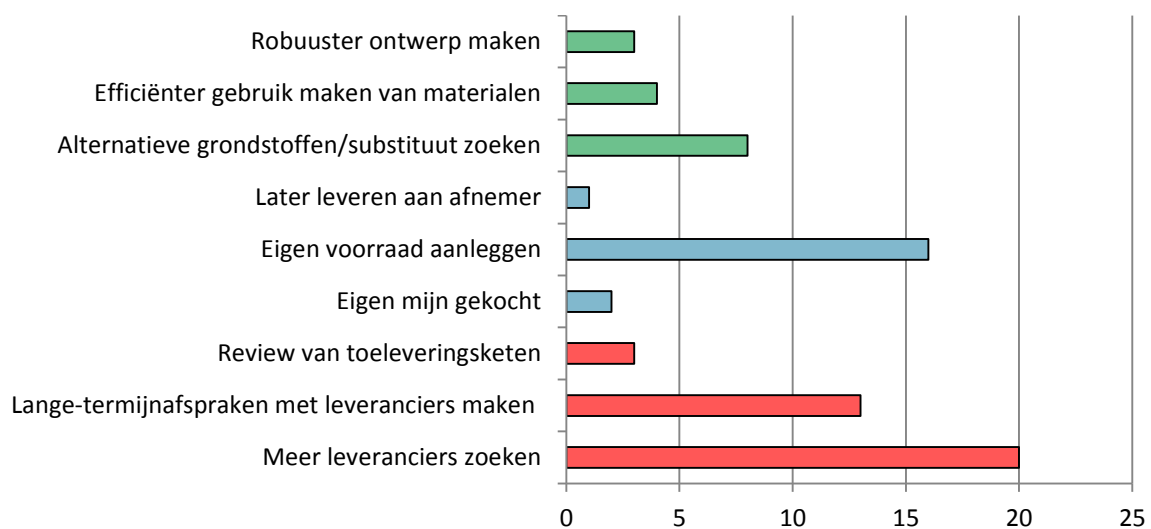
Door voorzieningszekerheid indicatoren op te stellen voor grondstoffen, en grondstoffen aan halffabrikaten en eindproducten te koppelen, kan een risico-analyse op sector- en bedrijfsniveau worden uitgevoerd. Deze gegevens zullen worden via een self-assessment tool beschikbaar gesteld aan ondernemers, (rijks)inkopers en beleidsmakers.

<sup>10</sup> T. Bastein en D. Bol, Critical materials— a view from the industrial- technological sector in The Netherlands, juni 2012, in opdracht van FME-CWM, Nederland.

Dit onderzoek brengt niet alleen de voorzieningszekerheidsrisico's in beeld, maar biedt ook handelingsperspectieven voor ondernemingen om de (gevolgen van) deze risico's te minimaliseren. Grofweg bestaan er drie mogelijkheden om de grondstofgevoeligheid te verminderen:

- Het robuuster maken van de leveringsketen;
- Het veranderen van de behoefte;
- Het verminderen van de behoefte.

De eerder genoemde FME-studie uit 2012 laat zien dat bedrijven bij acute problemen (vanzelfsprekend) bij meerderheid hun toevlucht zoeken tot snel te implementeren maatregelen in de toeleveringsketen.



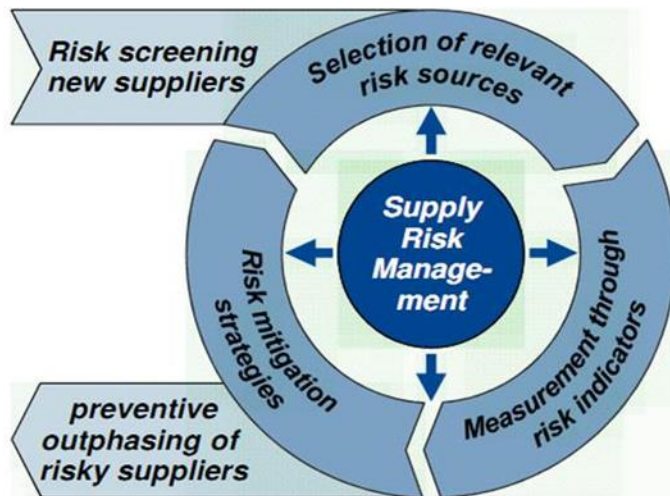
Figuur 4 bedrijfsacties als gevolg van leveringsproblemen (bron: FME-studie)

De NEVI (de Nederlandse Vereniging van Inkoopmanagement) heeft veel ervaring met de inkoopmaatregelen die ondernemingen toepassen en bovenstaande maatregelen passen goed in dat beeld. Grofweg komen inkoopmaatregelen in de zienswijze van NEVI neer op:

- Business continuity plans;
- Dual sourcing strategy;
- Global & regional sourcing;
- Supplier collaboration (1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> tier);
- Hedging strategy; en
- Vertical integration.

Deze maatregelen passen alle in het door NEVI ondersteunde inkooprisicomodel. Deze zullen niet verder worden toegelicht in dit rapport, maar bovenstaande handelingsperspectieven zullen deel uitmaken van de self-assessment tool.

## Model inkoop risico management



Figuur 5 NEVI-inkooprisicomodel

Het veranderen van de behoefte aan grondstoffen wordt substitutie genoemd. Substitutie kan vele vormen aannemen, zoals het substitueren van één (kritiek) materiaal voor een ander, of het introduceren van een nieuwe technologie die een bestaande technologie vervangt maar wel dezelfde functionaliteit oplevert. Een voorbeeld is de keuze die bestaat bij het installeren van grote windturbines. De energieopwekking kan plaatsvinden door sterke en permanente magneten op basis van zeldzame aardmetalen, of op basis van door-ontwikkelde maar meer conventionele technologie, op basis van elektromagneten. Substitutie zal in veel gevallen een ingrijpende operatie blijken te zijn. De introductie van een ander materiaal of andere technologie zal in het algemeen een forse onderzoeks- en marketinginspanning vereisen. In veel bedrijfstakken zijn materiaalkeuzes aan scherpe eisen gebonden en zijn langdurige testprogramma's vereist. Dit speelt m.n. een rol als er grote risico's zijn verbonden aan het uitvallen van apparatuur (denk aan luchtvaart, defensietechnologie, elektronica, bouwmaterialen). Kortom, substitutie op basis van leveringsrisico's is een werkelijk strategische managementbeslissing en geen laaghangend fruit.<sup>11</sup>

Het verminderen van de behoefte aan grondstoffen is een zeer veelzijdige strategie. Enerzijds kan dit aspect gezien worden als business-as-usual voor het producerend bedrijfsleven, het zuinig omgaan met grondstoffen in het licht van de kostencomponent van een productieproces is reeds gemeengoed in het bedrijfsleven.

Anderzijds is het verminderen van grondstofbehoefte een onderwerp van het bredere debat rond de circulaire economie.

De Ellen MacArthur Foundation heeft in haar rapport 'Towards the Circular Economy' van 2012 een inspirerend en aansprekend beeld van een circulaire economie gepresenteerd. Een circulaire

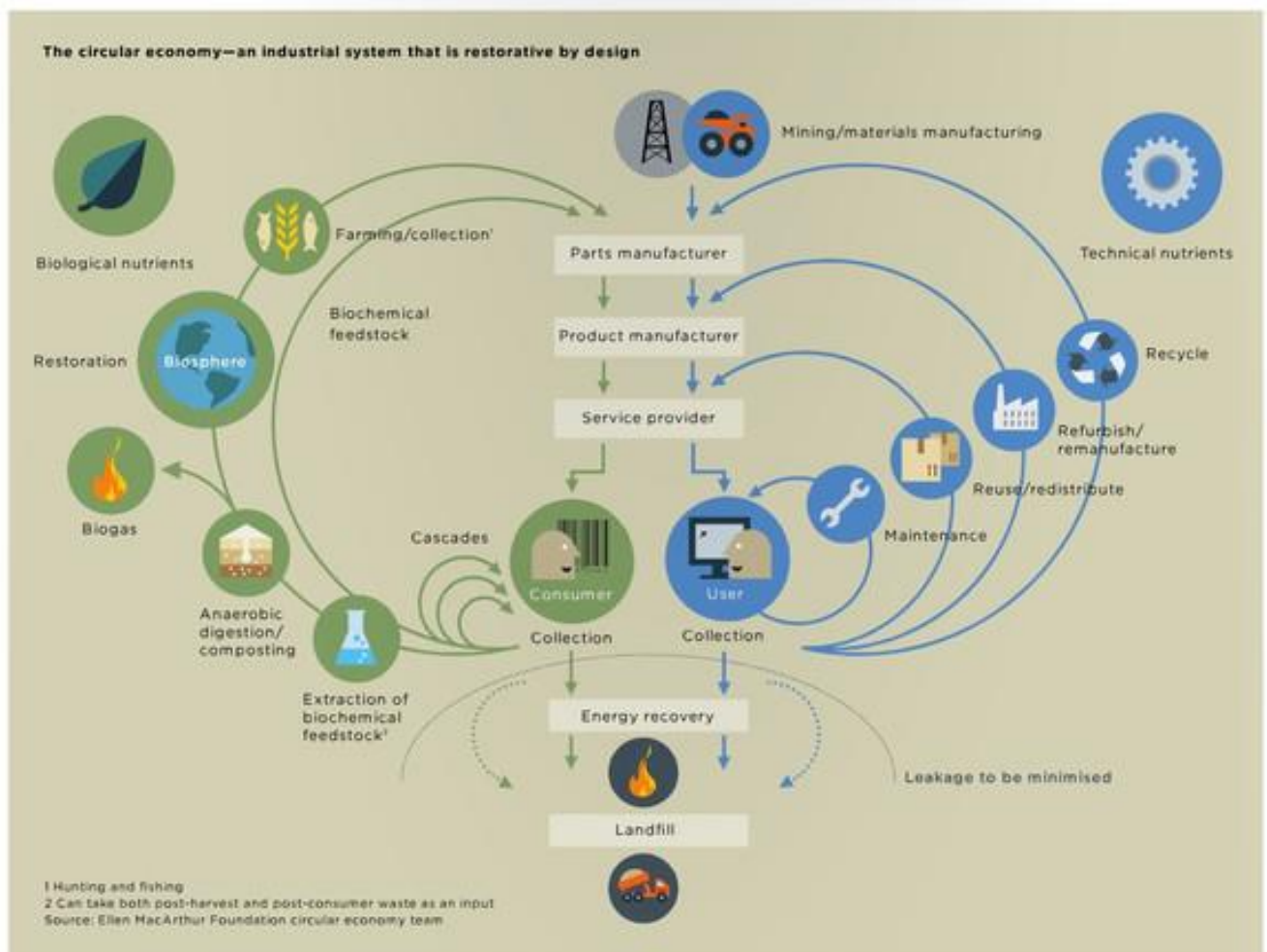
<sup>11</sup> Het bedrijf Granta Design, is een spin-off van de universiteit van Cambridge, die software aanbiedt die ondernemers kan begeleiden naar materiaalkeuzes, en dus ook naar substitutie-opties. Granta Design verbindt materiaalkennis met een grote database met gedetailleerde samenstellingsgegevens van duizenden legeringen en met inzichten over de mate van 'kritikaliteit' van de gebruikte grondstoffen.

economie is een economisch en industrieel systeem dat gebaseerd is op het hergebruik van producten en grondstoffen en het Herstellend Vermogen van natuurlijke hulpbronnen. Waardebehoud in het totale systeem staat centraal. De circulaire economie levert aldus een bijdrage aan het verminderen van onze materiaalconsumptie en milieu-voetafdruk.

Een ideale circulaire economie is wellicht een te hoog doel. De VANG-notitie van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu<sup>12</sup> onderscheidt drie stappen op weg naar een bewust circulaire economie:

- i. Een conventionele lineaire economie met take-make-waste;
- ii. Een keteneconomie met feedback loops;
- iii. Een circulaire economie met duurzaam gebruik van natuurlijke hulpbronnen.

Deze fasen zijn verder uitgewerkt in de Nederlandse reactie de consultatie voor lidstaten van de Europese Commissie inzake circulaire economie. ('Consultation of Member States on the Circular Economy')<sup>13</sup>



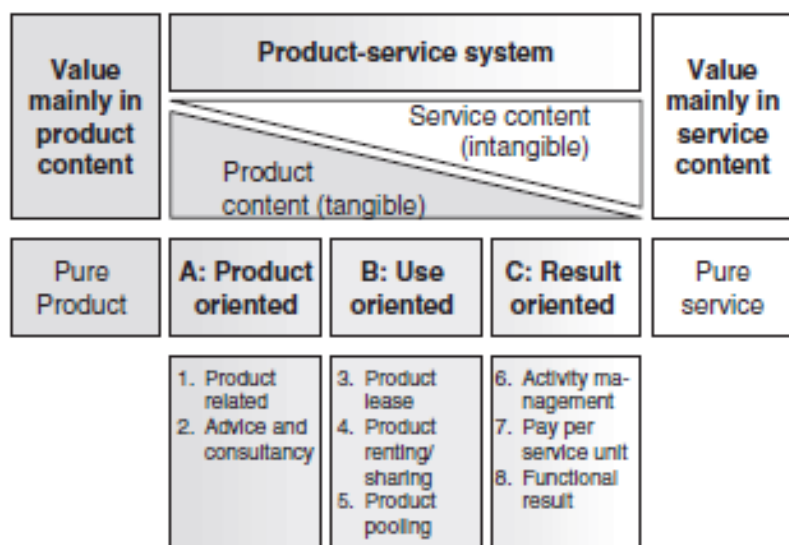
Figuur 6 Schematische representatie van de circulaire economie (bron: Ellen MacArthur Foundation)

<sup>12</sup> Notitie Van Afval Naar Grondstof (VANG), Ministerie van I en M, IenM/BSK-2013/104405, 20 juni 2013.

<sup>13</sup> [http://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven\\_regering/detail?id=2015Z19182&did=2015D39012](http://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2015Z19182&did=2015D39012).

Inmiddels wordt breed erkend dat onze samenleving zich voor een groot deel kenmerkt als een “keteneconomie met feedback loops”. Het moge duidelijk zijn dat de verlenging van de levensduur van goederen en materialen, bijvoorbeeld door reparatie en onderhoud, door hergebruik, reparatie en recycling al voor veel materialen en sectoren zijn ingebed. Een intensivering van deze feedback loops (inclusief het meenemen van circulariteit vanaf de ontwerpfase) zou voordelen kunnen bieden op nationaal niveau, omdat de totale import van goederen en materialen afneemt en lokaal werkgelegenheid wordt gestimuleerd. Op bedrijfsniveau kan de overstap naar een meer circulair bedrijfsmodel betekenen dat minder behoefte is aan ingekochte componenten of materialen. Bijvoorbeeld door over te stappen op een bedrijfsmodel waarbij het gebruik van een artikel als waardepropositie in de markt wordt gezet, in plaats van de verkoop van dit artikel (denk aan het verdienmodel van kopieermachines in de zakelijke markt).

De verschillende vormen waarmee bedrijven een andere waardepropositie in de markt kunnen zetten die in toenemende mate zicht op en controle over producten oplevert werden al in 2004 gepubliceerd door Tukker in de publicatie “EIGHT TYPES OF PRODUCT–SERVICE SYSTEM: EIGHT WAYS TO SUSTAINABILITY?”<sup>14</sup> waarbij het brede scala aan zogeheten Product-Service Systemen werd toegelicht, met een analyse van de business-kansen en –barrières en van de eventuele milieu-impact.



Op deze wijze kan druk op leveringszekerheid een stimulans betekenen voor de circulaire economie en vice versa. In deze studie gekeken in welke mate een intensivering van feedbackloops de materiaalbehoefte van de Nederlands industrie kan afdekken en daarmee kwetsbaarheden ontstaan door voorzieningszekerheidsrisico's afnemen. Hoewel de nadruk ligt op de Nederlandse situatie, geeft het feit dat de meeste goederen worden uitgevoerd binnen de EU-28 aan dat circulaire benaderingen van buitenlandse consumenten en klanten ook een op de EU-28 geënt handelingsperspectief biedt.

<sup>14</sup> Arnold Tukker, EIGHT TYPES OF PRODUCT–SERVICE SYSTEM: EIGHT WAYS TO SUSTAINABILITY? EXPERIENCES FROM SUSPRONET, Business Strategy and the Environment. Bus. Strat. Env. 13, 246–260 (2004)

Dit onderzoek vormt ook de basis van de self-assessment tool, waarin de gegevens met bijbehorende handelingsperspectieven beschikbaar worden gesteld voor ondernemers, (rijks)inkopers en beleidsmakers. Om voor bedrijven te komen tot een selectie van relevante perspectieven is de plek in de waardeketen (zie Figuur 3) van groot belang. Voorbeelden:

- Slechts die bedrijven die grondstoffen of first intermediates direct verwerken in hun proces zullen baat vinden bij proces-efficiency-verbeteringen;
- Alleen grondstof- en materiaalverwerkende bedrijven hebben baat bij het actief inzetten op betrokken zijn bij recycling;
- Bedrijven die als toeleverancier werken zullen grote moeite hebben productspecificaties zodanig aan te passen dat andere grondstoffen kunnen worden ingezet;
- Slechts eindproducenten zullen in staat zijn hun grondstof-behoefte te verminderen door in te zetten op andere business-modellen die leiden tot langere levensduur, meer onderhoud en het in eigendom houden van producten (share- en leaseconstructies). En dat laatste is dan vanzelfsprekend nog afhankelijk van het type product dat op de markt wordt gezet.

Een adequaat en op het Nederlands bedrijfsleven toegespitste ontsluiting van dergelijke handelingsperspectieven houdt dus rekening met de plek in de waardeketen.

## **1.6 Samenvatting**

Wereldwijde ontwikkelingen op het gebied van grondstofgebruik zetten import-afhankelijke landen zoals Nederland aan, om de voorzieningszekerheidsrisico's voor haar economie in kaart te brengen voor grondstoffen, halffabrikaten en eindproducten (leveringszekerheid, prijsontwikkelingen, Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen gerelateerde risico's). Indien de risico-analyse daartoe aanleiding biedt zal een handelingsperspectief moeten worden geboden om deze risico's te verminderen. De keuze hangt sterk af van de plek in de waardeketen en de gevoerde processen.

## 2 Grondstoffen in dit onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om een beeld te krijgen van de mate waarin de Nederlandse economie afhangt van (de beschikbaarheid van) abiotische materialen. Door te kijken naar de economische relevantie van deze materialen, de beschikbaarheid, de prijsvolatiliteit of de ecologische of ethische aspecten rondom winning van grondstoffen kan worden bepaald welke grondstoffen en materialen beleidsprioriteit verdienen.

In dit hoofdstuk worden de onderzochte grondstoffen gepresenteerd.

### 2.1 Selectie van de grondstoffen voor dit onderzoek

In het voorgaande onderzoek was de selectie van 22 grondstoffen gebaseerd op de herziene EU-lijst met kritieke grondstoffen. Dit onderzoek, wil achterhalen wat de meest kritieke abiotische grondstoffen voor de Nederlandse economie te zijn. Het uitgangspunt van de studie is daarom een veel bredere lijst materialen, die sterk is ingegeven door de volledige set materialen die ook in de EU-studie is meegenomen, met enkele aanpassingen daarop.

In onderstaande tabel worden de 64 onderzochte grondstoffen gepresenteerd.

De vetgedrukte grondstoffen, zijn die grondstoffen die als kritiek zijn bestempeld in de meest recente (2014) Europese studie naar kritieke grondstoffen.

Tabel 1 Grondstoffen in deze studie

Aluminium/	<b>Grafiet</b>	Rhenium	<b>Dysprosium*</b>
<b>Antimoon</b>	IJzererts/ijzer	Seleen	<b>Neodymium*</b>
Barytes	<b>Indium</b>	<b>Silicium</b>	<b>Praseodymium*</b>
Bentoniet	Industrieel zand (silica)	Strontium	<b>Samarium*</b>
<b>Beryllium</b>	Kalksteen (Limestone)	Talk	<b>Europium**</b>
<b>Boraten/boor</b>	Klei (Kaoline)	Tantaal	<b>Yttrium**</b>
<b>Chroom</b>	<b>Kobalt</b>	Tellurium	<b>Terbium**</b>
<b>Cokeskool</b>	Koper	Tin	<b>Cerium***</b>
Diatomiet	Lithium	Titaandioxide/Titaan	<b>Lanthaan***</b>
Feldspar	<b>Magnesium/magnesium</b>	Uranium	<b>Ytterbium****</b>
<b>Fluorspar</b>	Mangaan	Vanadium	<b>Gadolinium****</b>
<b>Fosfor</b>	Molybdeen	<b>Wolfram</b>	<b>Scandium****</b>
<b>Gallium</b>	Nikkel	Zilver	<b>Platina<sup>o</sup></b>
<b>Germanium</b>	<b>Niobium</b>	Zink	<b>Palladium<sup>o</sup></b>
Gips	Perliet	Zirkoon	<b>Iridium<sup>o</sup></b>
Goud	Ruthenium	<b>Osmium<sup>o</sup></b>	<b>Rhodium<sup>o</sup></b>

\* Zeldzame aarde gerelateerd aan de productie van permanente magneten en dus bij energie-generatie uit wind of beweging/auto's

\*\* Zeldzame aarde gerelateerd aan de productie van spaarlampen en LEDs

\*\*\* Zeldzame aarde gekoppeld aan energieopslag/batterijen

\*\*\*\* Zeldzame aarde: Overige applicaties (legeringen, lasers, optiek)

<sup>o</sup> Deze grondstoffen behoren bij de platinagroep-metalen ofwel PGM

In deze studie worden (zoals in veel rapportages gebruikelijk) zeldzame aarden en de platinagroep-metalen niet als één groep beschouwd, maar –voor zover de beschikbare data dat toelaten- als individuele componenten, rekening houdend met hun individuele toepassingsgebied en dus individuele relevantie voor de Nederlandse economie.

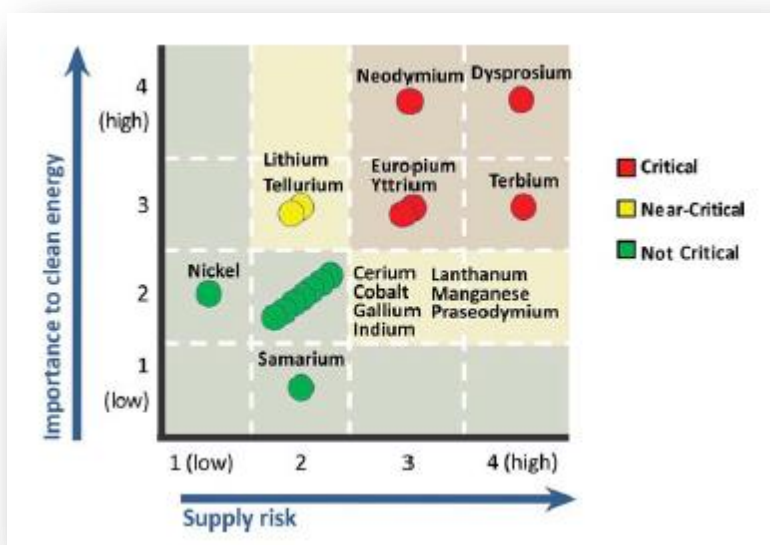
Het onderscheid tussen verschillende zeldzame aardmetalen is al eerder gemaakt in de uitgebreide kritikaliteit-studies die zijn verricht door het ministerie van energie (DoE) van de Verenigde Staten<sup>15</sup>. Hierin staat de relevantie voor de toekomst van energietechnologieën centraal ( Figuur 7). De verschillende typen betreffen hier: dysprosium, neodymium, praseodymium, samarium (alle gerelateerd aan de productie van permanente magneten en dus bij energie-generatie uit wind of beweging/auto's), europium, yttrium, terbium (gerelateerd aan de productie van spaarlampen en LEDs), cerium, lanthaan (gekoppeld aan energie-opslag/batterijen). Daarnaast is een aparte analyse van ytterbium (lasertoepassingen), gadolinium (lasers, legeringen) en scandium (optische elementen) relevant. De uitgebreidere analyse naar individuele elementen uit de zeldzame-aardegroep doet ook recht aan de in alle studies naar voren komende hoge kritikaliteit van zeldzame aardmetalen: deze discussie wordt enigszins versluierd door al deze materialen en alle toepassingen op één hoop te vegen.

De platinagroep-metalen omvat de materialen platina, palladium, iridium, rhodium, ruthenium en osmium. Ook deze worden op verschillende wijze ingezet in de productie van (verschillende typen

<sup>15</sup> U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, CRITICAL MATERIALS STRATEGY, DECEMBER 2011.



van) katalysatoren, sieraden en legeringen, en waar mogelijk wordt in deze studie dan ook ingegaan op deze individuele materialen.



Figuur 7 Kritikaliteit-matrix van het Department of Energy (US)

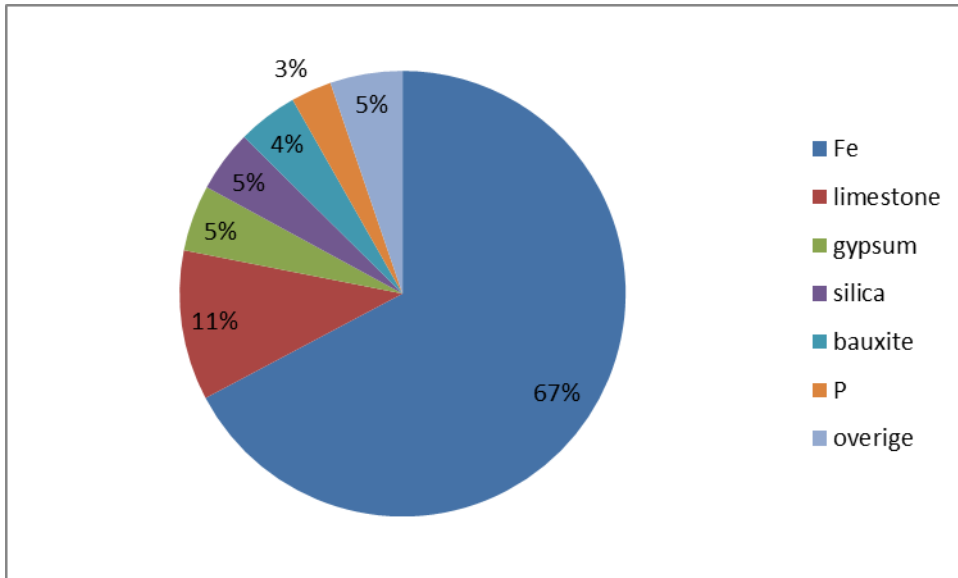
De komende paragrafen geven een inzicht in gegevens m.b.t. primaire productie. Het merendeel van deze gegevens wordt gebruikt t.b.v. de indicatoren die uitgebreid werden behandeld in hoofdstuk 3.

## 2.2 Productie en reserves<sup>16</sup>

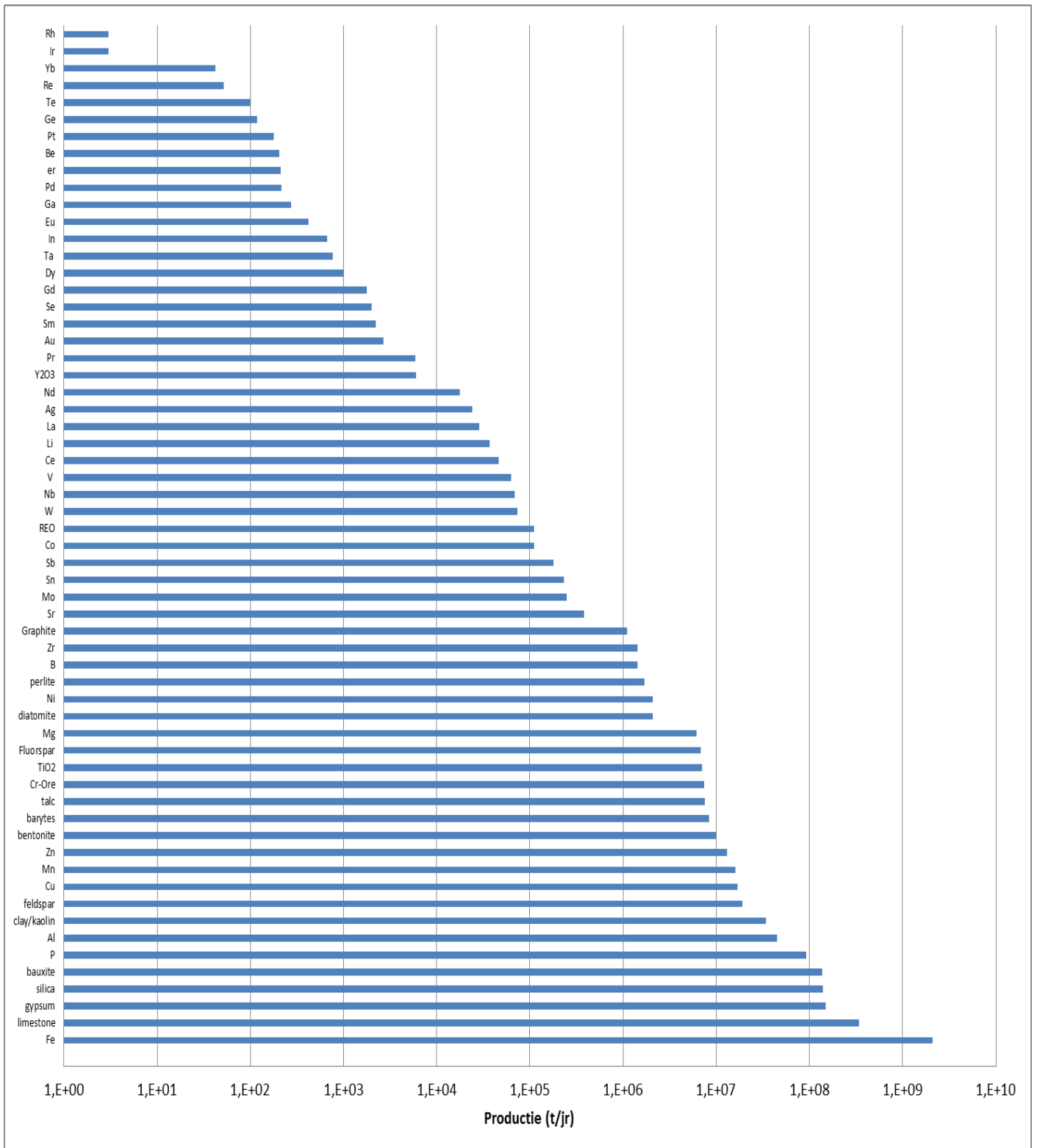
### 2.2.1 Wereldproductie

De geselecteerde grondstoffen verschillen sterk wat betreft de absolute jaarlijkse productiehoeveelheden (zie Figuur 9). De wereldmijnbouwproductie wordt gedomineerd door de productie van ijzererts: de productie van ruim 1 miljard ton per jaar ijzererts beslaat 67% van alle mineralen uit mijnbouw. Verder komt 95% van de productie van alle mijnbouw voor de rekening van slechts 6 mineralen. Naast ijzererts zijn dat kalzandsteen, gips, silica, bauxiet en fosfaaterts (zie Figuur 8). Gegevens over de ontwikkeling van de wereldproductie zijn te vinden in Bijlage 5.

<sup>16</sup> Tenzij anders vermeld, zijn alle gegevens m.b.t. primaire productie van grondstoffen afkomstig uit de Mineral Commodity Summaries en de Mineral Commodity Yearbooks zoals deze door de US Geological Survey op internet worden gepubliceerd.



**Figuur 8** Verdeling mijnbouwproductie



Figuur 9 Productievolume

### 2.2.2 Minerale reserves

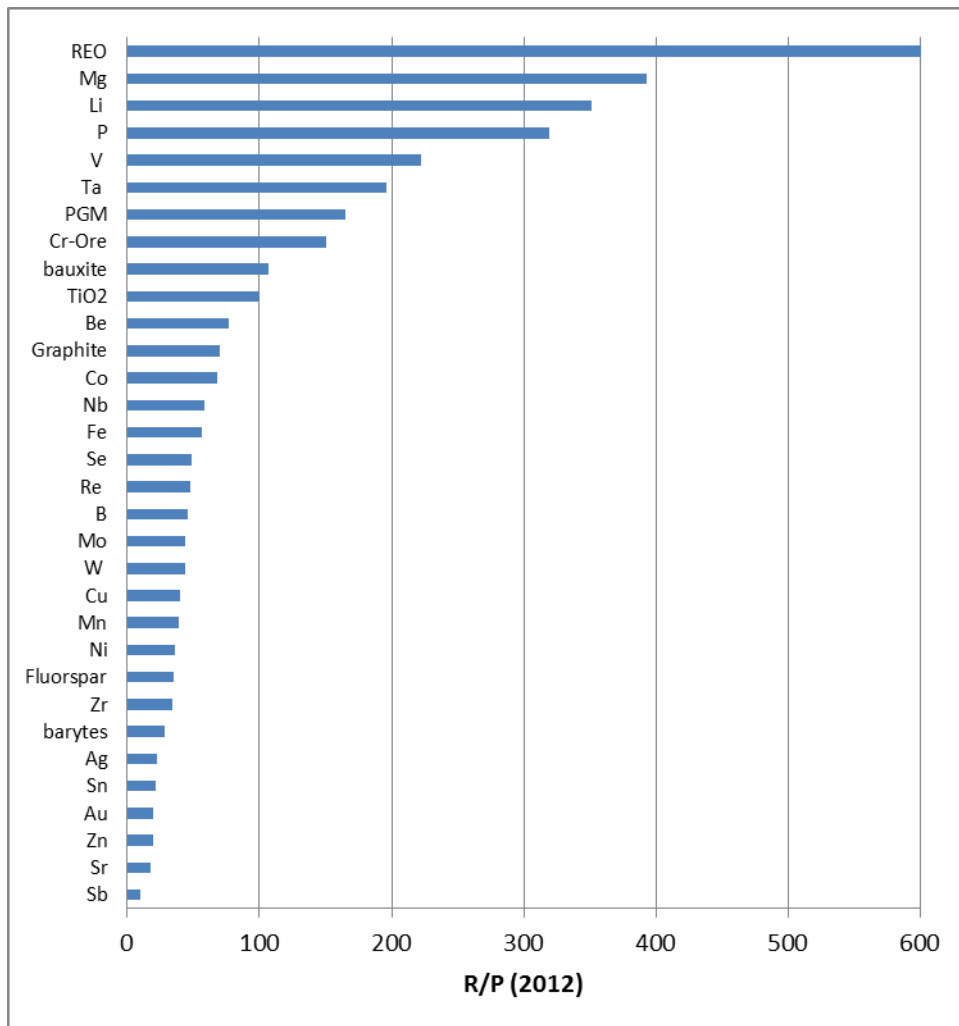
Voor eventuele problemen met leveringszekerheid is vanzelfsprekend de hoogte van en de groei in de bestaande productiecapaciteit niet maatgevend. Dat ligt anders voor de zogenaamde (economische) reserve, die vaak wordt uitgedrukt in de R/P-verhouding: de verhouding tussen reserve en productie. Ofwel, het aantal jaar dat er nog kan worden geproduceerd onder verder gelijkblijvende –technische en economische- omstandigheden. Zonder twijfel is deze R/P-verhouding op zich een interessant gegeven, alhoewel het sterk de vraag is of het maatgevend is voor toekomstige schaarstes en dus voor een analyse van leveringszekerheid. Alhoewel er grote onnauwkeurigheden bestaan in de inschatting van (economisch winbare) reserves, zou gesteld kunnen worden dat een reserve (R/P) van meer dan 100 jaar betekent dat voorraden klaarblijkelijk eenvoudig aangetoond kunnen worden, er voldoende bewezen voorraden zijn en dat leveringszekerheid op korte termijn niet in gevaar komt op basis van geologische beschikbaarheid of aanwezige mijnbouwcapaciteit.

Anderzijds betekent een lage R/P-verhouding niet onmiddellijk dat leveringszekerheid in het geding is. Voor veel grondstoffen blijven de gegevens over reserves constant ondanks het feit dat er aanzienlijke productie plaatsvindt en er geen opmerkelijke vondsten worden gerapporteerd. Exploratie van nieuwe ertsen is een kostbare aangelegenheid en mijnbouwbedrijven zijn niet geneigd om te investeren in exploratie, indien toename van de bewezen reserves niet bijdraagt tot toegenomen beurswaarde van deze ondernemingen.

Daarnaast worden veel grondstoffen gewonnen als bijproduct van andere ertsen (zie paragraaf 2.2.3). De betekenis van een R/P-verhouding zegt in dat geval niet veel, aangezien geen onafhankelijke vaststelling van dergelijke bijproduct-reserve mogelijk is, en productie afhangt van de geïnstalleerde productie-capaciteit van deze bijproducten en niet van de geologische reserve.

Ondanks deze tegenwerpingen kan gesteld worden dat een lage R/P-verhouding in ieder geval aanleiding is voor extra waakzaamheid. Naarmate de reserves laag zijn, geen exploratie-inspanningen worden gepleegd, en mogelijk een sterke toename van de vraag wordt verwacht (bijvoorbeeld door nieuwe applicaties) kan gesproken worden van een hoger risico-profiel.

De R/P-verhouding voor die grondstoffen waarvoor gegevens beschikbaar zijn uit de USGS Commodity Summaries is weergegeven in Figuur 10. In deze figuur zijn geen gegevens opgenomen voor veel industriële mineralen (zoals bentoniet, klei, diatomite, feldspar, gips, perliet, kalksteen, silica en talk) omdat vanwege de overvloedige beschikbaarheid minerale reserves geen betekenis hebben. De R/P-verhouding is daarmee 'oneindig'. Voor een aantal bijproducten (zoals indium en gallium) zijn zoals gezegd geen reservewaarderingen voorhanden. De platinagroep-metalen en zeldzame aarden zijn nu als één groep genomen, omdat geen onderscheid gemaakt kan worden tussen de componenten van deze samengestelde ertsen.



Figuur 10 R/P-verhouding (jaar 2012; bron: USGS Mineral commodity Summaries)

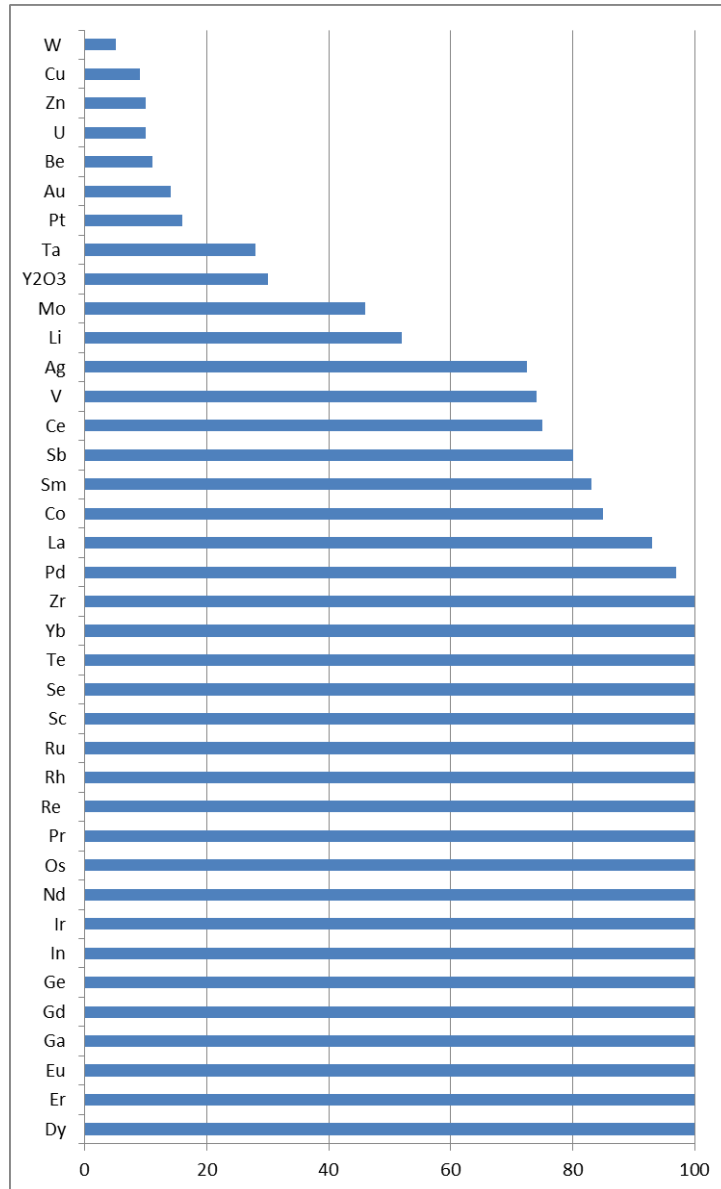
Ondanks de relevante kritiek op de betekenis van de R/P-verhouding verdient de situatie met betrekking tot antimoon (Sb), strontium, zink, goud, tin en zilver (met allemaal een R/P-verhouding van 20 jaar of minder) aandacht.

### 2.2.3 Productie als hoofd- of bijproduct: de mate van 'companionality'

Veel minerale grondstoffen worden slechts gewonnen als bijproducten ('companions') van andere grondstoffen (de zogenaamde 'hosts'). In dergelijke gevallen zal de winstgevendheid van de mijn niet afhangen van de winning van de companion. Daar komt bij dat de meeste companions pas worden gewonnen tijdens de raffinage (bijvoorbeeld tijdens elektrolytische winning van koper en zink) die in veel gevallen op andere locaties en vaak zelfs in andere landen plaatsvindt dan waar het erts gedolven wordt. Een dergelijk verband kan leiden tot een afwezigheid van marktelasticiteit. Een plotselinge vraagtoename (bijvoorbeeld door een technologische vernieuwing) zal als het een bijproduct of 'companion' betreft niet leiden tot toename of opstarten van nieuwe mijnbouwactiviteiten. De productie kan alleen stijgen als de proces-efficiency van de companion-extractie toeneemt of als er nog geen volledig gebruik wordt gemaakt van de hoeveelheid te winnen companion-grondstof. Consequentie is ook dat indien de wereldvraag naar een host-grondstof stabiliseert of zelfs afneemt (zoals in het geval van lood het geval is), de mate waarin companions gewonnen kunnen worden ook afneemt, ook al zou de vraag daarnaar toenemen.

Veel van de materialen die in deze studie voorkomen zijn companion-grondstoffen. Een uitgebreide studie van Nassar en Graedel<sup>17</sup> werpt licht op de mate waarin grondstoffen companion zijn.

Een samenvatting van hun resultaten wordt gegeven in Figuur 11, waarin die grondstoffen zijn weergegeven die voor meer dan 5% als companion worden gewonnen.



**Figuur 11 Aandeel companionality: deel van winning dat als companion van een ander metaal plaatsvindt**

19 Grondstoffen komen alleen voor als companion, en zijn dus voor hun winning volledig afhankelijk van de winning van de host. In totaal 27 van de hier bekeken grondstoffen zijn voor meer dan 70% afhankelijk van hun host.

De platinagroep-metalen rhodium, iridium en osmium zijn voor meer dan 95% companion van platina-mijnbouw. Palladium is een companion van nikkel (53%) en platina (44%).

<sup>17</sup> N.T. Nassar, T.E. Graedel, E.M. Harper, By-products are technologically essential but have problematic supply, Science Advances 2015;1:e14—180, april 2015.

De zeldzame aarden worden of gewonnen als companion van ijzerwinning of gezamenlijk gewonnen in de zogenaamde ion-adsorption deposits in de Zuidelijke Chinese provincies. De enige zeldzame aarde die grotendeels als host gewonnen wordt is yttrium (Y).

De overige belangrijke hosts zijn gegeven in de volgende tabel.

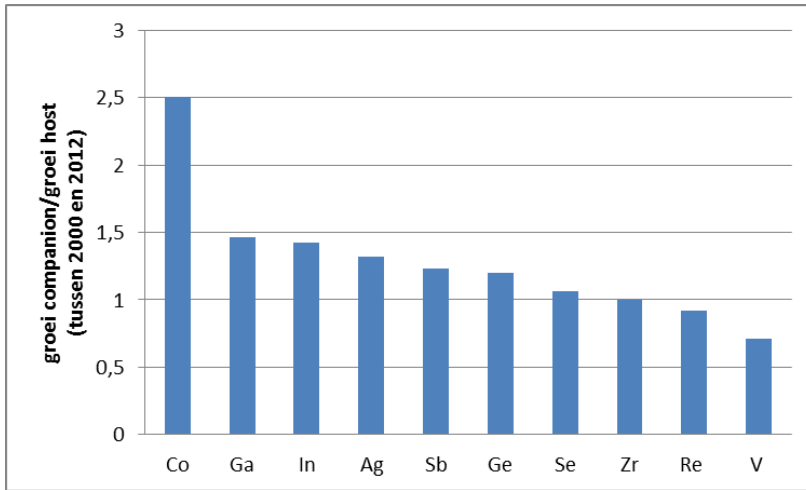
Tabel 2 Relatie host-companion

companion	host									
	Al	Ti	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Sn	K	
gallium	95									
zirkoon		100								
Gd, Eu, Nd, Pr, Sc, La, Sm, Ce			24-67							
vanadium			62							
kobalt				50	35					
Rhenium					100					
Selenium					90					
Telluur					60					
Molydeen					46					
Germanium						60				
Indium						80				
Antimoon							40			
Scandium								50		
lithium									52	

Ondanks de suggestie die o.a. door Nassar en Graedel wordt gewekt dat een hoge companionality een kwetsbare levering oplevert, kan het omgekeerde ook het geval zijn. Indien slechts een gering gedeelte van de mogelijke host-materialen wordt ingezet om companions te extraheren, zou – anders dan in het geval van host-grondstoffen- een relatief snelle toename van productie met relatief geringe investering kunnen plaatsvinden. Gegevens over de mate waarin de totale capaciteit wordt gebruikt zal een belangrijke indicatie over de kwetsbaarheid van levering of inflexibiliteit van productie-toename kunnen zijn. Dergelijke gegevens zijn niet beschikbaar.

Een indicatie over de afhankelijkheid van productie van hosts en companions kan worden verkregen door te kijken naar de productiestijging van beide. Indien de productie van companions harder stijgt dan die van de host-materialen, was er klaarblijkelijk ongebruikte ‘capaciteit’ die onder invloed van de markt in toenemende mate wordt geëxploiteerd. Uit Figuur 12 blijkt dat de productie van een aantal materialen (in het bijzonder kobalt, gallium en indium) harder groeit dan van hun hosts. Vooral de situatie m.b.t. kobalt vereist aandacht: de productie van dit materiaal dat voor 85% van de winning afhankelijk is van nikkel- en koperwinning groeit aanzienlijk harder dan dat van deze hosts.

Ook voor gallium, indium, zilver, antimoon en germanium is er klaarblijkelijk additionele extractie-capaciteit ontstaan vanaf 2000.



Figuur 12 Relatieve groei in de productie van companions t.o.v. hun 'host'(tussen 2000 en 2012)



## 3 Indicatoren voor een op Nederland gerichte risico-analyse

### 3.1 Inleiding

De afgelopen jaren is er een grote hoeveelheid publicaties verschenen waarin de impact op de economie of op de implementatie van bepaalde beleidsdoelstellingen (zoals bijvoorbeeld de implementatie van alternatieve energiebronnen) wordt afgezet tegen de kans op leveringsonderbrekingen. Een review van deze kritikaliteitsanalyses is gepubliceerd door Erdmann en Graedel<sup>18</sup>.

Graedel et al.<sup>19</sup> geven aan dat kritikaliteitsindicatoren op bedrijfs- en nationaal niveau anders zijn dan lange termijn indicatoren voor wereldwijde beschikbaarheid van grondstoffen. Voor bedrijven is volgens Graedel de relevante termijn maximaal 5 jaar en is inzicht in geopolitieke kwesties, de intensiteit van de concurrentie en komende technologische veranderingen cruciaal. Hij stelt een werkwijze voor die schematisch is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Graedel's voorstel voor kritikaliteitsindicatoren op bedrijfsniveau

Onderdelen	Indicatoren	
<b>Leveringsrisico</b>	Geologisch, technologisch, economisch	Uitputtingstijd (R/P) Vergezellende metaalfractie
	Maatschappelijke aspecten	Index menselijke ontwikkeling
	Geopolitiek	WGI Wereldwijde aanbodconcentratie
<b>Kwetsbaarheid voor leveringsbeperkingen</b>	Belang	Percentage van de inkomsten dat beïnvloed wordt
		Vermogen om kostenstijgingen door te berekenen
		Belang voor de bedrijfsstrategie
	Vervangbaarheid	Prestaties vervangende producten
		Beschikbaarheid vervangende producten
		Milieueffectratio
		Prijsratio
	Innovatievermogen	Bedrijfsinnovatie

Deze suggesties van Graedel et al. waren deels gebaseerd op een beoordeling van kritikaliteit door General Electric (GE)<sup>20</sup> met betrekking tot hun eigen materialen (waarvan er uiteindelijk 11 zeer gedetailleerd werden beoordeeld). Aanvullende indicatoren uit het werk van GE waren:

- historische prijsvolatiliteit;
- vraagrisico's: de beoordeling van toekomstig toegenomen gebruik van een element;
- vervangbaarheid van materialen in de belangrijkste toepassingen en markten buiten GE.

<sup>18</sup> L. Erdmann en T.E. Graedel, Criticality of Non-Fuel Minerals: A Review of major Approaches and Analyses, Env. Sc. & Techn. 2011, 45, 7620 – 7630.

<sup>19</sup> T. E. Graedel, Rachel Barr, Chelsea Chandler, Thomas Chase, Joanne Choi, Lee Christoffersen, Elizabeth Friedlander, Claire Henly, Christine Jun, Nedal T. Nassar\*, Daniel Schechner, Simon Warren, Man-yu Yang, en Charles Zhu, Methodology of Metal Criticality Determination, Environ. Sci. Technol., 2012, 46 (2), p. 1063–1070.

<sup>20</sup> S.J. Duclos, J.P. Otto, D.G. Konitzer, MECHANICAL ENGINEERING, 2010 Vol. 132 Nr. 9, 36-40.

De door Graedel gesuggereerde indicatoren voor het leveringsrisico hebben betrekking op aspecten op de middellange termijn, waardoor ze nuttig kunnen zijn voor zowel overheden als bedrijven. Graedel suggereert indicatoren met betrekking tot geologische beschikbaarheid, menselijke ontwikkeling in bronlanden, en geopolitieke kwesties (met gebruikmaking van de methodologie die door de EU is voorgesteld).

Ook in de huidige studie stellen we dat de hoogte van het risico voor een bedrijf of land bepaald wordt door enerzijds de economische impact (op de nationale economie of per bedrijf) en anderzijds de kans dat zich problemen voordoen in de leveringsketen. Die problemen kunnen bestaan uit een direct effect op de leveringszekerheid, maar ook op het bedrijfsresultaat of op de bedrijfsreputatie.

In dit hoofdstuk gaan we in op de methode die gevolgd wordt om op de indicatoren die gebruikt zullen worden om aspecten van de leveringszekerheid van grondstoffen te kunnen toetsen. In het volgende hoofdstuk zullen we ingaan op de wijze waarop de economische impact van grondstoffen getoetst kan worden, waardoor een volledige kritikaliteitsanalyse voor Nederland gedaan kan worden.

### **3.2 Kwetsbaarheidsbeoordelingen van grondstoffen**

Zoals al in hoofdstuk 1 is gesteld, hebben zorgen omtrent grondstoffen voor het bedrijfsleven niet alleen te maken met hun leveringszekerheid, maar ook met eventuele effecten op het concurrentievermogen als gevolg van prijsstijgingen of op de reputatie van een individueel bedrijf. Bedrijven zijn in toenemende mate gevoelig voor druk door actiegroepen of de milieubeweging als gevolg van sociale media die in snel tempo kunnen verspreiden die de reputatie en dus de marktwaarde van producten kunnen beïnvloeden. Het gaat er in zo'n geval niet om hoeveel materialen of grondstoffen worden ingezet, en ook niet of die grondstoffen rechtstreeks worden geïmporteerd of slechts aanwezig zijn in het productenpakket.

De drie aangestipte perspectieven waarmee naar grondstoffen kan worden gekeken benoemen we als volgt:

- invloed op bedrijfszekerheid;
- invloed op bedrijfsresultaat; en
- invloed op bedrijfsreputatie.

In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de indicatoren of gegevens die invulling geven aan deze drie perspectieven<sup>21</sup>. In deze tabel worden vier categorieën benoemd: Lange- en korte termijn leveringszekerheid, bedrijfsresultaat en bedrijfsreputatie.

---

<sup>21</sup> Een analyse waarin deze indicatoren worden vergeleken met de OESO-richtlijnen wordt verricht in Bijlage 4 van dit rapport.

Tabel 4 Overzicht van indicatoren en gegevens voor integrale kwetsbaarheidsbeoordeling in deze studie

Invloed op.	Indicator
<b>Lange termijn</b>	Geo-economisch: Reserve/Productie (R/P)
<b>Leveringszekerheid (&gt;10j)</b>	Geo-economisch: Companionality (mate waarin grondstof een bijproduct is)
	Geopolitiek: Concentratie van reserves van materialen ( $HHI_{res}$ ) in bronlanden
<b>Korte termijn</b>	Geopolitiek: Concentratie van winning van materialen ( $HHI_{prod}$ ) in bronlanden
	Geopolitiek: de stabiliteit en de kwaliteit van het bestuur van bronlanden weergegeven door WGI
	Geopolitiek: Bestaande exportrestricties (OECD-gegevens)
	End-of-life recycling rate
<b>Bedrijfsresultaat</b>	Prijsvolatiliteit van grondstoffen/materialen (MAPII)
<b>Bedrijfsreputatie</b>	Milieu-impact van grondstoffen
	Prestaties van bronlanden wat betreft menselijke ontwikkeling (Human Development Index HDI)
	Regelgeving omtrent conflictmineralen

Deze studie richt zich op een beeld van zowel de risico's op nationaal als op bedrijfsniveau. Wat betreft het gebruik van de bovenstaande indicatoren is er geen wezenlijk verschil tussen het bedrijfsniveau of het niveau van de nationale economie, wanneer we die laatste beschouwen als de optelsom van de toegevoegde waarde van individuele bedrijven. Dat betekent –bijvoorbeeld- dat een potentieel groot effect van prijsvolatiliteit voor bepaalde bedrijven of sectoren en daarmee wellicht op het concurrentievermogen, zich doorvertaalt naar een groot effect op de nationale economie. Omdat een nationale overheid kijkt naar de systemische risico's en kansen van een economie, wordt het lange termijn perspectief relevant.

De tijdschaal is een kritieke dimensie voor het beschouwen van kwetsbaarheden.

Op de lange termijn (meer dan 10 jaar) is kwetsbaarheid sterk gerelateerd aan de basale beschikbaarheid van grondstoffen. Hoewel er onzekerheden bestaan (zoals de ontwikkeling van aanbod via nieuwe mijnbouwprojecten, of revolutionaire veranderingen in de vraag als gevolg van technologische vernieuwingen), bieden indicatoren die informatie verschaffen over de geologische en geo-economische beschikbaarheid (zoals de R/P-verhouding, de huidige schatting van jaren van ongestoorde productie) nuttige informatie.

Op de korte (<10 jaar) termijn zijn het eerder aspecten als betrouwbaarheid van leveranciers die de 'kritikaliteit' van stabiele levering bepalen.

In de analyse van de indicatoren en hun gebruik zullen we deze tijdschalen helder maken en gebruiken in de uiteindelijke kwetsbaarheidsanalyse.

In de volgende paragrafen zullen de indicatoren en gegevensbronnen nader worden geïntroduceerd.

### 3.3 Indicatoren gericht op lange- en korte-termijn-leveringszekerheid

Leveringsonderbreking is wellicht het meest ingrijpende probleem voor het bedrijfsleven. In de eerder aangehaalde FME-studie werd door een groot deel van de geïnterviewde bedrijven aangegeven dat zij last hadden ondervonden van leveringsonderbrekingen van voor hun kritieke materialen, meestal gerelateerd aan problemen bij hun leveranciers van halffabrikaten en maar zelden aan reële grondstofproblemen. De kans op leveringsonderbrekingen van (de kwalitatief juiste) grondstoffen kan beïnvloed worden door geo-economische en door geopolitieke factoren.

#### 3.3.1 *Geo-economische factoren: de R/P-verhouding*

In principe zijn voorraden van fossiele en minerale bronnen eindig. Maar de theoretische hoeveelheid te winnen minerale grondstoffen is niet zo relevant in deze discussie. Waar het om gaat is of de combinatie van beschikbare exploratie- en exploitatietechnologie enerzijds en economische realiteit anderzijds leidt tot het winbaar maken van minerale bronnen in voldoende hoeveelheden per tijdseenheid. De inschatting van de wereldwijde reserves is daardoor een complexe en dynamische activiteit. De bijstelling van reserves (zoals die onder andere wordt gepubliceerd op de US GS Mineral Commodity Summaries) lijkt vaker gedaan te worden aan de hand van administratieve handelingen dan door een analyse van nieuw bewezen voorraden. Een inschatting van toekomstig verbruik is al helemaal geen onderdeel van de reservebepaling.

Voor handelingsperspectief op bedrijfsniveau is de R/P-verhouding slechts relevant wanneer strategische vergezichten van bedrijven zich uitstrekken tot een periode langer dan 10 jaar. Voor de rapporten van de EU ad-hoc commissie was dit de reden om R/P-verhoudingen niet mee te nemen in hun analyse. Voor overheden kan bewustwording t.a.v. de bewezen reserves leiden tot monitoring van internationale mijnbouwoperaties. Daarom zal in deze studie de **R/P-verhouding**, als indicator voor lange-termijn-kwetsbaarheid worden meegenomen in verdere analyses. De relevante gegevens omtrent de R/P-verhouding zijn gepresenteerd in paragraaf 2.2.2.

#### 3.3.2 *Geo-economisch: Companionality*

Een ander wezenlijk geologisch-economisch kenmerk van minerale grondstoffen is de mate waarin zij gewonnen worden als hoofd- (of co-) product van een mijnbouwoperatie of als bijproduct. Veel minerale grondstoffen worden slechts gewonnen als bijproducten ('companions') van andere grondstoffen (de zogenaamde 'hosts'). In dergelijke gevallen zal de winstgevendheid van de mijn niet afhangen van de winning van de companion. Een dergelijke afhankelijkheid kan leiden tot een afwezigheid van marktelasticiteit: een plotselinge vraagtoename (bijvoorbeeld door een technologische vernieuwing) zal –als het een bijproduct of 'companion' betreft- niet onmiddellijk leiden tot toename van productie of opstarten van nieuwe mijnbouwactiviteiten, tenzij de proces-efficiency van de companion-extractie nog toenemen of er nog geen volledig gebruik wordt gemaakt van de hoeveelheid te winnen companion-grondstof. Consequentie is ook dat indien de wereldvraag naar een host-grondstof stabiliseert of zelfs afneemt (zoals in het geval van lood het geval is), de mate waarin companions gewonnen kunnen worden ook afneemt, ook al zou de vraag daarnaar toenemen.

Een recente analyse van Nassar en Graedel<sup>22</sup> geeft een uitgebreid overzicht van de mate van **'companionality' van grondstoffen**. Companionality wordt door deze auteurs gedefinieerd als de mate waarin de winning van een metaal verantwoordelijk is voor het dekken van de 'cost of sales' van een mijnbouwoperatie. Een hoge mate van 'companionality' wordt in verband gebracht met zowel prijsvolatiliteit als beschikbaarheidsproblemen: *"One aspect of companionality of note is that when a metal is obtained largely or completely as a companion, its production is often unable to respond quickly to rapid changes in demand and, as a result, its price can fluctuate widely."* Het niet 'zelfstandig' kunnen reageren op marktomstandigheden door exploitanten van bijproducten kan dus bijdragen aan onderbreking van leveringszekerheid op middellange en lange termijn.

Gegevens over deze companionality die relevant zijn voor deze studie zijn beschreven in paragraaf 2.2.3.

### 3.3.3 Geopolitiek: Concentratie van materialen (HHI) in bronlanden

Vele auteurs wijzen op de invloed van veranderende machtsverhoudingen in de wereld en de risico's die dat met zich meebrengt in combinatie met het feit dat de winning van minerale grondstoffen in slechts een beperkt aantal bronlanden plaatsvindt. Uit de gegevens van de US GS Mineral Commodity Summaries en Yearbooks blijkt dat op goud, zilver, telluur, koper en nikkel na, alle hier bekeken grondstoffen voor meer dan 50% uit slechts 3 bronlanden afkomstig zijn. China is overduidelijk een dominante speler. Andere zeer dominante spelers (> 80% van de wereldproductie) zijn Brazilië (voor niobium, Nb) en de V.S. (voor beryllium, Be).

Monopolyvorming leidt zonder twijfel tot een verhoging van risico's m.b.t. de leveringszekerheid van grondstoffen. Monopolies leiden tot hogere marktmacht, en de mogelijke effecten daarvan op prijsstelling. Ook leiden monopolies tot portfolio-risico (alle eieren in één mandje). Bepaalde niet perse gecorreleerde risico's (bijvoorbeeld milieurampen) leiden tot een groter leveringsrisico bij grotere regionale concentratie.

De mate van monopolyvorming wordt in de meeste studies uitgedrukt in de zogenaamde **Herfindahl-Hirschman Index (HHI)**, die is opgebouwd uit de optelsom van de kwadraten van de concentratie van winning per bronland. Dit is een gangbare maat voor concentraties in een bedrijfstak (in dit geval bronlanden). De HHI is de som van de kwadraten van de productiepercentages. De maximale waarde is derhalve 10.000 (één land produceert 100% van het totale volume). De EU-studie naar kritieke materialen weegt vervolgens de bijdragen aan deze HHI per land met de **World Governance Index (WGI)**. Hierdoor wordt de bijdrage van onstabiele landen aan deze risicofactor verder toe. In deze studie wordt de (gewogen) WGI per grondstof separaat meegenomen als indicator (zie volgende paragraaf). De concentratie van productie in bronlanden wordt vooralsnog meegenomen als relevante indicator voor leveringsonzekerheid op de korte termijn: dit wordt de  $HHI_{prod}$  genoemd.

Een zelfde overweging kan ook worden meegenomen in een risico-analyse voor de lange termijn: voor het bepalen van de concentratie en dus de HHI is dan niet de huidige productie leidend, maar de inschatting van de geografische verdeling van de economisch winbare reserves (zoals die

---

<sup>22</sup> N. T. Nassar, T. E. Graedel, E. M. Harper, By-product metals are technologically essential but have problematic supply, *Sci. Adv.* 2015;1:e1400180, 3 April 2015.

gerapporteerd worden in de US GS Mineral Commodity Summaries; de data gerapporteerd in 2015 worden hier meegenomen): dit wordt in het vervolg de  $HHI_{res}$  genoemd.

Een beeld van de  $HHI_{prod}$  en de  $HHI_{res}$  van die grondstoffen die in hoge mate slechts in een aantal landen gewonnen worden of bewezen reserves hebben ( $HHI > 2500$ ) is gegeven in Figuur 13. Een waarde boven de 2500 wordt (althans door de US Federal Trade Commission<sup>23</sup>) gezien als hooggeconcentreerd.

#### Kritikaliteit in de EC-rapportage

De bestaande studies omtrent 'kritikaliteit' leggen een grote nadruk op leveringsrisico's die samenhangen met een grote productieconcentratie in slechts een beperkt aantal bronlanden of bij een beperkt aantal mijnbouwbedrijven. Zo definieert de rapportage van de EU ad-hoc commissie inzake kritieke grondstoffen een **toeleveringsrisico** als een gevolg van een combinatie van factoren, namelijk:

- de concentratie in het bronland (gekwantificeerd door de Herfindahl-Hirschmann Index  $HHI^1$ ), potentieel verzaamd door de regeringsstructuur of stabiliteit van dat land (bijv. door gebruik te maken van de World Governance Indicator van de Wereldbank);
- een gebrek aan substituten;
- lage recyclingpercentages.

Het totale leveringsrisico wordt dan berekend als

$$SR_i = \sigma_i(1 - \rho)HHI_{WGI}$$

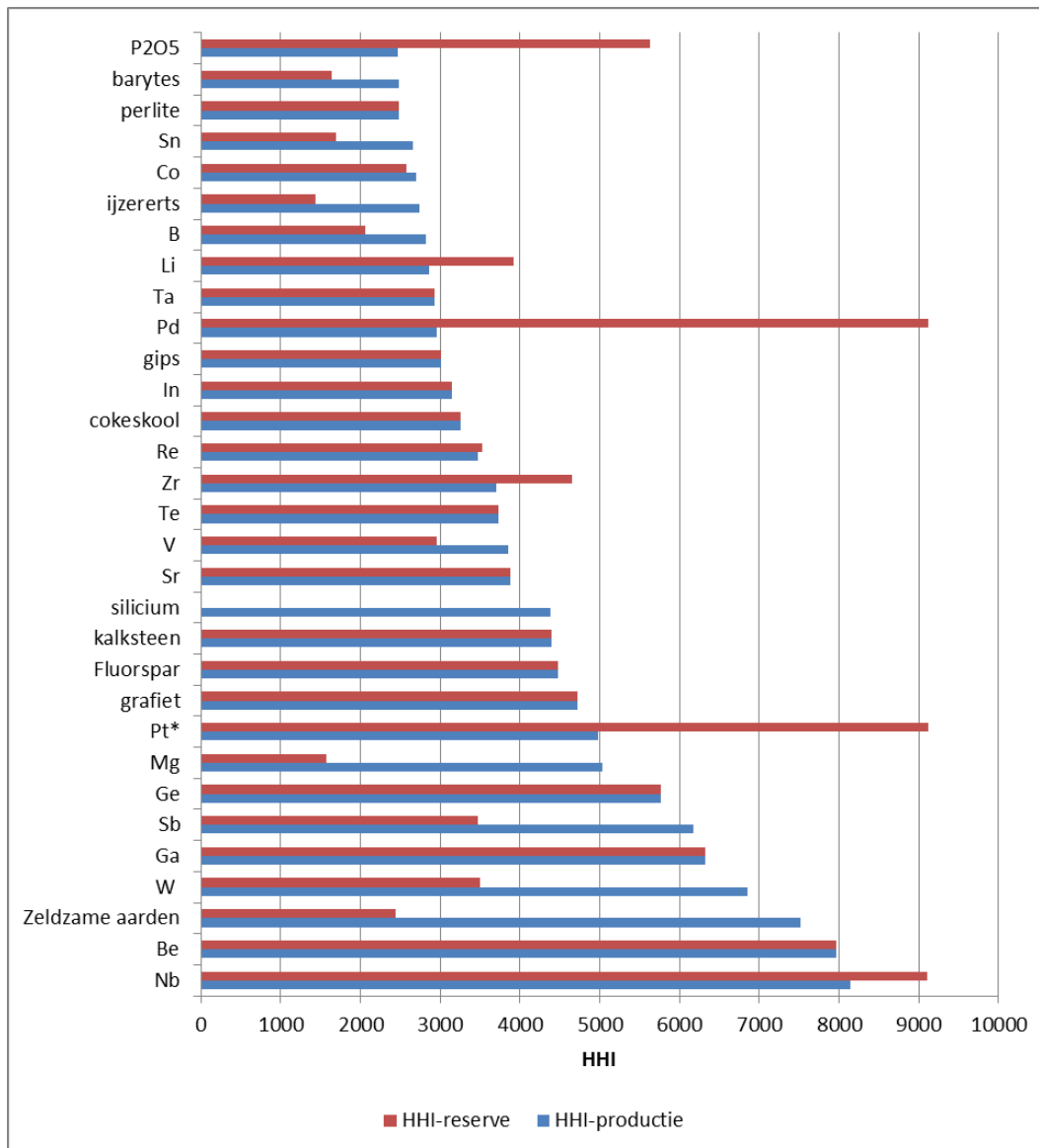
waarbij  $\sigma_i$  staat voor het gebrek aan mogelijkheden om de grondstof te kunnen vervangen,  $\rho$  het aandeel is van de vraag waarin thans door recycling wordt voldaan, en  $HHI_{WGI}$  tegelijkertijd de productieconcentratie op landsniveau en het bestuur in die landen kenmerkt (door de concentratiefactor HHI te vermenigvuldigen met de gewogen World Governance Indicator).

Voor slechts 18 van de hier bekeken 64 materialen is de  $HHI_{prod}$  of de  $HHI_{res}$  niet groter dan 2500; alle andere materialen zijn dus als hooggeconcentreerd te beschouwen.

Voor een aantal materialen blijkt de inschatting van de landenconcentratie van de winbare reserves aanzienlijk lager is dan van de huidige productie. Dit geldt bij uitstek voor de magnesium, de groep zeldzame aarden, wolfram, ijzererts, antimoon en tin, alle materialen met momenteel in de productie een dominante rol voor China.

Er is ook een aantal materialen waarbij de geografische concentratie van reserves aanzienlijk hoger is dan de huidige concentratie van productie. Dit geldt vooral voor de platinagroep-metalen (Zuid-Afrika bezit vrijwel alle reserves), fosfaat ( $P_2O_5$ ; aanzienlijk concentratie in Marokko en de Westelijke Sahara), lithium (hoge reserveconcentratie in Chili en China) en zirkoon.

<sup>23</sup> [www.justice.gov/atr/public/guidelines/hmg-2010.pdf](http://www.justice.gov/atr/public/guidelines/hmg-2010.pdf).



Figuur 13 Grondstoffen met een HHI groter dan 2500

### 3.3.4 Geopolitiek: de stabiliteit en de kwaliteit van het bestuur van bronlanden weergegeven door WGI

Een gewogen manier om naar de mogelijke nadelige invloed van een hoge bronland-concentratie te kijken is door deze te relateren aan indicatoren die opgesteld zijn om stabiliteit en betrouwbaarheid van degelijke landen als handelspartners in te schatten. De eventueel nadelige invloed van een hoge grondstofconcentratie zou dan groter zijn indien het bestuur in het bronland minder betrouwbaar is. Een veel gebruikte indicator hiervoor is de World Governance Indicator (WGI, aanwijzing voor de vorm van bestuur in een land) (gebaseerd op gegevens van de Wereldbank) van het bronland. De World Governance Indicator is gebaseerd op indicatoren voor 215 economieën tussen 1996 en 2012<sup>24</sup>, waarbij zes bestuursdimensies worden gemeten:

<sup>24</sup> Van <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#home>: "Deze gezamenlijke indicatoren zijn gevormd door de visies van een groot aantal ondernemingen, burgers en deskundigen als respondenten in onderzoeken in zowel geïndustrialiseerde landen als ontwikkelingslanden te combineren. Zij zijn gebaseerd op

- Verantwoording en meetbaarheid;
- Politieke stabiliteit en afwezigheid van geweld;
- Overheidsefficiëntie;
- Regelgevingskwaliteit;
- Rechtsstatelijkheid;
- Corruptiebestrijding.

In deze studie zal de gewogen WGI per grondstof worden berekend op basis van de WGI-score van een bepaald land en het aandeel van de grondstofproductie van dat land. gebruikt. Hierbij zal de WGI alleen worden meegenomen in de korte (en middellange-) kwetsbaarheidsanalyse, om recht te doen aan het feit dat lokale governance over een periode van minstens tien jaar aanzienlijk kan veranderen.

Als illustratie voor de betekenis van de WGI staan in onderstaande tabel de 10 bronlanden met de hoogste (ofwel: meest stabiele) WGI-score en de bronlanden met de 10 laagste (<0) scores (NB: bij het gebruik als indicator wordt de WGI-score omgewerkt in een score waarbij de slechtst presterende landen de hoogste score krijgen).

**Tabel 5 Hoogste en laagste WGI-scores**

10 hoogste WGI-scores onder de grondstofleveranciers	10 laagste WGI-scores onder de grondstofleveranciers
Denemarken	Birma
Finland	Zimbabwe
Zweden	Irak
Noorwegen	Oezbekistan
Australië	Venezuela
Canada	Burundi
Oostenrijk	Guinea
IJsland	Iran
Ierland	Pakistan
Duitsland	Syrië

Een belangrijk land als China heeft een score van -0,59, en komt daarmee op een 21<sup>e</sup> plaats, op gelijke hoogte met Kazachstan.

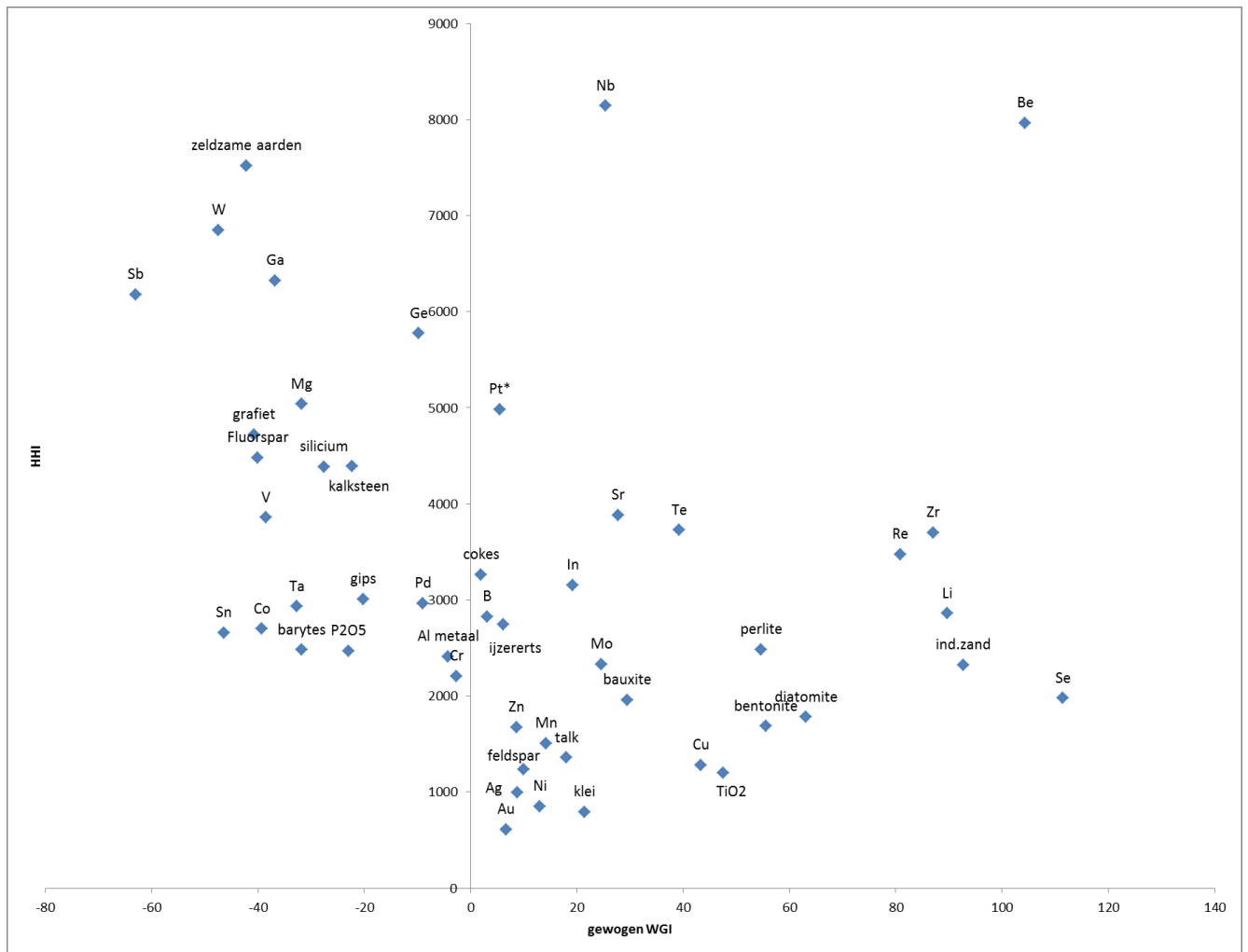
In Figuur 14 is het gewogen gemiddelde WGI per grondstof uitgezet tegen de  $HHI_{prod}$  voor de betrokken grondstof<sup>25</sup>. Het moge duidelijk zijn dat een combinatie van een hoge  $HHI_{prod}$  met een lage (<0) gewogen WGI bijdraagt aan het leveringsrisico.

---

31 afzonderlijke gegevensbronnen die zijn samengesteld door uiteenlopende onderzoeksinstituten, denktanks, niet-gouvernementele organisaties, internationale organisaties en het bedrijfsleven”.

<sup>25</sup> Een meer op de mijnbouwinvesteringen gerichte index is de Policy Potential Index (PPI) die jaarlijks wordt opgesteld door het Fraser Instituut op basis van honderden door mijnbouwinvesteerders ingevulde enquêtes.





Figuur 14 Gewogen WGI vs.  $HHI_{prod}$ ; kwadrant linksboven is: hoge concentratie in landen met lage (=slechte) WGI

De 5 materialen met de hoogste landen-concentratie en een lage ( $<0$ ) gewogen WGI zijn de zeldzame aardmetalen (als groep), wolfrام (W), antimoon (Sb), gallium (Ga) en germanium (Ge). Overige metalen met een lage gewogen WGI zijn tin (Sn), kobalt (Co), vanadium (V), fluorspar, grafiet en tantaal (Ta).

Opvallend is in deze opsomming de positie van tin, tantaal, wolfrام (Engels: tungsten). Deze grondstoffen zijn –naast goud (Au) dat een zeer lage landenconcentratie kent- onderdeel van de zogenaamde TTTG-groep en staan bekend als de conflictmineralen, waarvoor Amerikaanse regelgeving m.b.t. transparantie van de leveringsketen al bestaat en waarvoor EU-regelgeving overwogen wordt.

### 3.3.5 Geopolitiek: Bestaande exportrestricties (OECD-gegevens)

Een interessante indicator voor het gebruik van een dominante positie is de mate waarin **exportrestricties worden ingezet door een bronland**. De gegevens die door de OECD worden

---

De vragen richten zich op aspecten als onzekerheid in wet- en regelgeving, tariefstelling etc. Alhoewel potentieel een zeer relevante parameter die bovendien sterker is geënt op de mijnbouwsector zal de PPI niet als weegfactor in de huidige studie worden meegenomen: van de 88 landen die een zekere rol spelen in de grondstofvoorziening van de hier bekeken grondstoffen, is de PPI van slechts 42 bekend. Er is dus een onvoldoende dekkingsgraad om meegenomen te kunnen worden als indicator voor leveringszekerheid.

bijgehouden beslaan 72 landen (waarbij de EU als één regio wordt beschouwd) voor de periode 2009-2012 en 80% van de wereldproductie van mineralen, metalen en hout. De maatregelen beslaan exportverboden en – restricties, exportbelastingen, vergunningseisen en verplichtingen in relatie tot de lokale markt. Er is een stevige dynamiek en groei in dergelijke maatregelen: 75% van alle maatregelen die van kracht waren in 2012 werden geïntroduceerd vanaf 2007.

Uit het werk van de OESO omtrent exportrestricties van grondstoffen<sup>26</sup> blijkt dat voor een groot aantal materialen China dergelijke maatregelen inderdaad neemt.

**Tabel 6 Overzicht maatregelen gerapporteerd door OESO (jaar: 2011) in bronlanden**

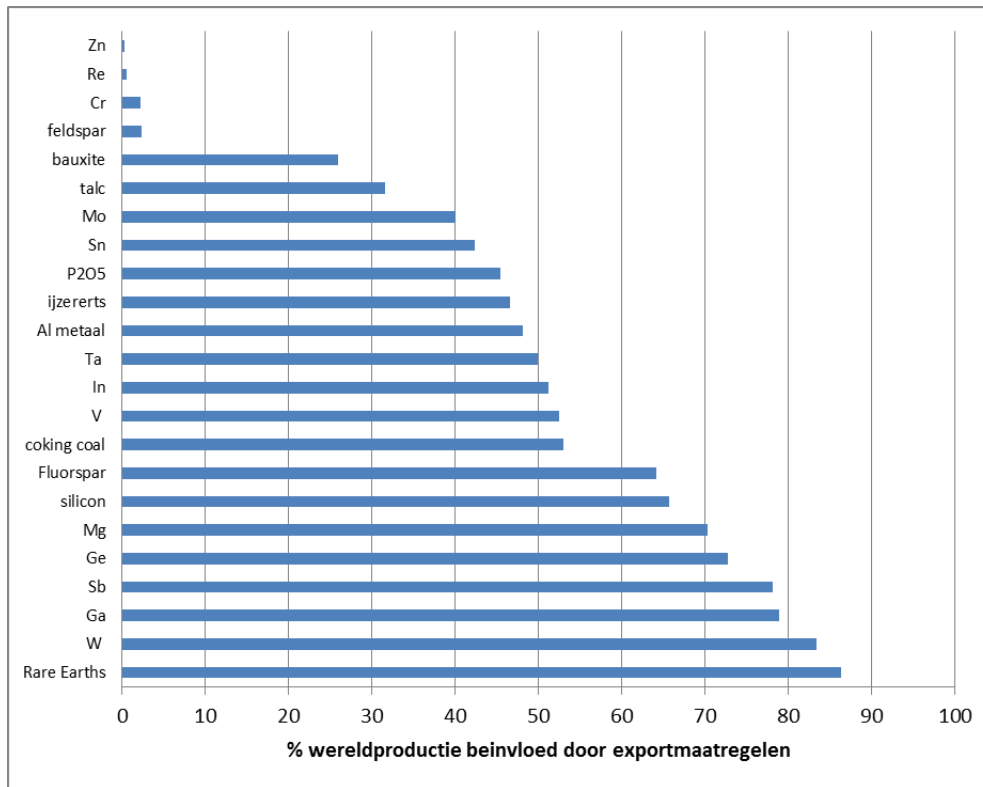
	Exportquota	Exporthellingen	Licensing requirement
<b>Au</b>	-	China (ore)	Rusland
<b>Ag</b>	China (5522t) (temp)	China (ore)(temp)	-
<b>feldspar</b>	-	-	Maleisië
<b>barytes</b>	-	China (10%)(temp) India (20%; naar buren)	-
<b>wolfram</b>	China (17,3 kton)	Bolivia China (5%)	China
<b>germanium</b>		China (5%)	China
<b>molybdeen</b>	China (4000t)	China (5%)	China
<b>fluorspar</b>	China (550 kton)	China (15%)	-
<b>magnesium</b>	China (1230 kton)	China (5%)	China
<b>zirkoon</b>	-	China (10%)	-
<b>Niobium</b>	-	China (30%)	Rusland,
<b>Vanadium</b>	-	China (30%)	Rusland, Zuid-Afrika,
<b>tantaal</b>	-	China (30%)	Rwanda
<b>antimoon</b>	-	China (10-20%), Bolivia	China, Rusland, Tadzjikistan
<b>RE metalen, yttrium, scandium</b>	China (31 kton)	China (25%) India (20%)	China
<b>Cerium-verbindingen</b>	China	China (15%)	China

Dat betekent dat voor de 22 grondstoffen waar het Chinese aandeel in de wereldproductie meer dan 30% is, 9 grondstoffen onderworpen zijn aan exportmaatregelen, waaronder die materialen waarvoor de Chinese dominantie het grootst is: zeldzame aardmetalen, antimoon, wolfram, magnesium en germanium.

Naast China zijn slechts exportmaatregelen bekend van Bolivia, Rusland, Zuid-Afrika, Maleisië en Tadzjikistan. Exportquota zijn echter alleen bekend uit China.

<sup>26</sup> Zie: <http://www.oecd.org/tad/benefitlib/export-restrictions-raw-materials.htm>.

Een hieraan te ontlelen indicator die zal worden gebruikt voor de bepaling van de kritikaliteit bestaat uit het aandeel grondstoffen in de wereldproductie dat in de afgelopen 5 jaar is getroffen door een exportverbod of exportrestrictie. De gegevens hiervoor zijn terug te vinden in Figuur 15.



Figuur 15 Aandeel wereldhandel beïnvloed door exportrestricties

### 3.3.6 End-of-life recycling rate

De huidige studie is gericht op de problematiek die verbonden is aan de levering van grondstoffen. Via het importeren van materialen en goederen ontstaat in onze samenleving als vanzelf een zogenaamde 'urban mine', een voorraad grondstoffen opgeslagen in onze infrastructuur, kapitaalsinvesteringen of consumpties. Recycling zal in de komende decennia in toenemende mate een belangrijke bron van materialen vormen en er voor zorg moeten dragen dat de eventuele uitputting van bronnen in trager tempo gaat<sup>27</sup>.

<sup>27</sup> Het is hier wel belangrijk op te merken dat de rol van recycling hier belangrijk is vanwege het grote aandeel metalen in de onderzochte lijst. Metalen behouden a.g.v. goede procestechnologie in veel gevallen hun kwaliteit. Voor biotische materialen ligt deze situatie complexer en zal in voorkomende gevallen recycling leiden tot een achteruitgang in kwaliteit en dus waarde. Het gerecyclede materiaal is in dat geval geen substituuat voor 'virgin' materiaal.

Indien deze materialen via recycling-processen ter beschikking komen, kan dat onze afhankelijkheid t.o.v. bronlanden verminderen mits die recycling en de eventuele verwerking van deze gerecyclede materialen maar hier plaatsvindt. Nu zijn precieze gegevens omtrent aard en vooral plaats van recycling zeer ondoorzichtig. Een overzicht van de zogenaamde end-of-life recycling rates (EOL-RR; de mate waarin recycling plaatsvindt aan het einde van de levensduur van gebruikte goederen) –

#### Uitdagingen bij recycling

Recycling is momenteel voornamelijk commercieel gedreven en beperkt zich dus tot materialen die voldoende opleveren tijdens recycling, hetgeen in veel gevallen betekent dat ze zowel in voldoende hoeveelheden als in voldoende hoge concentratie aanwezig dienen te zijn in de aangeleverde afvalstromen. Veel elementen in moderne elektronica komen slechts in beperkte hoeveelheden en/of in een complexe matrix met vele andere materialen voor. Als gevolg daarvan wordt slechts een gering deel van de materialen in complexe apparatuur gerecycled. Dit geldt minder voor materialen in tal van staalsoorten en andere legeringen, en voor het zogenaamde productieafval. Deze beide typen afval komen in acceptabele concentraties bij verwerkers waardoor een recycler in staat is een proces commercieel verantwoord te draaien. De complexe metallurgie van materialen maakt het overigens niet noodzakelijk alle metalen in pure vorm ter recycling aan te bieden; daar waar metalen in ertsen van elkaar gescheiden kunnen worden (zie paragraaf 2.2.3 waar companionality wordt behandeld) is in het algemeen ook een recycling-proces voorhanden dat dergelijke materialen kan scheiden.

gebaseerd op de gegevens in het UNEP-rapport “Recycling Rates of Metals”<sup>28</sup> is gegeven in Tabel 7. In deze tabel staat EOL-RR voor het percentage van de bewuste materialen die in de end-of-life fase worden gerecycled. RC staat voor Recycled Content en staat voor het percentage waaruit op de markt gebracht materiaal uit gerecycled materiaal bestaat. De tabel is gesorteerd naar afnemende hoeveelheid end-of-life-recycling.

**Tabel 7** Overzicht recycling-graad

	<b>EOL-RR (%)</b>	<b>RC (%)</b>		<b>EOL-RR (%)</b>	<b>RC (%)</b>
<b>Cr</b>	90	19	<b>W</b>	46	40
<b>Sn</b>	75	22	<b>Al</b>	43	35
<b>Fe</b>	70	40	<b>Zn</b>	40	23
<b>Pt<sup>29</sup></b>	70	20	<b>Mg</b>	39	33
<b>Ag</b>	65	30	<b>In</b>	0	38
<b>Pd<sup>21</sup></b>	65	21	<b>Co</b>	32	68
<b>Ni</b>	60	35	<b>Mo</b>	30	33
<b>Rh</b>	55	40	<b>Ir</b>	25	17
<b>Mn</b>	53	37	<b>Sb</b>	20	5
<b>Nb</b>	53	22	<b>Ta</b>	5	20
<b>Au</b>	50	30	<b>Re</b>	17	60
<b>Cu</b>	50	30	<b>Ru</b>	10	55

<sup>28</sup> UNEP-rapport Recycling Rates of Metals, editor: International Resource Panel; lead author: M. Reuter, 2011.

<sup>29</sup> Voor platina en voor palladium zijn de gedetailleerde gegevens omtrent recycling genomen afkomstig uit de 2015-status-rapporten van ThomsonReuter. Recycling van deze materialen komt bijna volledig van het recyclen van auto-uitlaatgas-katalysatoren.

Op basis van deze gegevens zou ingeschat kunnen worden hoeveel materialen in principe beschikbaar zouden zijn op basis van geïmporteerde goederen.

De gegevens kunnen ook ingezet worden om een gedetailleerder beeld te geven van het aantal 'bronlanden' dat geraffineerde materialen op de markt brengt. 'Bronlanden' zijn in dit geval landen waar de recycling zelf plaatsvindt. De gegevens voor een dergelijk gedetailleerd overzicht ontbreken echter. Het grote aantal bedrijven dat metaalrecycling in Europa bedrijft (van talloze schrootverwerkers tot uiterst gespecialiseerde bedrijven als Umicore waar via metallurgische procestechologie materialen als de platinagroep-metalen, koper, zilver, goud, antimoon, telluur, seleen, indium, nikkel, tin, germanium, zink en kobalt worden gerecycled uit productie-afval en elektronica) doet vermoeden dat de levering van verschillende van deze materialen uit secundaire bronnen binnen Europa verkregen kan worden, hetgeen de wereldwijde leveringssituatie in een gunstiger daglicht plaatst. De situatie voor platina en palladium (bron: 2015-status-rapporten van ThomsonReuter) is illustratief. Waar de gewogen WGI voor platina en palladium als grondstof respectievelijk 5,5 en 13 is, verbetert de gewogen WGI tot respectievelijk 25 en 35 indien rekening wordt gehouden met de aanvoer van gerecyclede materialen. Het is met name dit argument waarop in deze studie is besloten de EOL-RR direct mee te nemen als factor die de kritikaliteit van grondstoffen vermindert.

### 3.4 Invloed op bedrijfsresultaat: prijsvolatiliteit van grondstoffen/materialen

Stijgende en variërende grondstofkosten hebben een invloed op het bedrijfsresultaat en –zeker bij een niet-gelijk speelveld- op het concurrerend vermogen. Zorgen over bedrijfsresultaat zijn daarom van belang op zowel bedrijfs- als op nationaal niveau.

Het is een gegeven dat de prijsvolatiliteit van minerale grondstoffen groot is en sinds de eeuwwisseling is toegenomen. Prijsvolatiliteit kan verschillende oorzaken hebben. Zo kan de oorzaak

liggen in een onbalans tussen aanbod en (voor sommige applicaties snel) toenemende vraag, in export beperkende maatregelen en in speculaties op de grondstoffenmarkt.

De gevolgen aan de aanbodzijde zijn onder andere onzekerheid m.b.t. het rendement van mijnbouwinvesteringen, hetgeen weer leidt tot krapte op de langere termijn. In die zin zou prijsvolatiliteit een indicator kunnen zijn voor een risico op leveringsonzekerheid zowel op de korte als op de lange termijn. Hetzelfde geldt voor het fenomeen 'supply shocks' (de momenten waarop een plotselinge productie-afname leidden tot een onmiddellijk prijsverhoging).

Aan de vraagzijde kan prijsvolatiliteit voor problemen zorgen indien prijzen niet kunnen worden doorberekend aan afnemers, en er geen 'level playing field' zou bestaan voor producenten in verschillende

General Electric heeft prijsvolatiliteit (naast verscheidene andere indicatoren) expliciet meegenomen om de leveringsonzekerheid en de invloed op het bedrijf te onderzoeken. Prijsvolatiliteit wordt daarbij gezien als indicator voor levertingszekerheid maar ook resultaatonzekerheid.

De invloed op de bedrijfsvoering van GE wordt groot geacht tenzij een prijsstijging kan worden doorberekend aan klanten. Een historische prijsvolatiliteit (over een periode van maximaal 5 jaar) hoger dan 500% wordt als riskant beschouwd, terwijl een volatiliteit lager dan 50% in deze beschouwing weinig aan risico bijdraagt.

landen. De invloed daarvan hangt sterk af van bijdrage van de kosten van deze grondstof aan de kosten van het eindproduct.

Voor het bepalen van effecten op het bedrijfsresultaat is het voldoende om de prijsvolatiliteit per grondstof te kennen en een inschatting van de hoeveelheid toegepaste grondstof. Deze laatste inschatting wordt verkregen op basis van de in bijlage 1 uitgelegde methodiek. De prijsvolatiliteit kan op verschillende wijze worden weergegeven. In een voorgaand rapport<sup>30</sup> introduceerden wij de **MAPII, de Maximum Annual Price Increase Index**, een maat voor de maximale relatieve prijsstijging die zich in de afgelopen 20 jaar voordeed. De MAPII representeert de hoogste prijsstijging per jaar in die periode, gedeeld door de grondstoffenprijs aan het begin van het jaar met de hoogste prijsstijging. Een MAPII van 1,0 betekent dus dat in een bepaald jaar in deze periode de prijs 100% gestegen, ofwel verdubbeld is. M.b.v. de MAPII kan de invloed van prijsvolatiliteit op een product of productgroep worden bepaald, volgens:

$$\sum_{x=n}^m ((MAPII_x \cdot P2011_x) \times TS_x) \times \frac{W(import)}{V(import)}$$

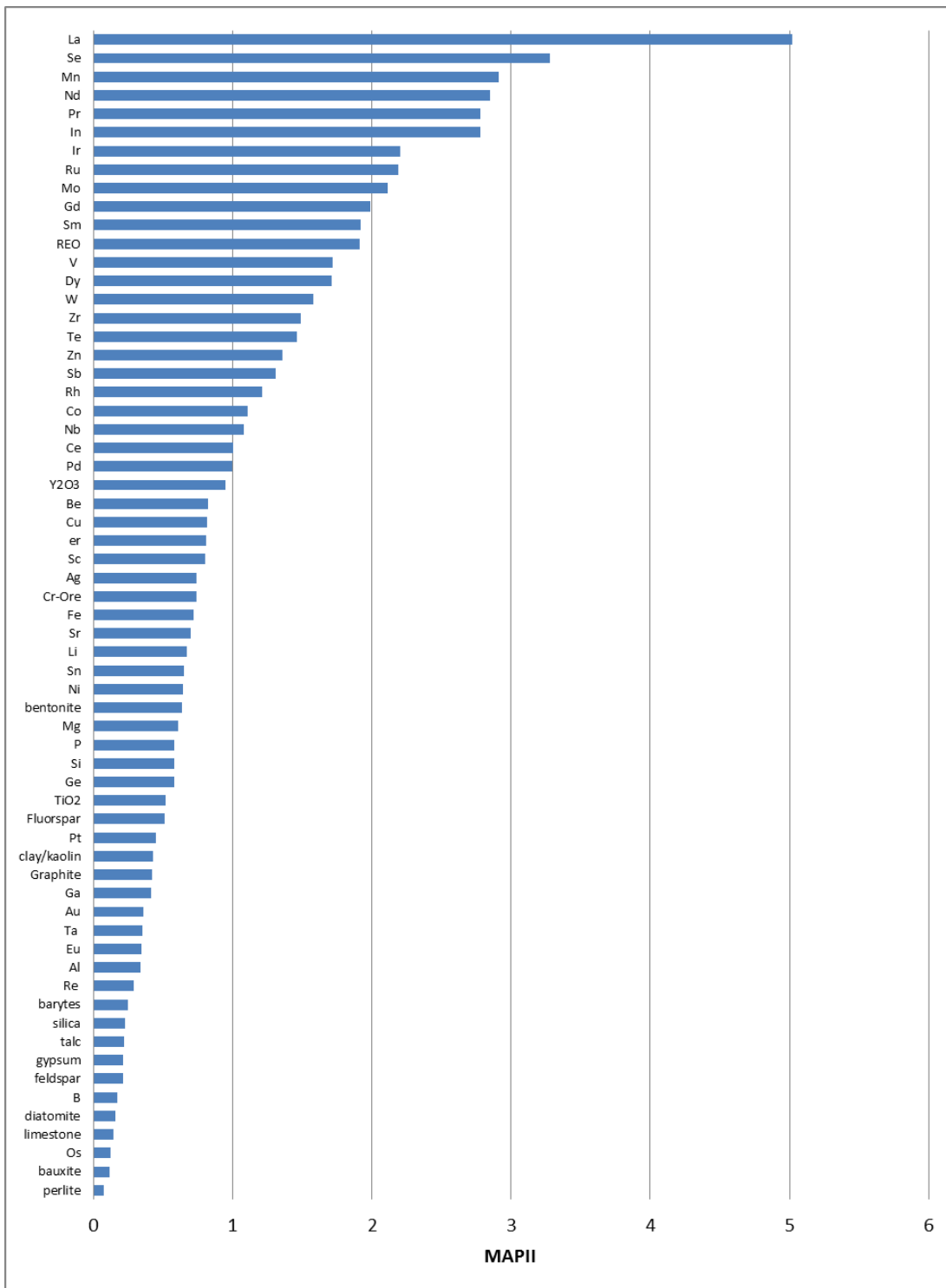
In deze formule is  $MAPII_x$  de procentuele maximale jaarlijkse prijsstijging van een grondstof (bepaald over de periode 1990-2011), is  $P2011_x$  het prijsniveau in 2011 van die grondstof, de  $TS_x$  het kenmerkende aandeel van een grondstof in een bepaalde productgroep,  $W(import)$  het gewicht van de ingevoerde hoeveelheid van alle producten binnen een productgroep en  $V(import)$  de waarde van de invoer van alle producten binnen die productgroep. De prijsontwikkelingen zijn gebaseerd op de fragmentarische gegevens die de USGS Mineral Commodity Summaries bieden. Bij de daar gerapporteerde prijsontwikkelingen worden niet alleen verschillende bronnen gebruikt, maar wordt de prijs ook gebaseerd op verschillende kwaliteiten product. Binnen deze beperkingen echter is een goed beeld te genereren van de mate waarin prijzen van jaar tot jaar in een worst-case-scenario kunnen fluctueren.

De impact van dergelijke prijsstijgingen zijn van de situatie, van de sector en van de plek van het bedrijf in de waardeketen afhankelijk. Zo is de impact groter naarmate het aandeel in het totale productenpakket groter is, en naarmate een eventuele prijsstijging niet doorberekend kan worden aan afnemers.

Een overzicht van de MAPII van de hier bekeken grondstoffen is gegeven in Figuur 16.

---

<sup>30</sup> MIDNE1.



Figuur 16 MAPII van de geselecteerde grondstoffen

### 3.5 Invloed op bedrijfsreputatie

In hoofdstuk 1 is stilgestaan bij het feit dat bepaalde aspecten van grondstofwinning (bijvoorbeeld op het gebied van impact op het milieu of op lokale arbeidsomstandigheden) een negatieve invloed op de bedrijfsreputatie kunnen hebben. Dergelijke externe effecten van grondstoffen kunnen ook richtingbepalend zijn voor het te voeren internationale beleid van de nationale overheid.

Hieronder bespreken we verschillende aspecten die de reputatie van bedrijven zouden kunnen beïnvloeden.

#### 3.5.1 Milieu-impact van grondstofwinning

Bewustwording over de milieu-impact van winning en raffinage van grondstoffen kan belangrijk zijn, om –bijvoorbeeld- voorbereid te zijn op kritische commentaren daaromtrent, en om eventueel alternatieven te zoeken met geringere milieu-impact. Aangezien deze studie een koppeling aanbrengt tussen grondstoffen en gebruik in producten (ook al is een individuele ondernemer zich daar niet van bewust) zal dergelijke grondstofinformatie op productniveau getild worden in de self-assessment-tool die voor ondernemers ter beschikking zal komen.<sup>31</sup>

##### 3.5.1.1 Inleiding en methode

Grondstofwinning is een proces, waarin een intensieve inzet van water, energie en chemicaliën

nodig is. Grondstofwinning kan gezien worden als belastend voor de omgeving. In toenemende mate is informatie omtrent de milieu-impact van de grondstoffen een belangrijk gegeven voor ondernemers die zich rekenschap willen en moeten geven van de impact van hun (directe of indirecte) grondstoffenvraag.

Om tot een inzicht te komen in de milieu-impact van de hier behandelde grondstoffen, is de milieu-impact meegenomen van de winning en van de dat deel van de productiefase die nodig is om tot een basisproduct te komen; (emissies tijdens) gebruik, onderhoud, vervanging en afvalscenario's zijn niet meegenomen. Het bepalen van de milieu-impact is dus geen volledige levenscyclusanalyse (LCA), maar de methodes voor dataverzameling en –analyse die voor LCA's gebruikelijk zijn, zijn hier wel gevolgd. Hier betekent dat, dat alle in- en outputs van het volledige winningsproces van een bepaalde grondstof worden opgeteld, onderverdeeld in verschillende milieueffecten, om

#### Gebruikte methodiek om de milieu-impact te bepalen

bijlage 3: Milieu-impacts van materiaalwinning staat in detail beschreven welke methodes en principes gehanteerd zijn voor de berekeningen; in deze paragraaf wordt de verkorte versie weergegeven. Als databronnen zijn de internationaal vooraanstaande LCA-database ecoinvent 3.0 en (wetenschappelijke) LCA-artikelen over materiaalwinning gebruikt. De milieu-impact is bepaald aan de hand van het LCA-programma SimaPro v8.0.6 en de impact assessment methode ReCiPe v1.11 (Goedkoop, et al., 2009). De resultaten zijn bepaald op zowel midpoint- (meetbare milieueffecten zoals CO2 emissies, verzuring, e.d.) als op endpointniveau (schade op een hoger niveau, zoals ecosystemen, gezondheid en resources). Om de resultaten samen te vatten en om verschillende effecten met elkaar te kunnen vergelijken, is weging toegepast. Bij beschouwing van de endpointresultaten zit een overlap met andere indicatoren, omdat "resources" in de endpointberekening zit. Bij de midpointresultaten is er geen sprake van overlap, omdat "resource depletion" vermenigvuldigd wordt met weefactor 0.

<sup>31</sup> Hiervoor wordt in deze studie een LCA-methodiek gebruikt, gebaseerd op ReCiPe midpoints; overige methodes zoals bijvoorbeeld de EPI (Environmental Performance Index) worden in hoofdstuk 5 besproken als onderdeel van een onderzoeksagenda.



uiteindelijk de totale milieubelasting te bepalen. Inputs zijn in dit geval de grondstoffen, maar ook tussenproducten. Outputs zijn emissies naar bodem, water en atmosfeer, en afval.

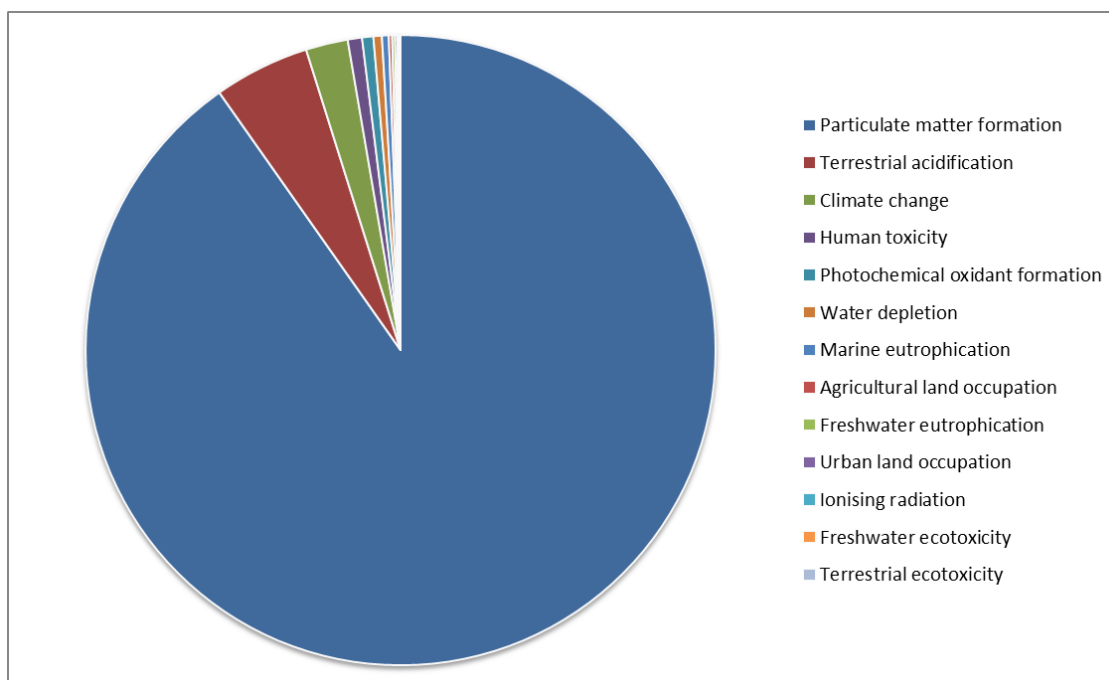
### 3.5.1.2 Resultaten en interpretatie

De resultaten van de milieu-analyses zijn weergegeven in Figuur 18. Gedetailleerde resultaten zijn te vinden in Bijlage 3 Milieu-impacts van materiaalwinning. In de figuur zijn alle milieu-effectcategorieën op midpoint-niveau weergegeven (gewogen door middel van schaduwpreizen).

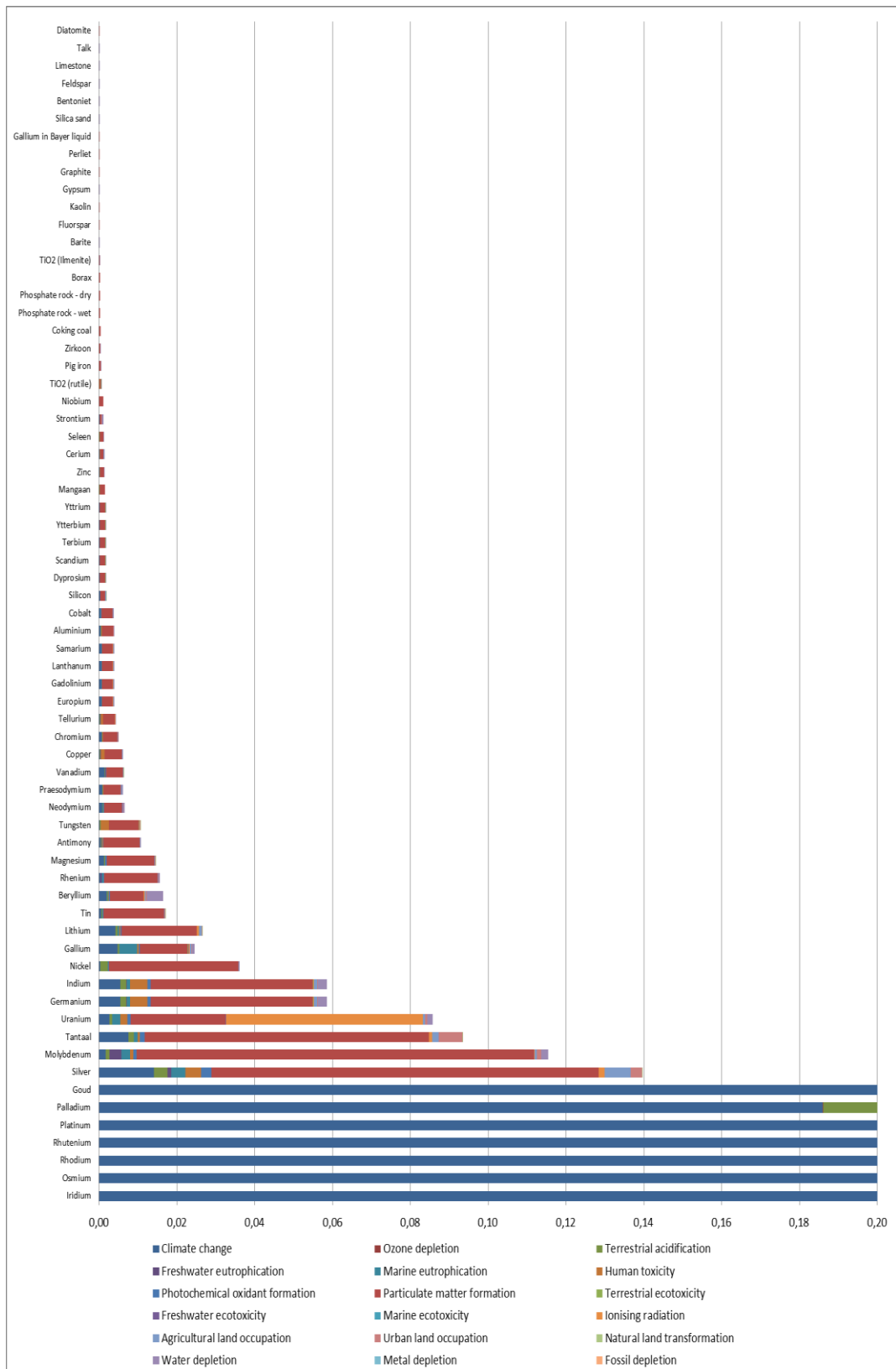
De onzekerheid in de resultaten is groot (foutmarge factor 2). Toch is er een aantal conclusies te trekken:

- Goud en de platinagroepmetalen steken qua milieu-impact (broeikasgaseffect maar vooral ook fijnstofvorming) ver uit boven de overige grondstoffen. Een belangrijke oorzaak voor deze hoge score is de hoge monetaire waarde van deze materialen, die een rol speelt in de verdeling van milieueffecten over verscheidene co-producten;
- De zeldzame aardmetalen hebben daarentegen in alle aspecten een opvallend lage milieu-impact.

Om uitspraken te kunnen doen over verschillen in milieu-impact per win-regio, of voor een zoektocht naar milieuvriendelijkere alternatieven wordt een uitgebreidere LCA-studie aangeraden.



Figuur 17 Opbouw van de milieu-impact van platina (totaal: 33,58 EUR/kg)



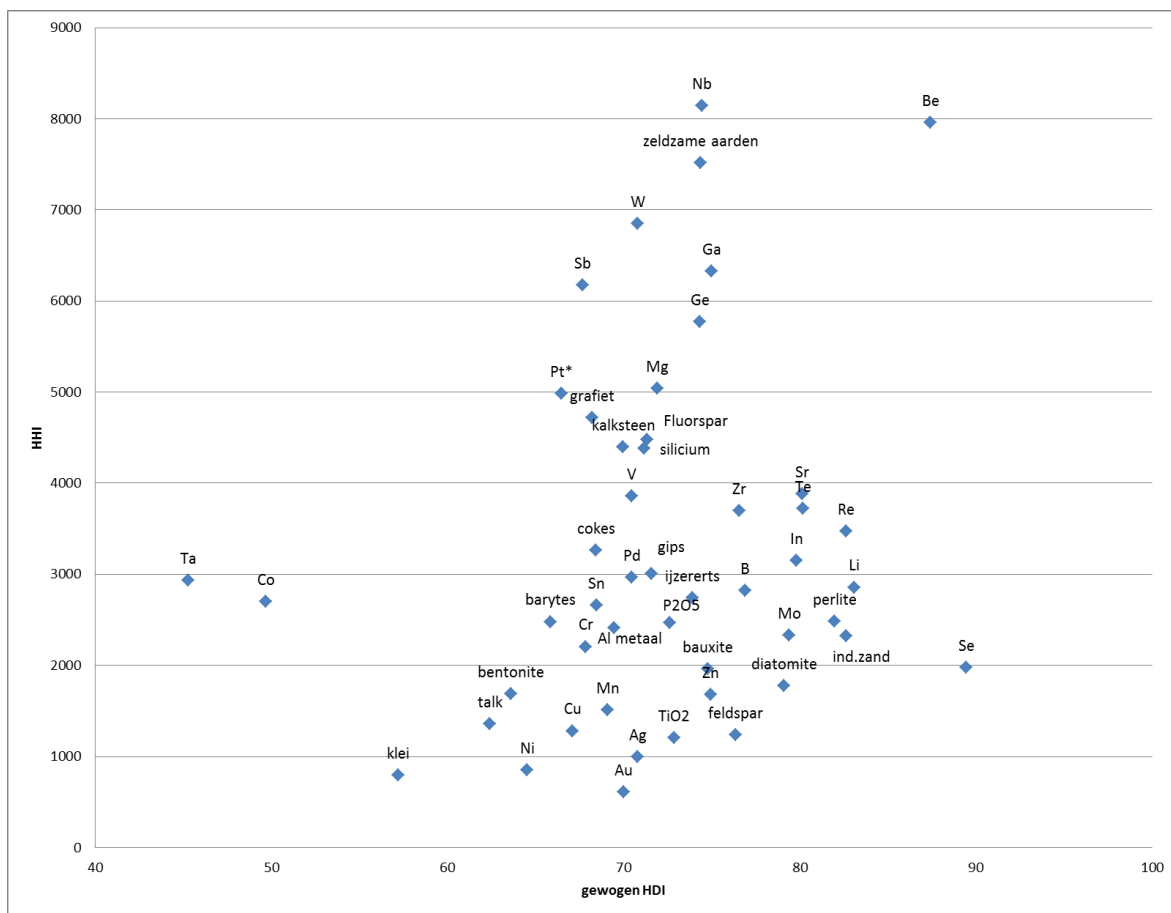
Figuur 18 Milieu-analyse van materiaalwinning aan de hand van midpoint milieueffecten en schaduwrijzen per kg gewonnen grondstof. (De y-as is afgekapt in verband met extreem hoge scores voor goud en de platina-groepmetalen).

### 3.5.2 Prestaties van bronlanden wat betreft menselijke ontwikkeling (Human Development Index HDI)

Eén van de factoren die de relatie geven tussen mogelijke sociale problematiek en grondstoffen is de human development index (HDI) <sup>32</sup>. De HDI is grofweg samengesteld uit: levensverwachting, gemiddeld aantal jaren scholing, verwacht aantal jaren scholing en het bruto nationaal product per capita.

In Figuur 19 wordt de  $HHI_{prod}$  voor de hier gekozen grondstoffen uitgezet tegen de gewogen HDI voor deze materialen. (NB: bij het gebruik van deze indicator bij kritikaliteitsanalyse wordt de HDI herberekend zodat de best presterende landen een lage HDI-waarde krijgen)

De positie van tantaal en kobalt vallen hier op. De belangrijke rol van het Grote Merengebied en de uiterst lage HDI in dat gebied zorgt ervoor dat deze materialen er in negatieve zin uit springen.



Figuur 19  $HHI_{prod}$  versus gewogen HDI

### 3.5.3 Regelgeving omtrent conflictmineralen

Een bijzondere vorm van invloed op de bedrijfsreputatie met repercussies voor de gehele leveringsketen is de discussie omtrent de import van conflictmineralen. De Europese Commissie

<sup>32</sup> "The Human Development Index (HDI) is a summary measure of average achievement in key dimensions of human development: a long and healthy life, being knowledgeable and have a decent standard of living." De HDI wordt opgesteld en gerapporteerd door het UN Development Programme.

heeft ingezet op een systeem die de import van bepaalde mineralen (tin, tantaal, wolfram/tungsten, goud, ofwel TTTG) uit conflictgebieden (“conflict-affected and high-risk areas’ means areas in a state of armed conflict, fragile post-conflict as well as areas witnessing weak or non-existent governance and security, such as failed states, and widespread and systematic violations of international law, including human rights abuses”) door Europese refineries en smelters aan banden moet leggen. Deze regelgeving is analoog aan die door de Amerikaanse overheid onder de Dodd-Frank-act is aangenomen. De Dodd Frank act stelt nu al specifieke eisen aan de traceerbaarheid van tin, tantaal, wolfram en goud, ten behoeve van export van producten die deze materialen bevatten naar de Verenigde Staten. Dat betekent dat informatie over deze 4 materialen niet alleen relevant is voor reputatie maar ook voor de exportsituatie.

De gevolgen van deze regelgeving zijn voor individuele bedrijven duidelijk. Door de koppeling te leggen tussen het gebruik van deze materialen en sectoren kunnen de gevolgen van dit dossier voor de Nederlandse economie zichtbaar gemaakt worden. Dit zal in hoofdstuk 4 nader worden uitgewerkt.

### **3.6 Indicatoren: een globaal overzicht en/of op Nederland gericht**

In bestaande publicaties omtrent kritieke materialen wordt uitgegaan van gegevens uit wereldwijde databases omtrent productie, reserves, en informatie omtrent (bijvoorbeeld) stabiliteit van bronlanden. Dat zijn relevante overzichten want ze geven een globaal beeld van mogelijke risico’s omtrent de globale beschikbaarheid van grondstoffen.

Deze studie schetst een gedetailleerd beeld voor de grondstofsituatie in Nederland. Door een koppeling te maken tussen materialen, producten en vervolgens sectoren, wordt het mogelijk om zowel op het niveau van de import van grondstoffen en 1<sup>e</sup> halffabrikaten (Engels: first intermediates; dit zijn materialen gemaakt uit grondstoffen waarbij de naam van de grondstof in de nomenclatuur voorkomt. Bijvoorbeeld: kopererts is een grondstof, kopersulfaat, of koperdraad zijn first intermediates), als op de import van halffabrikaten en eindproducten (en de daarin vervatte grondstoffen) een beeld te schetsen van de (eerste) landen van herkomst. Zo’n gedetailleerd overzicht kan aanzienlijk verschillen van het globale plaatje. Zo zal het aantal landen waaruit geïmporteerd wordt in het algemeen kleiner zijn dan op wereldschaal mogelijk is (ofwel: een grotere  $HHI_{prod}$  op nationale schaal), maar kan de betrouwbaarheid of de milieu-prestatie van dergelijke landen beter zijn dan het mondiale plaatje. Dit kan leiden tot een op Nederland gerichte risico-analyse die verschilt van een mondiale of op de EU gerichte analyse.

### **3.7 Prioritering van kwetsbaarheden**

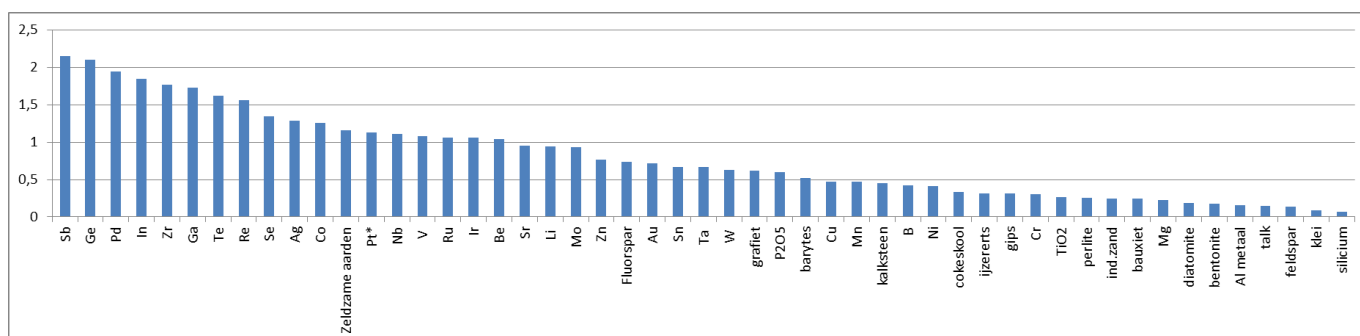
Een volledige analyse van de mate waarin de Nederlandse economie afhankelijk is van de verschillende grondstoffen wordt verricht in het volgende hoofdstuk. In deze paragraaf worden op basis van zowel de indicatoren voor de lange- en korte termijn leveringszekerheid als de indicatoren gerelateerd aan Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (MVO) van ondernemingen (invloed op bedrijfsreputatie) de 64 metalen en mineralen geprioriteerd. In paragraaf 3.4 is eerder al een prioritering op basis van prijsvolatiliteit weergegeven (invloed op bedrijfsresultaat). In de onderstaande tabel wordt een onderscheid gemaakt tussen een set indicatoren gericht op leveringszekerheid voor de lange termijn (meer dan 10 jaar) en de kortere termijn.

Indicator	Schaal	Tijdschaal
Geo-economisch: reserve/productie (R/P)	Hoogste R/P = 0 Laagste R/P = 1	L
Geo-economisch: companionality (Mate waarin grondstof een bijproduct is)	100% companion = 1 0 % companion = 0	L
Geopolitiek: landenconcentratie van reserves van materialen ( $HHI_{res}$ )	HHI 10000 = 1 HHI 0 = 0	L
Geopolitiek: landenconcentratie van winning van materialen ( $HHI_{prod}$ )	HHI 10000 = 1 HHI 0 = 0	K
Geopolitiek: de stabiliteit en de kwaliteit van het bestuur van bronlanden weergegeven door WGI	100% grondstoffen afkomstig uit land met slechtste WGI-score = 1 100% uit beste WGI-land = 0	K
Geopolitiek: bestaande exportrestricties (OECD-gegevens)	100% productie getroffen door restricties = 1 0% getroffen door restricties = 0	K
Impact recycling	0% EOL-RR = 1 100% EOL-RR=0	K

De leveringszekerheid van grondstoffen voor de lange termijn wordt in deze studie als laag beschouwd als de geo-economische reserve laag is OF de landenconcentratie (voor reserves) hoog is OF de grondstoffen in hoge mate uit 'companions' bestaan zodat relatief weinig productiefaciliteit bestaat. In een formule:

$$\text{Criticality}_{LT} = HHI_{res} + 1(R/P) + \%companionality$$

Deze systematiek leidt tot het volgende overzicht van op lange termijn kritieke materialen:



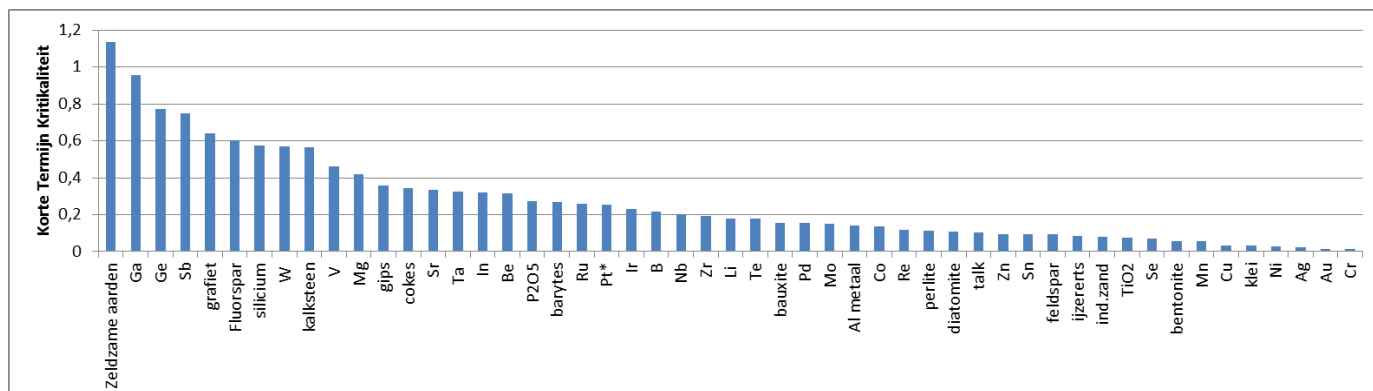
Figuur 20 Lange termijn kritikaliteit van grondstoffen

De bouwmineralen met een hoge en daardoor niet-gedefinieerde reservevoorraad komen nu als minst kritieke materialen naar voren.

De leveringszekerheid van grondstoffen voor de korte termijn wordt in deze studie als laag beschouwd als de bronlandconcentratie hoog is EN deze bronlanden een matige World Governance Index hebben en bereid blijken exportrestricties in te stellen EN er een lage recycling plaatsvindt van end-of-life-producten. In een formule:

$$\text{Criticality}_{\text{KT}} = \text{HHI}_{\text{prod}} * (\text{WGI}_{\text{gewogen}} + \text{OECD-restricties}_{\text{gewogen}}) * (1 - \% \text{EOL-RR})$$

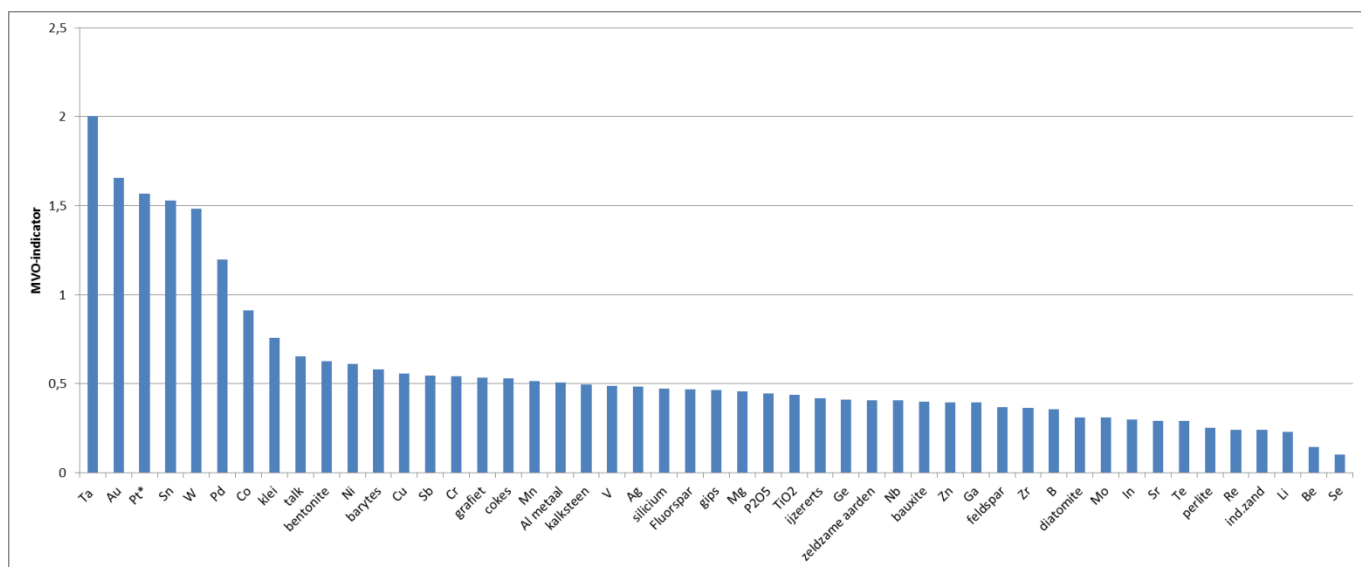
Volgens deze opzet is de volgorde van kritikaliteit binnen de hier onderzochte materialen als volgt:



**Figuur 21** Korte-termijn kritikaliteit van grondstoffen

Materialen die een hoog recycling-percentages wordt toegedicht komen als weinig kritiek tevoorschijn. Materialen zonder recycling en een hoge bronland-concentratie met een actieve politiek rond grondstofnationalisme komen als kritiek naar voren.

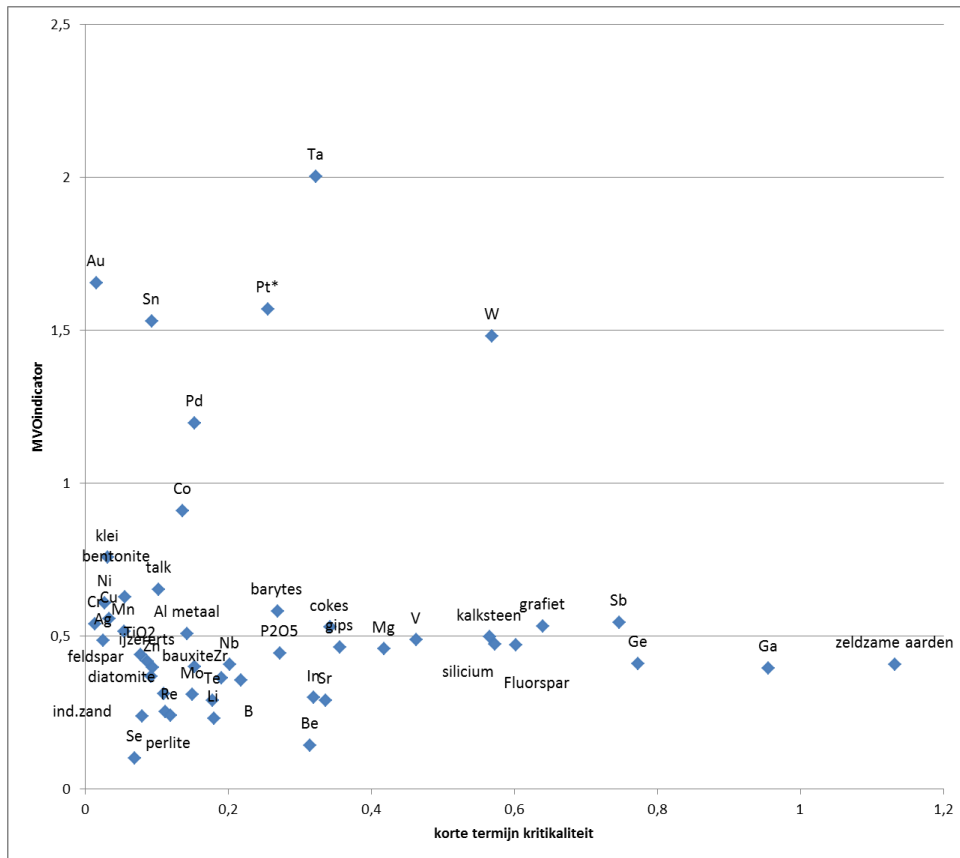
Met de beschikbare gegevens kan ook een samengestelde MVO-indicator worden opgesteld. Op basis van de indicatoren uit Tabel 4 kan een MVO-indicator worden samengesteld uit de genormaliseerde waarden van de gewogen HDI van een grondstof (waarin gecorrigeerd wordt voor 100% productie uit het land met de hoogste HDI: 0,994), de mate waarin een grondstof als conflictmineraal beschouwd wordt (1 of 0) en een genormaliseerde waarde voor de milieu-impact. Het resultaat is gegeven in Figuur 22.



**Figuur 22** Samengestelde MVO-indicator voor onderzochte grondstoffen

Het is met deze berekeningswijze niet verrassend dat de meest ongunstige MVO-indicatoren worden geregistreerd voor tantaal, goud, tin en wolfram (alle vier conflictmineralen), platina en palladium (en daarmee ook de andere PGM-grondstoffen)(met afstand de hoogste milieu-impact) en kobalt (en tantaal), vanwege de meest ongunstige HDI.

In Figuur 23 wordt voor elke grondstof deze MVO-indicator uitgezet tegen de korte-termijn-kritikaliteit.



Figuur 23 Korte-termijn-kritikaliteit vs. MVO-indicator

## 4 Kritieke materialen voor de Nederlandse economie

### 4.1 Economisch belang van grondstoffeninzet

De Nederlandse economie is grotendeels een diensteneconomie. Qua industriële output en export is de economie afhankelijk van o.a. de winning van aardgas en olie, en de productie van landbouwgewassen en voedingsproducten. Waar het het gebruik van abiotische materialen betreft is de Nederlandse high-tech equipment industrie toonaangevend. De vraag is echter in hoeverre deze gebruik maakt van grondstoffen in ruwe of bewerkte zin, en in hoeverre van bewerkte materialen, componenten en sub-assemblies.

Om een beeld te genereren van zowel de directe als indirecte afhankelijkheid van de Nederlandse economie van grondstoffen, moet het verband bekend zijn tussen grondstoffen en de toepassing in in bewerkte materialen, halffabricaten en eindproducten. Vooral de complexe informatie over toepassing in eindproducten is niet beschikbaar.<sup>33</sup> Om toch een verband te kunnen leggen tussen grondstoffen enerzijds en de mate van toepassing in producten, bedrijfstakken en dus de Nederlandse economie, is er een model ontwikkeld dat beschreven is in Bijlage 1.

Op de eerste plaats is inzicht nodig in de toepassing van deze grondstoffen in halffabrikaten en eindproducten. Een individuele toetsing van die toepassing is gezien de enorme complexiteit van handelsstromen en producten niet mogelijk. De methode die als benaderingswijze wordt toegepast in deze studie behelst het toewijzen van grondstoffen aan de meer dan 5000 productgroepen van het geharmoniseerde systeem<sup>34</sup> en vervolgens het koppelen van deze producten en productgroepen aan economische sectoren (de koppelmatrix). Dit laatste is mogelijk omdat officiële

#### De waarde van kwalitatieve en kwantitatieve samenstellingsgegevens

Voor een kwetsbaarheidsanalyse van de Nederlandse economie is in veel gevallen een kwalitatieve inschatting OF een materiaal in een bepaald product gebruikt wordt voldoende. Voorbeeld: als voor actuatoren in auto's (bijvoorbeeld t.b.v. elektrisch ramen) op zeldzame aarde gebaseerde magneten relevant zijn, zijn het gewicht en in dit geval de kosten hiervan niet relevant, maar alleen de beschikbaarheid. Immers: geen magneten betekent geen elektrische ramen, waardoor de concurrentiepositie drastisch wordt ondermijnd. Dit geldt voor veel producten, waar geen eenvoudig substituuat voorhanden is: als buitenlandse partijen wel, maar wij niet over bepaalde halffabricaten kunnen beschikken zullen Nederlandse producten in een slechte concurrentiepositie belanden.

productclassificaties corresponderen met officiële sectorclassificaties.

Bij deze analyse gaat het in de eerste plaats om de kwalitatieve koppeling tussen grondstoffen enerzijds en producten anderzijds. Bij het inschatten van het economisch effect gaan we ervan uit dat de hoeveelheid van een materiaal er niet toe doet, maar dat elk materiaal essentieel is voor de kwaliteit van het opgeleverde product en het daarmee samenhangende concurrentievermogen van het betrokken bedrijf.

<sup>33</sup> Dit is bevestigd in het rapport "Data Needs for a Full Raw Materials Flow Analysis" gepubliceerd door DG Enterprise & Industry op 7 september 2012, uitgevoerd door Risk & Policy Analysis Ltd. (RPA) ingevolge Framework Contract ENTR/2008/006, Lot1.

<sup>34</sup> (mede op basis van productdatabases, Life Cycle Analysis databases, inzicht in wereldwijde statistieken m.b.t. applicaties en globale productiehoeveelheden; gedetailleerde uitleg en literatuurreferenties worden gegeven in bijlage 1)



Op basis van de analyse kan echter ook een grof beeld worden verkregen van het zogenaamde kenmerkend aandeel ('typical share') van een grondstof in een eindproduct. Voor kenmerkende of voor de Nederlandse economie belangrijke producten kunnen deze grondstofaandelen in meer detail worden gegeven op basis van databases als EcoInvent. Deze kwantitatieve inschatting kan worden gebruikt om het gevolg van prijsvolatiliteit op sectoren te onderzoeken of om een inschatting te kunnen geven van de mate waarin Nederland in zijn grondstofbehoefte zou kunnen voorzien door recycling.

## **4.2 Import van minerale grondstoffen in de Nederlandse economie**

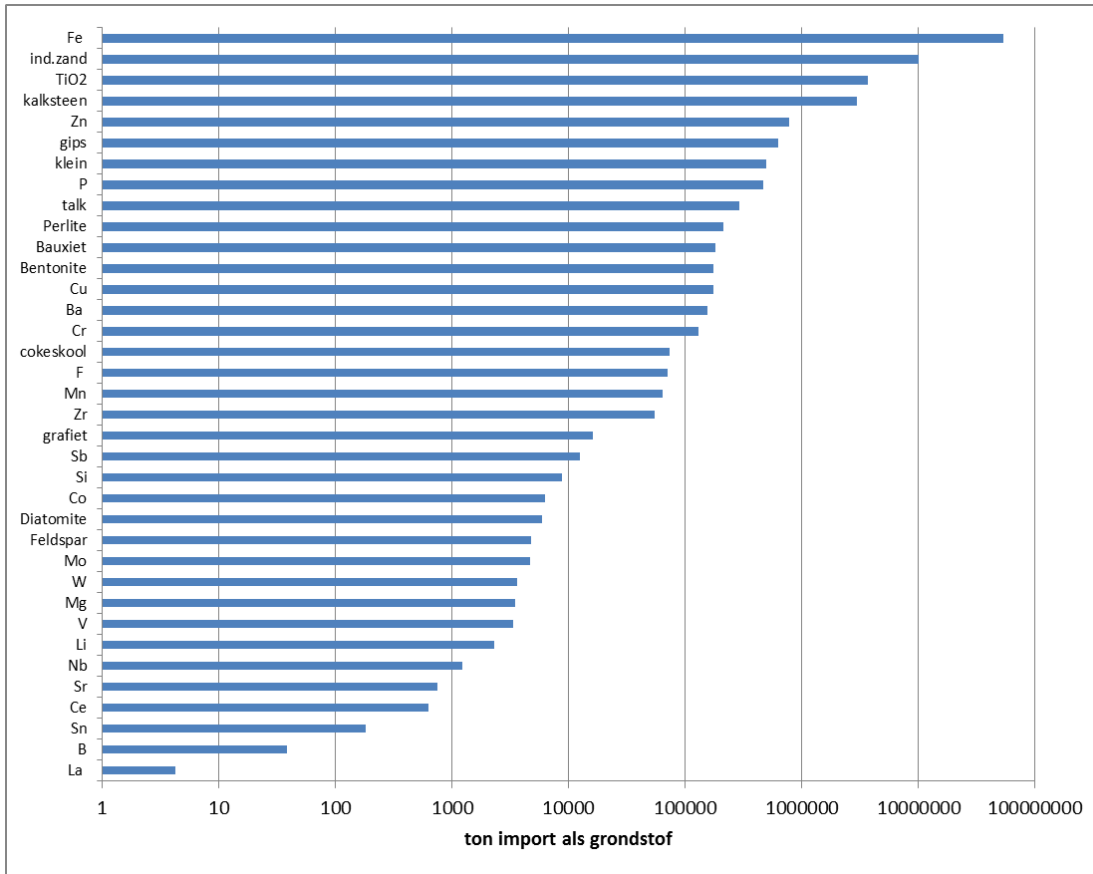
Er wordt algemeen aangenomen dat Nederland hoofdzakelijk halffabricaten en onderdelen voor de industriële productie importeert en veel minder pure grondstoffen. Dit is echter een simplificatie. De aan de koppelmatrix ontleende gegevens leveren een veel completer beeld op van de totale import en dus ook van de vorm waarin (grond)stoffen het land binnenkomen.

De officiële statistieken onderscheiden grondstoffen, halffabricaten en eindproducten. Vooral de groep halffabricaten omvat goederen in verschillende productiestadia: geraffineerde grondstoffen, basis metaalproducten, plastics, onderdelen, assemblagedelen enz. Wij stellen een extra groep met stoffen voor, genaamd de '1<sup>e</sup> halffabricaten' ('1<sup>st</sup> intermediates'). Dit betreft in het algemeen bewerkte materialen, zoals chemische verbindingen. Bij het identificeren van deze 1<sup>e</sup> halffabricaten is gebruik gemaakt van het criterium dat de naam van de daadwerkelijke grondstof deel uitmaakt van het label van de productgroep .

In de komende paragrafen wordt een beeld geschetst van elk van deze 4 goederenstromen (grondstoffen, 1<sup>e</sup> halffabricaten, halffabricaten, eindproducten) en hun relatie met de Nederlandse economie.

### *4.2.1 Import als grondstof: volume en herkomst*

In Figuur 24 wordt een beeld geschetst van het totale volume van de import van de hier onderzochte materialen als grondstof, die ook daadwerkelijk in de vorm van grondstoffen (althans volgens de kwalificatie eraan toegekend door Eurostat) worden geïmporteerd.

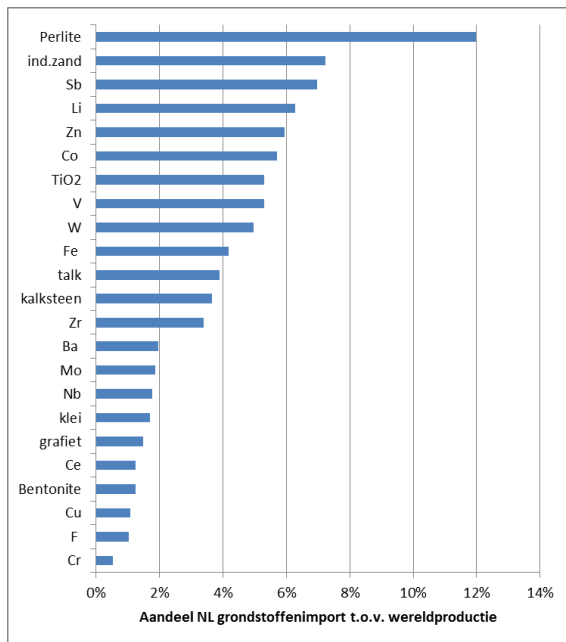


Figuur 24 Import van grondstoffen naar Nederland

Dit overzicht houdt geen rekening met de zogenaamde wederuitvoer.

Deze getallen krijgen meer context door ze af te zetten tegen de jaarlijkse wereldproductie; op die manier verkrijgen we een beeld van het relatieve belang van de Nederlandse grondstofimport (Figuur 25; hierin die grondstoffen waarin de import meer dan 1% van de wereldproductie is). Overigens zijn ook deze getallen niet gecorrigeerd voor wederuitvoer van grondstoffen.

Deze getallen moeten worden gezien in het licht van het belang van de Nederlandse economie t.o.v. de wereldeconomie (ongeveer 2%).



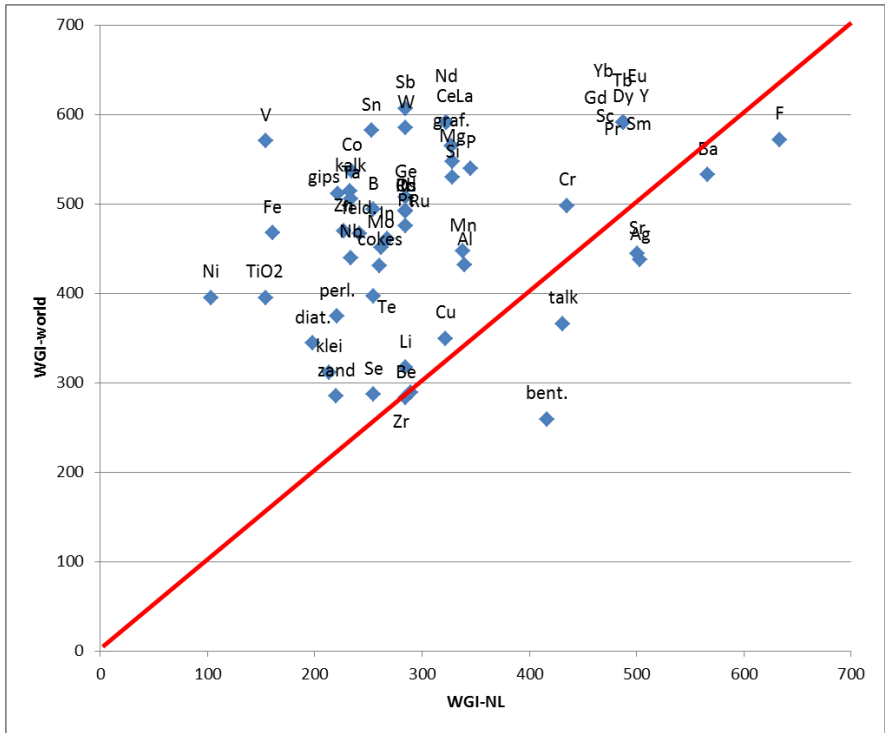
Figuur 25 Aandeel NL grondstoffenimport t.o.v. wereldproductie

De mate van kwetsbaarheid hangt deels af van de bronlandconcentratie, en deels van de bestuurskwaliteit van het bronland, gemeten door de WGI. Dat de bronlandconcentratie van Nederland minstens groter zal zijn dan die van de wereldwijde concentratie van mogelijke bronlanden spreekt vanzelf (de Nederlandse grondstofbehoefte wordt gedekt door minder bronlanden dan er wereldwijd beschikbaar zijn). Interessanter is het om te kijken naar de verhouding tussen de gewogen WGI-waarde van de in Nederland geïmporteerde grondstoffen en de gewogen WGI-waarde van de wereldwijde grondstofproductie. Oftewel, importeert Nederland zijn directe grondstoffen uit landen met een betere bestuurlijk klimaat dan het wereldwijd gemiddelde?

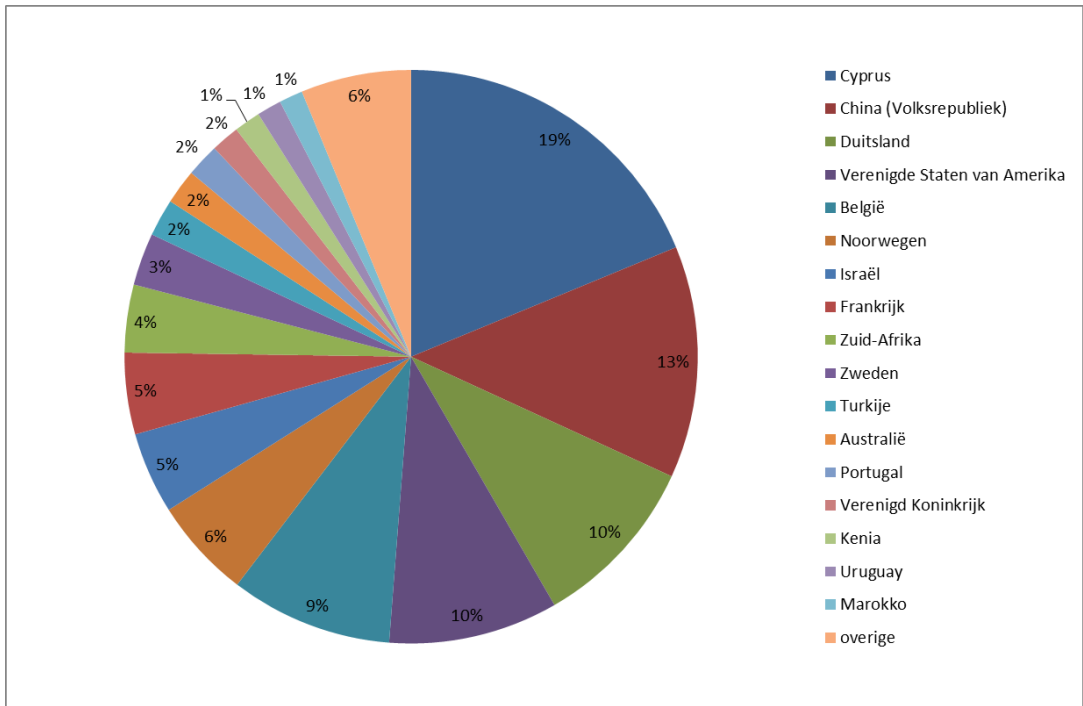
Deze vergelijking wordt weergegeven in Figuur 26. Hierin is de geschaalde WGI-score voor de landen waaruit Nederland importeert uitgezet tegen de gewogen geschaalde WGI-score voor de wereldwijde productie (NB: de WGI-schaling leidt ertoe dat een hogere WGI-score een slechtere score voor 'governance' representeert) . Niet verrassend maar wel opvallend consistent is het beeld dat de gewogen WGI-score van Nederlandse import beter (=lager) is dan de wereldwijde score. Dat betekent dat de herkomst van de Nederlandse import uit gemiddeld beter bestuurde landen komt.

Dit kan ook liggen aan het feit dat de tussenkomst van handelslanden hier een rol speelt. Wat hier immers geanalyseerd wordt is het laatste land voordat het materiaal Nederland binnenkomt, en niet perse het oorspronkelijke bronland. Dit beeld lijkt ook voort te komen uit Figuur 27 waaruit blijkt dat procentueel gezien Cyprus de belangrijkste grondstofleverancier voor Nederland is.

Een zelfde beeld zal zich ook voordoen bij de import van grondstoffen via 1<sup>e</sup> halffabrikaten, halffabrikaten en eindproducten.



Figuur 26 Vergelijking van de geschaalde en gewogen WGI voor import in Nederland vs. Globale herkomst grondstoffen

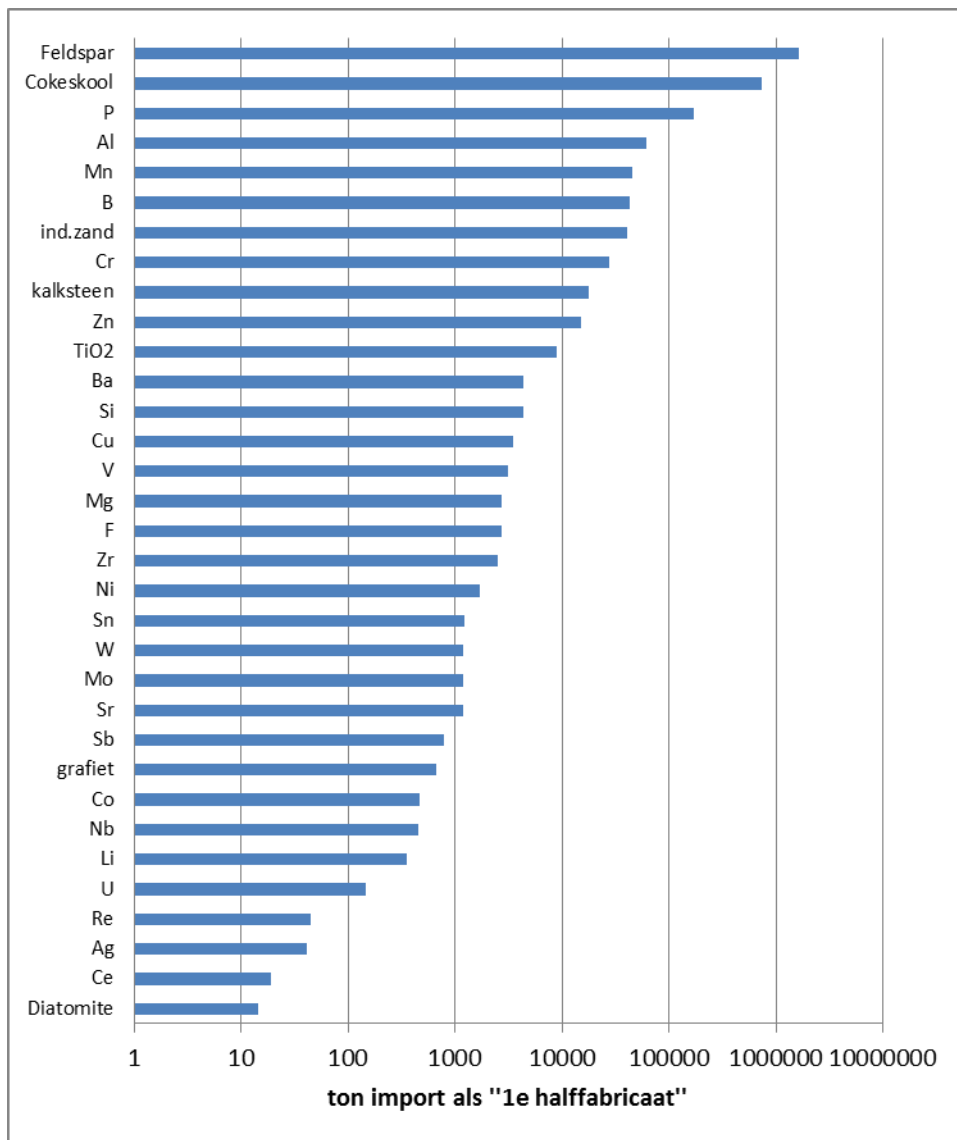


Figuur 27 Verdeling van herkomst van import van grondstoffen

4.2.2 Import als 'first intermediate': volume

In onze definitie van 1<sup>e</sup> halffabricaten zitten voornamelijk bewerkte materialen (metalen, zouten) die de eerste bewerkingsstappen in het buitenland hebben ondergaan, en naar Nederland komen voor verdere verwerking (of voor wederuitvoer). Het overzicht van geïmporteerde grondstoffen in de

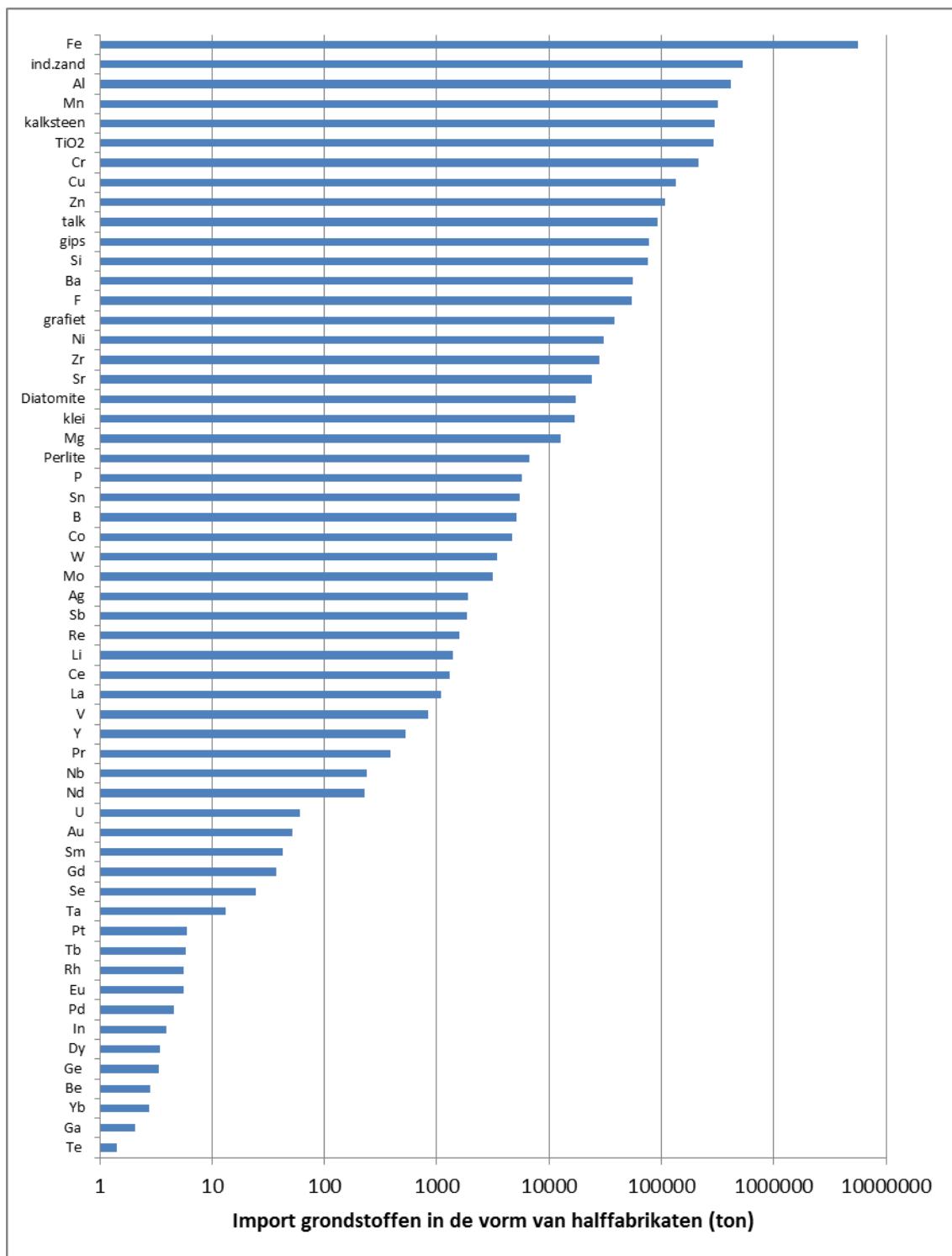
vorm van 1<sup>e</sup> halffabrikaten wordt gegeven in Figuur 28 (NB: hier is een logaritmische schaal gebruikt).



Figuur 28 Import van grondstoffen in de vorm van 1e halffabrikaten

#### 4.2.3 Import als halffabrikaat: volume

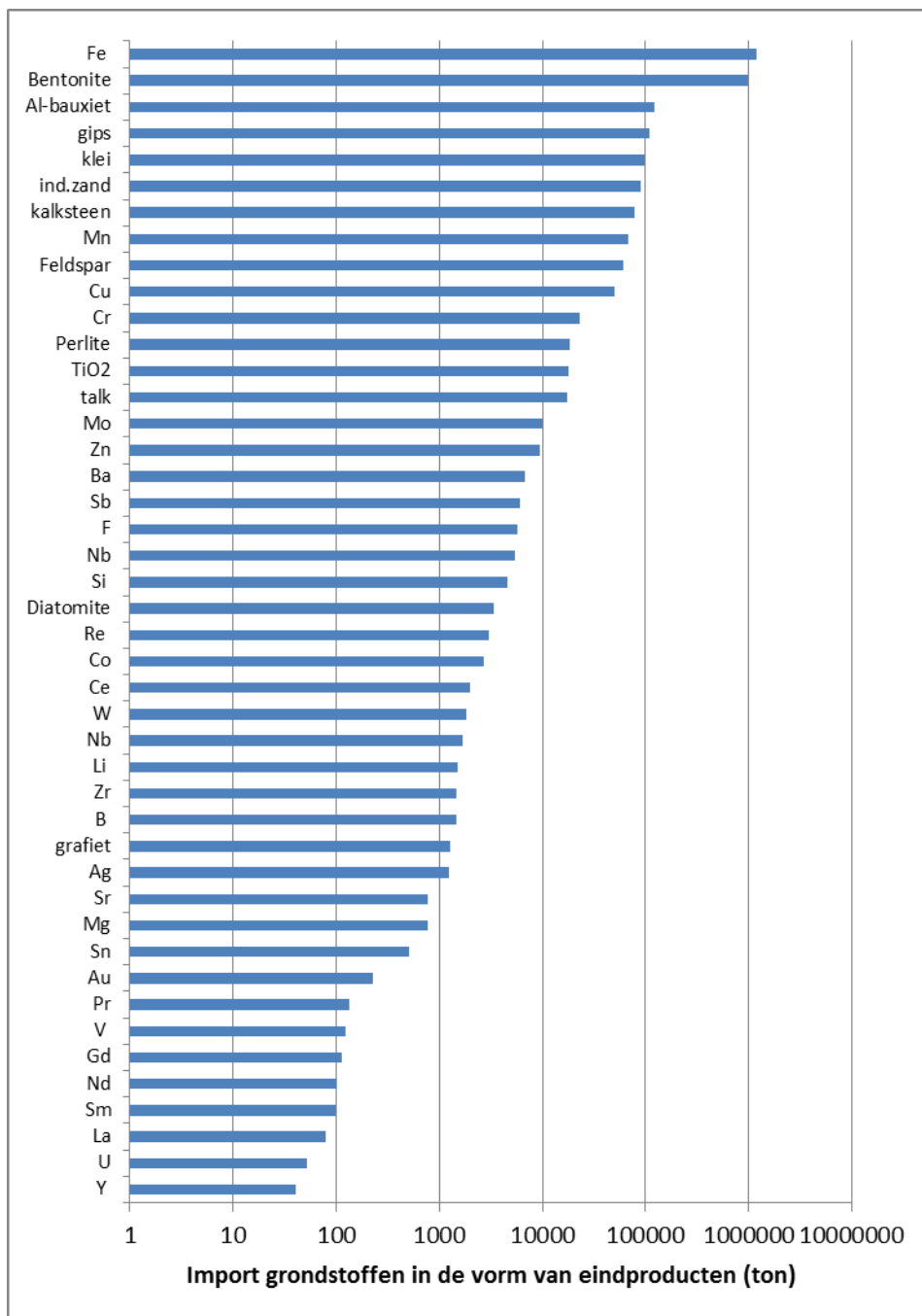
In Figuur 29 is een overzicht gegeven van de hoeveelheden grondstof die in de vorm van halffabrikaten in Nederland worden geïmporteerd (NB: hier is een logaritmische schaal gebruikt).



Figuur 29 Import van grondstoffen in de vorm van halffabrikaten

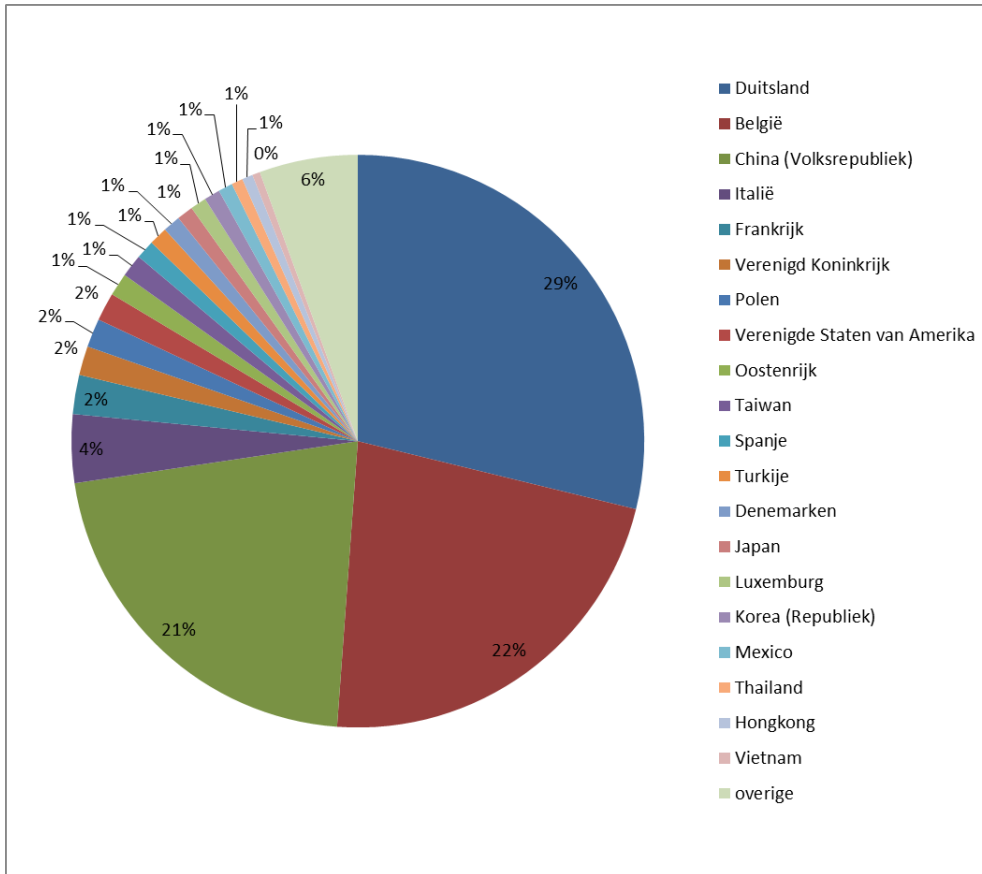
#### 4.2.4 Import als eindproduct: volume en herkomst

Het overzicht van geïmporteerde grondstoffen die verwerkt zijn in eindproducten die naar Nederland komen is gegeven in Figuur 30 (NB: hier is een logaritmische schaal gebruikt).



Figuur 30 Import grondstoffen in de vorm van eindproducten

De herkomst van deze 'embedded' grondstoffen laat een heel ander beeld zijn dan in het geval van de import van grondstoffen (zie Figuur 31).



Figuur 31 Herkomst grondstoffen via de import van eindproducten

Drie handelspartners zijn nu dominant, te weten Duitsland, België en de Volksrepubliek China, die tezamen 72% van het totale volume uitmaken.

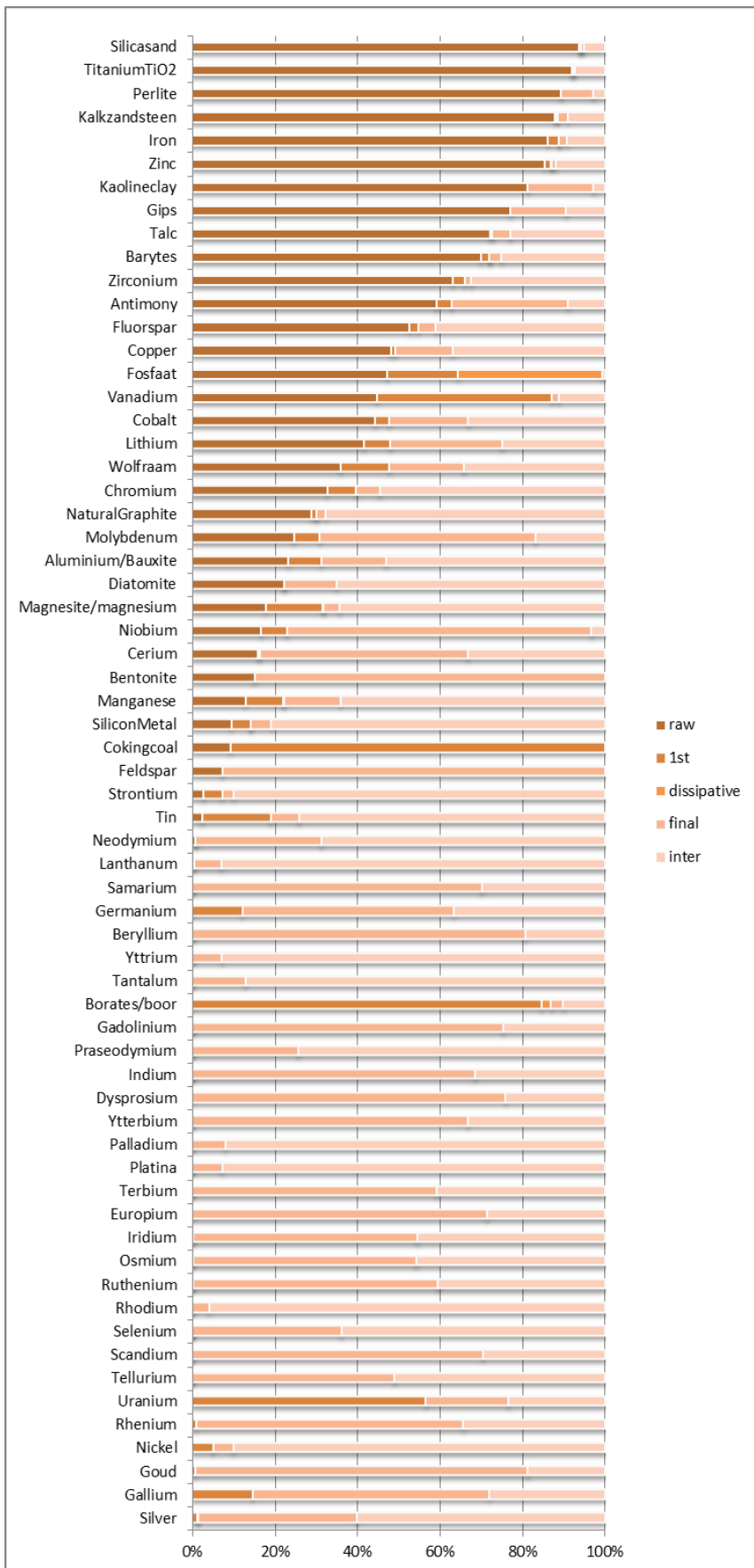
#### 4.2.5 Een totaaloverzicht: in welke vorm importeert Nederland grondstoffen

Nederland importeert grondstoffen in de vorm van (onbewerkte) grondstoffen, als 1<sup>e</sup> halffabricaat, halffabricaat en eindproduct. Bovendien is er nog een set grondstoffen die in een vorm geïmporteerd wordt die we 'dissipatief gebruik' noemen (het wordt gelijk in een proces verbruikt en hoopt zich niet op in de samenleving). Op basis van de hierboven beschreven detailgegevens zijn we nu in staat om een totaaloverzicht te genereren van het type grondstoffen t.b.v. de Nederlandse economie.

De verzamelde gegevens maken het mogelijk voor elke grondstof in te schatten uit welk land dit geïmporteerd wordt (onafhankelijk van de vorm van import: als grondstof, 1<sup>e</sup> halffabricaat, halffabricaat of eindproduct). Deze inschattingen kunnen worden ingezet bij het prioriteren van handelsrelaties die verband houden met aspecten rond leveringszekerheid of de MVO-aspecten van grondstoffen-import.

In deze paragraaf zoomen we kort in op de voornaamste landen waaruit de (64) grondstoffen voor de Nederlandse economie worden geïmporteerd, en op de handelsrelaties die betrokken zijn bij de import van conflictmineralen tin, tantaal, wolfram (tungsten) en goud, de zgn. TTTG-groep.

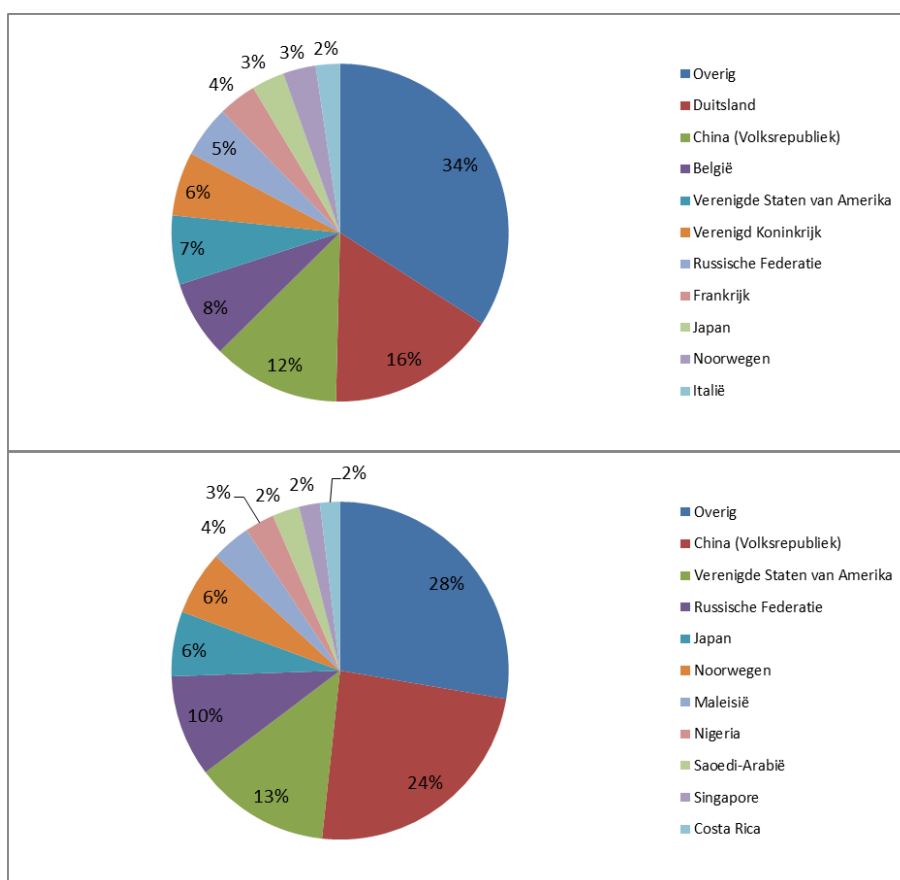




Figuur 32 Samenstelling van volume van import gerangschikt naar afnemend aandeel onbewerkte grondstoffen

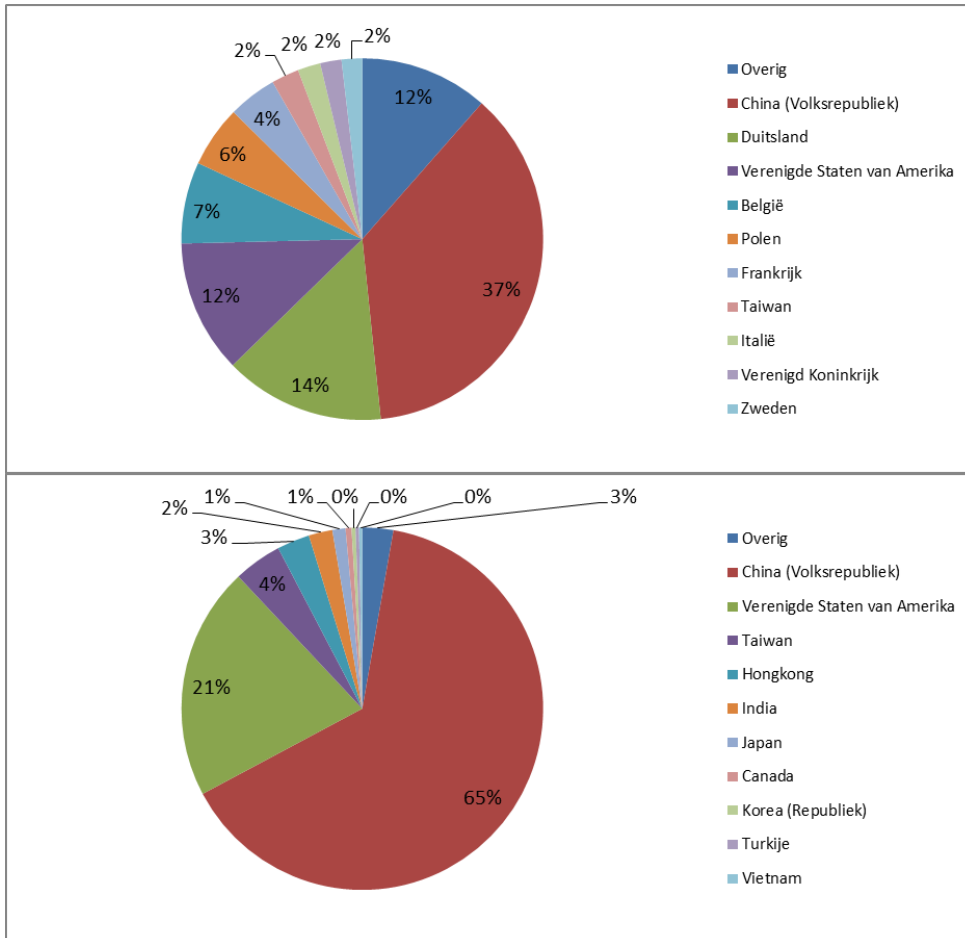
In dit overzicht zijn er 13 materialen die voor meer dan 50% geïmporteerd worden in de vorm van grondstoffen. Voor alle overige materialen geldt dat ze in (ruime) meerderheid Nederland bereiken als onderdeel van een bewerkt materiaal, een halffabrikaat of eindproduct. Ondanks dat schijnbaar nog veel grondstoffen worden geïmporteerd is de waarde ervan verwaarloosbaar ten opzichte van de waarde van alle geïmporteerde eindproducten (66%) en halffabrikaten (33%)

Indien we deze import-informatie over alle 64 grondstoffen in elke fase (grondstof, (eerste) halffabrikaat, eindproduct) in samenhang beschouwen, blijkt welke landen de voornaamste handelspartners zijn voor Nederland op basis van de waarde van de import. In Figuur 33 is dit weergegeven voor zowel alle landen (boven) als alleen voor die landen buiten de EU-28 (onder). De voornaamste handelspartners voor de 64 materialen binnen de EU-28 zijn Duitsland, België, het Verenigd Koninkrijk en Frankrijk. Buiten de EU-28 zijn de voornaamste handelspartners China, De V.S., Rusland, Japan en Noorwegen.



**Figuur 33** Herkomstverdeling van alle grondstoffen (als grondstoffen, halffabrikaat en eindproduct); boven: totale verdeling, onder: allen landen buiten de EU-28

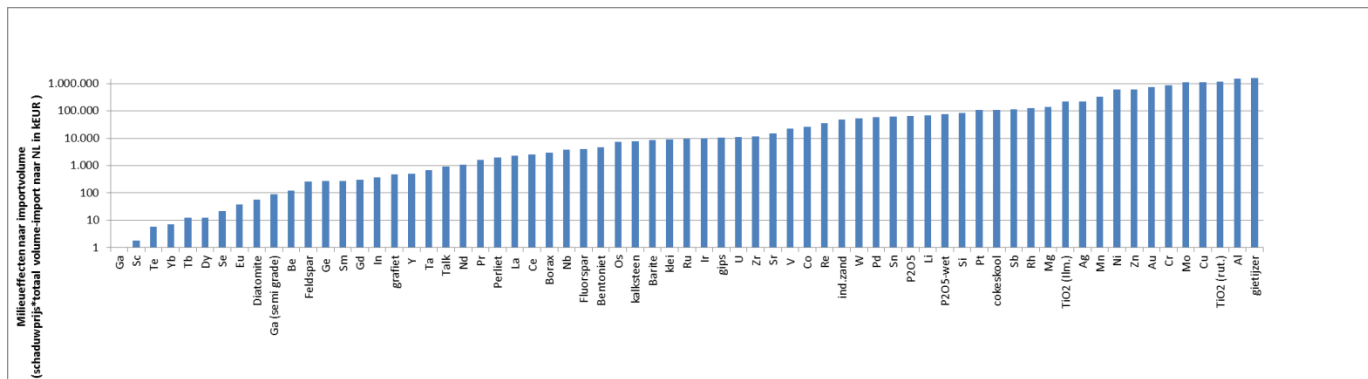
De beschikbare gegevens stellen ons in staat om in te zoomen op handelsrelaties die verband houden met een selectere keuze aan materialen. Een relevante keuze in dit verband is te onderzoeken via welke route de grondstoffen tin, tantaal, goud en wolfram (de zgn. TTTG-groep, conflictmineralen waarvan de herkomst bekend dient te zijn in het handelsverkeer naar de V.S.) Nederland binnenkomen. Een inzicht wordt gegeven in Figuur 34.



**Figuur 34** Herkomstlanden voor de TTTG-groep

Nu een overzicht verkregen is van de totale hoeveelheid geïmporteerde materialen, is het ook mogelijk een beeld te schetsen van de totale milieu-impact van de in Nederland geïmporteerde materialen in deze studie (Figuur 35).

Wanneer we alleen kijken naar de totale milieu-impact van de in Nederland geïmporteerde grondstoffen, dan blijkt dat materialen met een relatief lage milieu-impact op absolute schaal toch een belangrijk bijdrage leveren vanwege het enorme volume dat ermee is gemoeid. Dit geldt o.a. voor (giet)ijzer, aluminium, titaandioxide en koper.



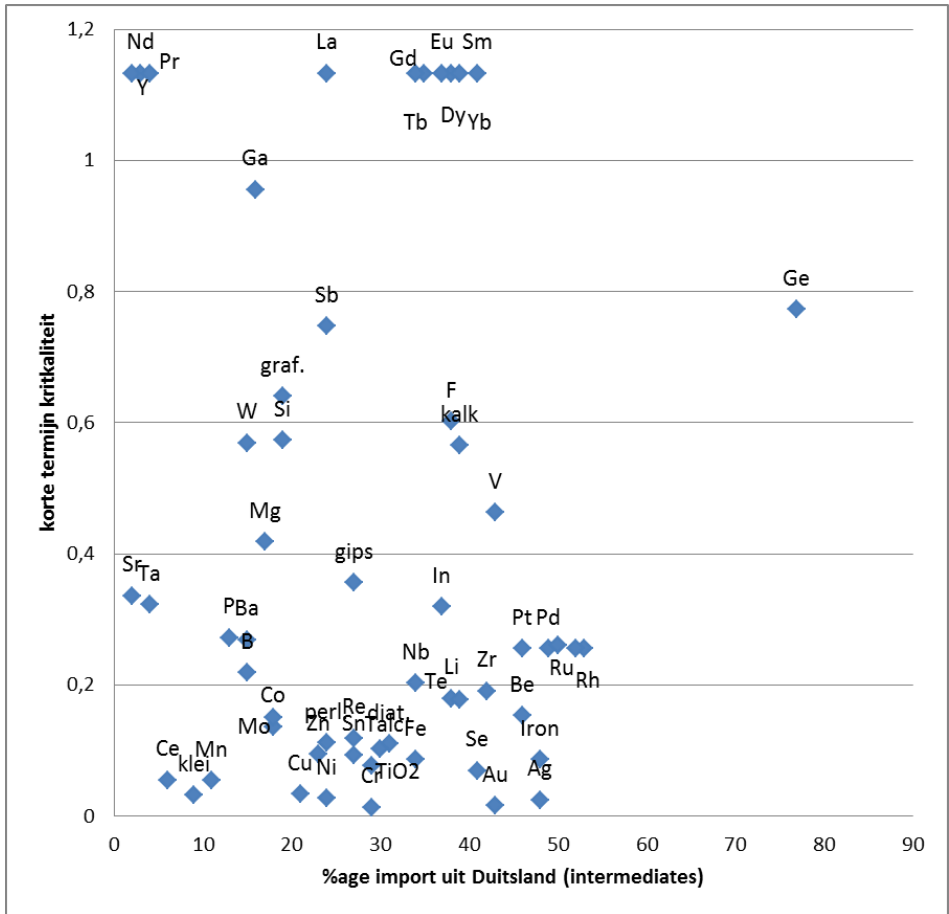
Figuur 35 Totale milieu-impact van in Nederland geïmporteerde grondstoffen

#### 4.2.6 Inzoomen op de handelsrelatie Nederland - Duitsland

Zoals uit voorgaande paragrafen al bleek is de rol van Duitsland als leverancier (of laatste tussenstation) voor onze directe en indirecte import van grondstoffen van eminent belang.

De rol van Duitsland in de directe import van grondstoffen is vooral dominant waar het mineralen met een lage waardedichtheid betreft, zoals gips (58%) en industrieel zand (60%). Heel anders wordt de situatie bij de indirecte import via eerste halffabrikaten, halffabrikaten en eindproducten. Voor een aantal high-tech-materialen is de bijdrage van Duitsland aan onze materialen-import ruim boven de 50% oplopend tot bijna 90%. Dit geldt voor o.a. antimoon, fluor, lithium, germanium, vanadium, tin en zirkoon. Een volledig overzicht van deze importcijfers (dus ook voor de afhankelijk van grondstoffen en via eindproducten) is gegeven in bijlage 2.

Een voorbeeld is gegeven in Figuur 36. Hierin staat het percentage import van grondstoffen in de vorm van halffabrikaten uitgezet tegen de korte-termijn-kritikaliteit van deze grondstoffen.



Figuur 36 Korte-termijn-kritikaliteit van uit Duitsland geïmporteerde grondstoffen (als onderdeel van halffabrikaten)

Gezien deze afhankelijkheid is aandacht voor de Duitse situatie met betrekking tot hun beleid rond kritieke materialen ook voor onze economie van groot belang. De mogelijkheden die recycling kan scheppen om de behoefte aan grondstoffen te dekken zou een voorbeeld kunnen zijn van gezamenlijke Duits-Nederlandse actie.

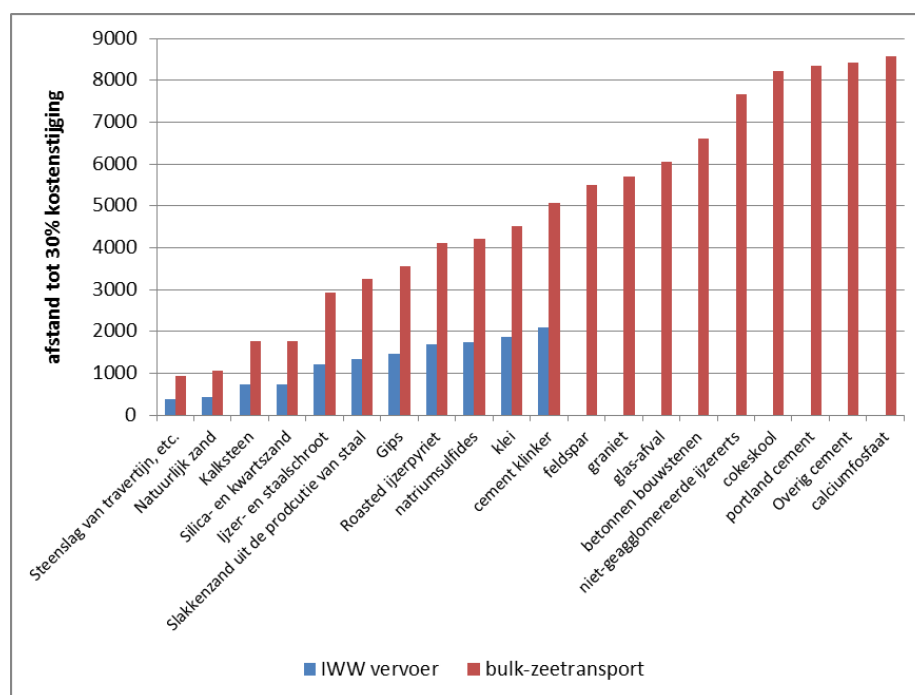
Bijlage 2 geeft ook een overzicht van het aandeel dat de export naar Duitsland per materiaal heeft. Dit inzicht, in combinatie met de gegevens omtrent het belang van Duitsland als ‘leverancier’ van grondstoffen kan de basis zijn van Duits-Nederlandse gesprekken omtrent grondstofleveringszekerheid.

4.2.7 Regionale ‘schaarste’: wat is de rol van transportkosten?

Bij het bepalen van de kritikaliteit (en dus bijvoorbeeld van het bepalen van de bronland-concentratie in de vorm van de HHI) wordt in het algemeen uitgegaan van de beschikbaarheid van grondstoffen op mondiaal niveau. Toch is voor te stellen dat dit een te rooskleurig beeld oplevert van die mondiale beschikbaarheid. Indien het een grondstof met een relatief lage waardedichtheid betreft is voor te stellen dat het beslag dat de transportkosten leggen op de kostprijs van het te importeren materiaal zo groot is, dat de grondstoffen in kwestie slechts uit een beperkte actieradius betrokken kunnen worden. In zo’n geval zou de praktische bronland-concentratie dus hoger (en dus ongunstiger) kunnen uitpakken dan op grond van de mondiale mijnbouw geconcludeerd zou worden.

De analyse van de importstromen stelt ons in staat een inschatting te maken of deze transportkostenbeperking gevolgen voor de beoordeling van de kritikaliteit voor Nederland zou kunnen hebben. Daarbij is uitgegaan van transportkosten voor vervoer over binnenwateren ('inland waterways) van 0,008 EUR/ton-kilometer en bulk-vervoer over zee<sup>35</sup> van 0,0033 EUR/ton-kilometer<sup>36</sup>. De vraag is: hoever kan de transportafstand toenemen als ervan wordt uitgegaan dat de kostprijs als gevolg van dat vervoer over water niet meer dan 30% mag stijgen?

De resultaten van deze analyse zijn weerspiegeld in Figuur 37.



Figuur 37 Mogelijk additionele transportafstand over water bij maximaal 30% kostprijsstijging

Voor vervoer over binnenlandse waterwegen in Europa kunnen we een limiet van 2000 km hanteren. Voor slechts 7 grondstoffen geldt dat een toename van 30% in transportkosten leidt tot een maximaal toelaatbare vergroting van de actieradius van 2000 km (de waardedichtheid van deze grondstoffen is maximaal 0,04 EUR/kg). Dat betekent dat voor deze grondstoffen in principe alleen die bronlanden in aanmerking komen die binnen de aangegeven range vallen. Dit geldt met name voor een aantal commodities als natuurlijk en industrieel zand, kalksteen, gips en (bepaalde soorten) klei.

Voor vervoer over zee is vanwege de lagere ton-km-kosten een grotere actieradius mogelijk. Relevante afstanden daarbij zijn de afstand tot Halifax (Canada: ongeveer 5000 km) en Cartagena (Colombia: ongeveer 8500 km). Voor 20 grondstoffen leidt een afstandstoename van 8500 km tot meer dan 30% stijging van de kostprijs. Dat betekent ook dat voor alle andere grondstoffen (en ook

<sup>35</sup> Vervoer met vrachtwagens wordt ingeschat op 0,14 EUR/tkm en over het spoor op 0,11 EUR/tkm; voor de huidige analyse zijn deze getallen niet gebruikt omdat de daarmee berekende actieradius uiterst gering is.

<sup>36</sup> Gegevens afkomstig van TNO Sustainable Transport and Logistics; inschatting kosten bulk-zeetransport afkomstig van Improving the Representation of Maritime Transport in the EXIOBASE MRIO Dataset, Jørgen Westrum Thorsen, NTNU Trondheim, 2013.

alle halffabrikaten die een hogere waardedichtheid hebben dan 0,1 EUR/kg) een toename van de transportafstand met meer dan 8500 km tot minder dan 30% prijsstijging leidt. Voor al die materialen kan dus gesteld worden dat het mondiale aanbod vanuit Nederlands perspectief daadwerkelijk relevant is.

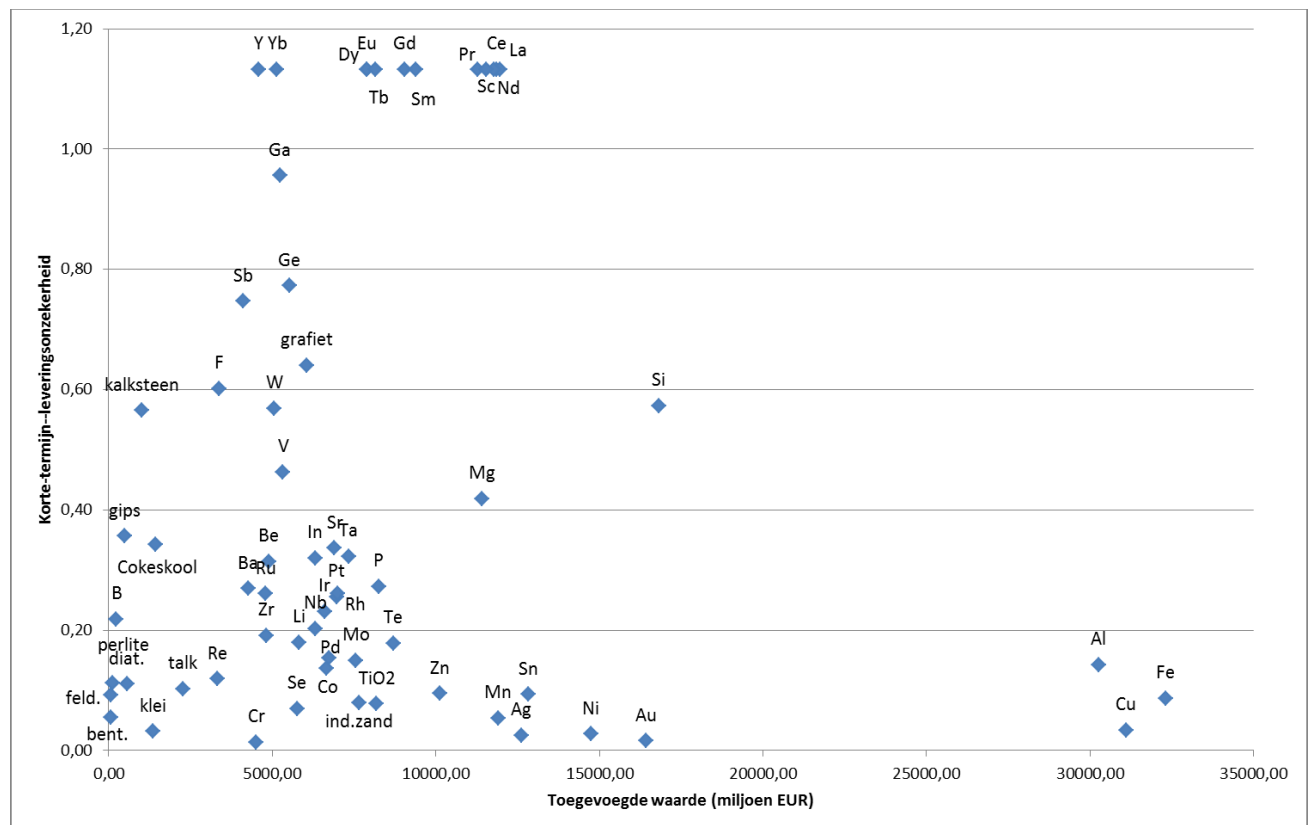
Voor deze eerste 20 materialen is het dus niet verrassend dat het overgrote deel van de import afkomstig is uit België en Duitsland; alleen voor feldspar, cokeskool, ijzer-erts en –pyriet is import uit deze landen verwaarloosbaar en gips is slechts voor 1/3<sup>e</sup> afkomstig uit deze twee landen.

### 4.3 Wat zijn de kritieke grondstoffen voor de Nederlandse economie?

#### 4.3.1 Met het oog op leveringszekerheid

De analyses die in hoofdstuk 3 en 4 zijn uitgevoerd stellen ons in staat om een beeld te schetsen van de kwetsbaarheid van de Nederlandse economie als gevolg van afnemende leveringszekerheid.

In Figuur 38 staat de korte-termijn-leveringsonzekerheid van de hier onderzochte abiotische grondstoffen uitgezet tegen de toegevoegde waarde in Nederland.



Figuur 38 Korte-termijn kritikaliteit voor Nederland: leveringszekerheid en relatie met toegevoegde waarde per grondstof

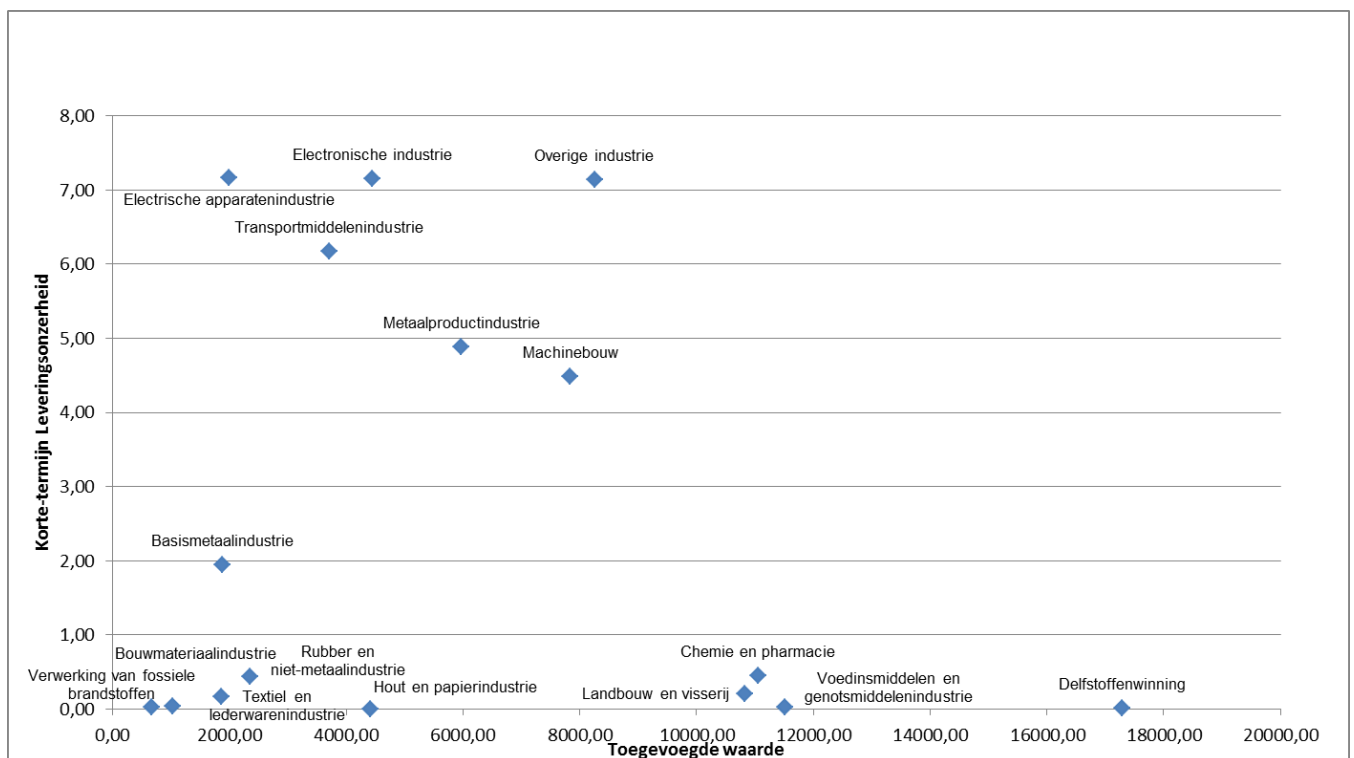
Het belang van ijzer, koper en aluminium overstijgt dat van de andere grondstoffen. Deze materialen zitten in zeer veel producten verwerkt die in bijna alle sectoren toegevoegde waarde opleveren dat zij de belangrijkste materialen voor onze economie vormen.

Verder valt het grote belang op van silicium, goud, zilver en belangrijke legeringselementen als nikkel, tin, magnesium en zink op. Bovendien is een groep zeldzame aardmetalen (lanthaan, cerium,

neodymium, praseodymium en scandium) als belangrijk voor de Nederlandse economie geïdentificeerd.

De in deze studie ontwikkelde methodiek stelt ons in staat om het gebruik van deze grondstoffen te koppelen aan de toegevoegde waarde van sectoren. Sectoren die veel gebruik maken van grondstoffen met een relatief hoge leveringonzekerheid zullen relatief kwetsbaarder zijn dan andere. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 39. Gezien het gebruik van veel van de meer kritieke grondstoffen zijn de elektronische, elektrische apparaten- en transportmiddelen- en overige industrie relatief kwetsbaar. Sub-sectoren die ressorteren onder de categorie "Overige sectoren"<sup>37</sup> zijn o.a. de vervaardiging van (onderdelen van) meubels, sieraden, munten, muziekinstrumenten, sportartikelen en speelgoed. Kort daarop volgen de metaalproductenindustrie en de machinebouw.

Biotische grondstoffen en fossiele brandstoffen worden in deze studie niet onder de loep genomen. Het wekt dus geen verbazing dat die sectoren die gebruik maken van dergelijke grondstoffen hier als niet kwetsbaar naar voren komen (zoals voedings- en genotmiddelenindustrie, chemie en farmacie). Een volledig beeld van de invloed van leveringszekerheid van grondstoffen op de Nederlandse economie wordt verkregen door biotische grondstoffen in dit verhaal mee te nemen. Hier wordt verder op ingegaan in paragraaf 5.6.

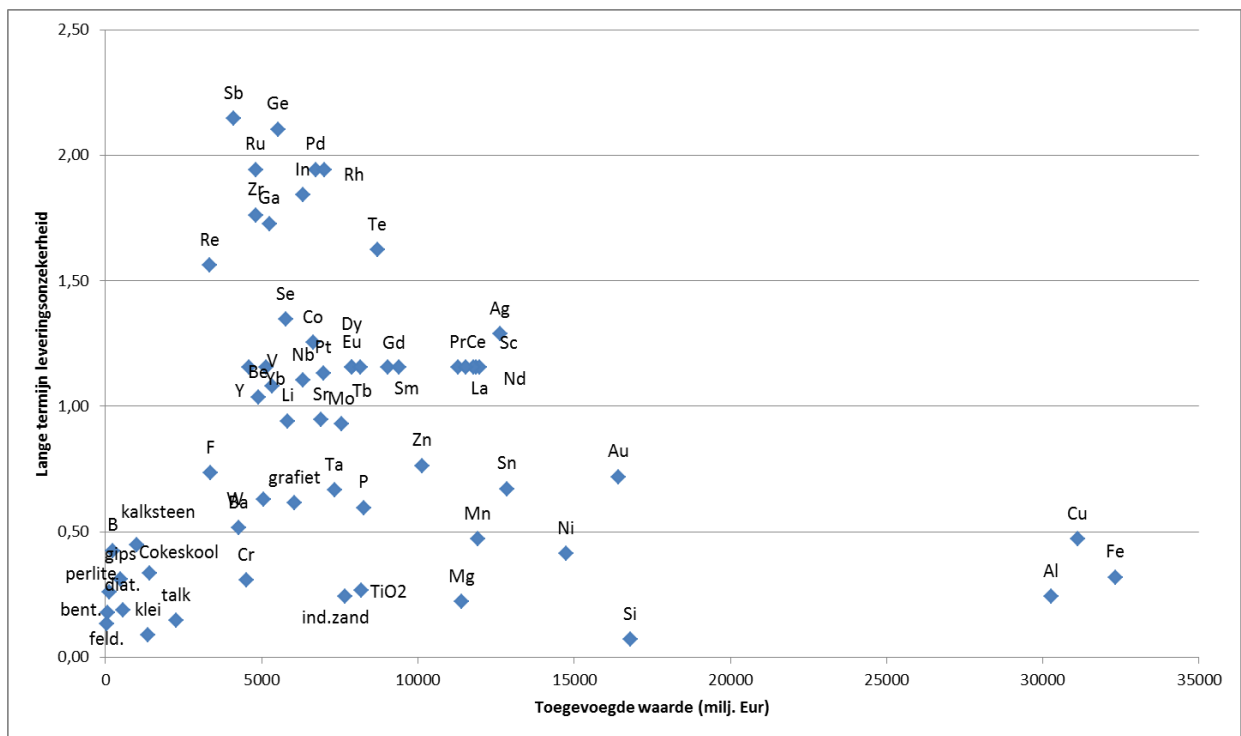


Figuur 39 Korte-termijn leveringonzekerheid op sector-niveau (toegevoegde waarde uitgedrukt in miljoen EUR)

<sup>37</sup> Dit betreft de SBI2-sector Vervaardiging van meubels; vervaardiging van overige goederen N.E.G. (niet elders genoemd).



Analoog aan de wijze waarop het economisch belang van grondstoffen is uitgezet tegen de korte-termijn kritikaliteit, kan dat ook worden gedaan voor de lange termijn kritikaliteit (waarin landenconcentratie, aantal jaren reservewaardering en mate van 'companionality' een rol spelen).

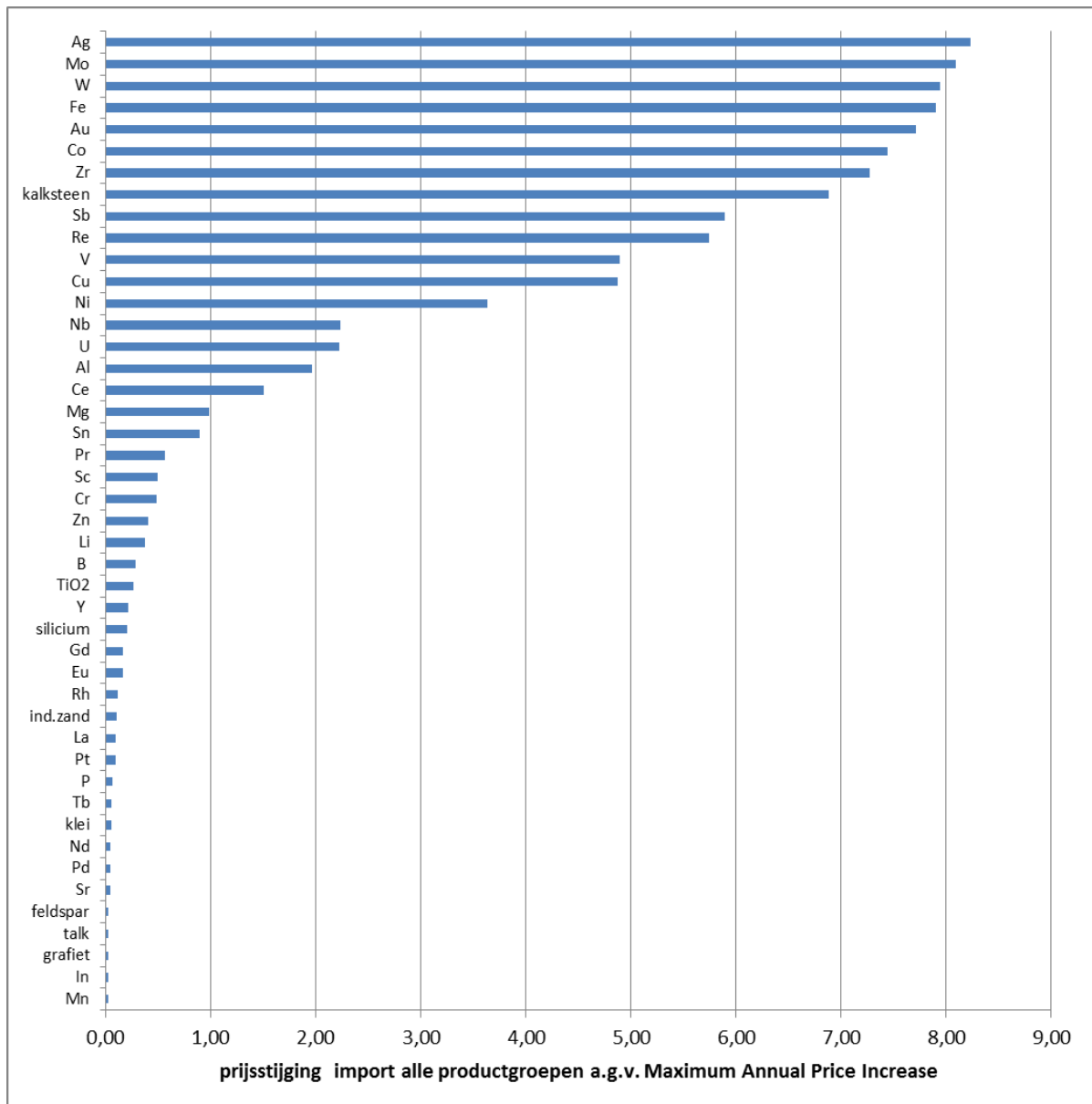


**Figuur 40 Lange termijn kritikaliteit vs. economisch belang van grondstoffen**

#### 4.3.2 Met het oog op bedrijfsresultaat

Alle materialen die hier worden onderzocht, hebben een bepaalde prijsvolatiliteit (uitgedrukt door de MAPII, de index voor de maximale jaarlijkse prijsverhoging). Aangezien materialen door kenmerkende aandelen aan productgroepen kunnen worden gekoppeld, kunnen we een schatting maken van de invloed van de prijsvolatiliteit van materialen op de Nederlandse economie in zijn geheel en op elke sector waarin deze materialen worden gebruikt.

Het effect van elk van deze materialen afzonderlijk op de Nederlandse economie is weergegeven in Figuur 41.

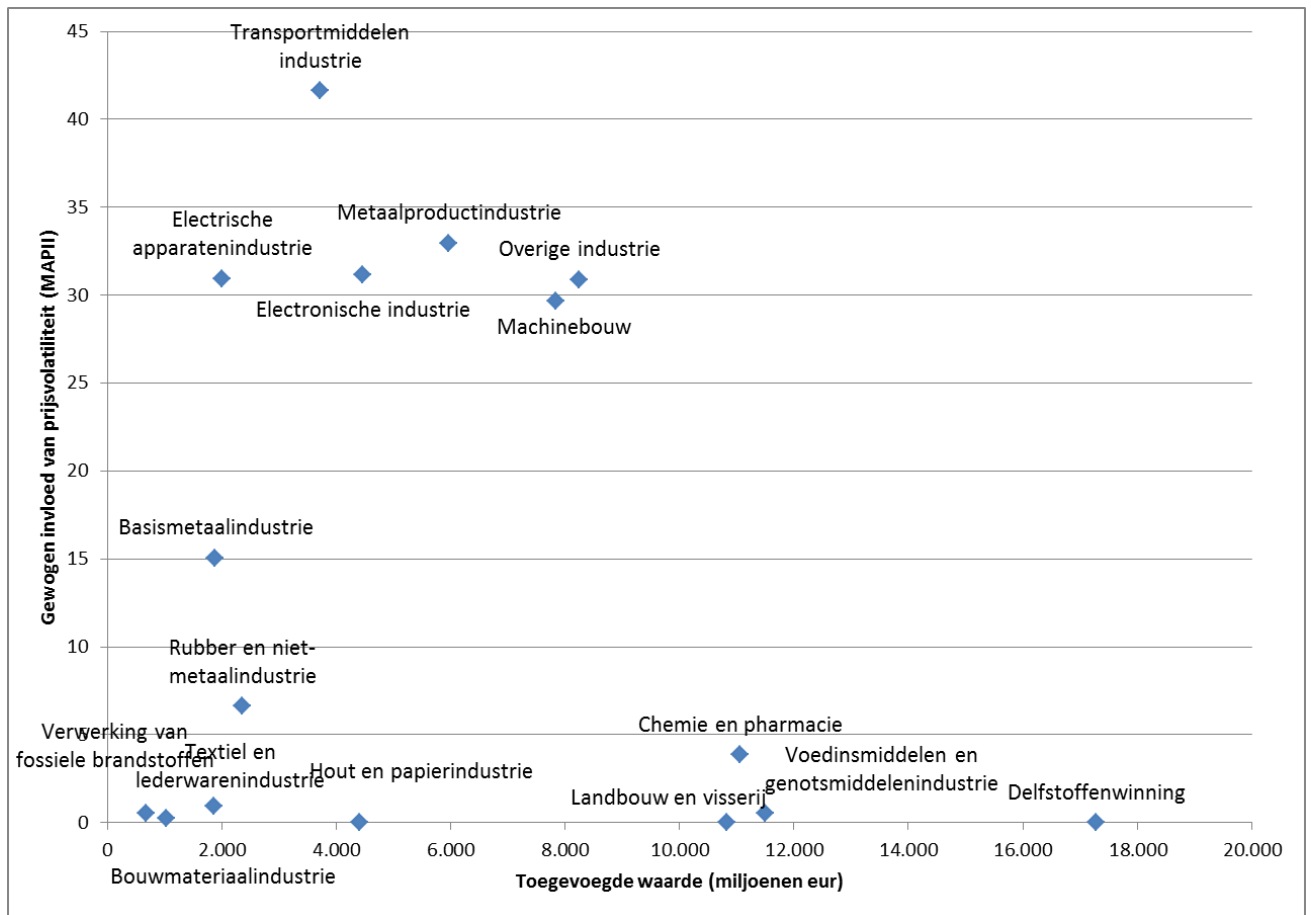


Figuur 41 Prijsstijging van import a.g.v. Maximum Annual Price Increase van grondstoffen (niet getoonde grondstoffen hebben een effect kleiner dan 0,03%)

Grondstoffen waarvan het effect van de maximum (historische) prijsstijging kleiner is dan 0,03% op alle productgroepen zijn niet meegenomen in deze figuur.

Deze data geven aan dat een maximale prijsstijging van zilver (het worst case scenario, ofwel de  $MAPII = 0,74$ . Dit wil zeggen dat de maximum prijsstijging van zilver in de afgelopen 15 jaar 74% geweest is) resulteert in een algemene prijsstijging van meer dan 8% bij alle productgroepen die zilver gebruiken.

De invloed van de (maximale) prijsvolatiliteit van de grondstoffen op elke sector afzonderlijk kan worden bepaald omdat voor elk van deze sectoren een 'kenmerkend aandeel' van grondstoffen in die sectoren is bepaald. Aggregatie van gegevens per grondstof leidt tot een inschatting wat maximale prijsstijging van elke grondstof zou betekenen voor kostenstijging van alle ingekochte goederen en producten binnen die sector (uitleg over deze methodiek is gegeven in paragraaf 3.4).



Figuur 42 Invloed maximale prijsstijging op kostprijs ingekochte goederen per sector

Gezien het relatief kleine aandeel van materialen in veel eindproducten, is de invloed van de prijsvolatiliteit op de meeste sectoren zeer klein (< 1%) tot klein (< 5%).

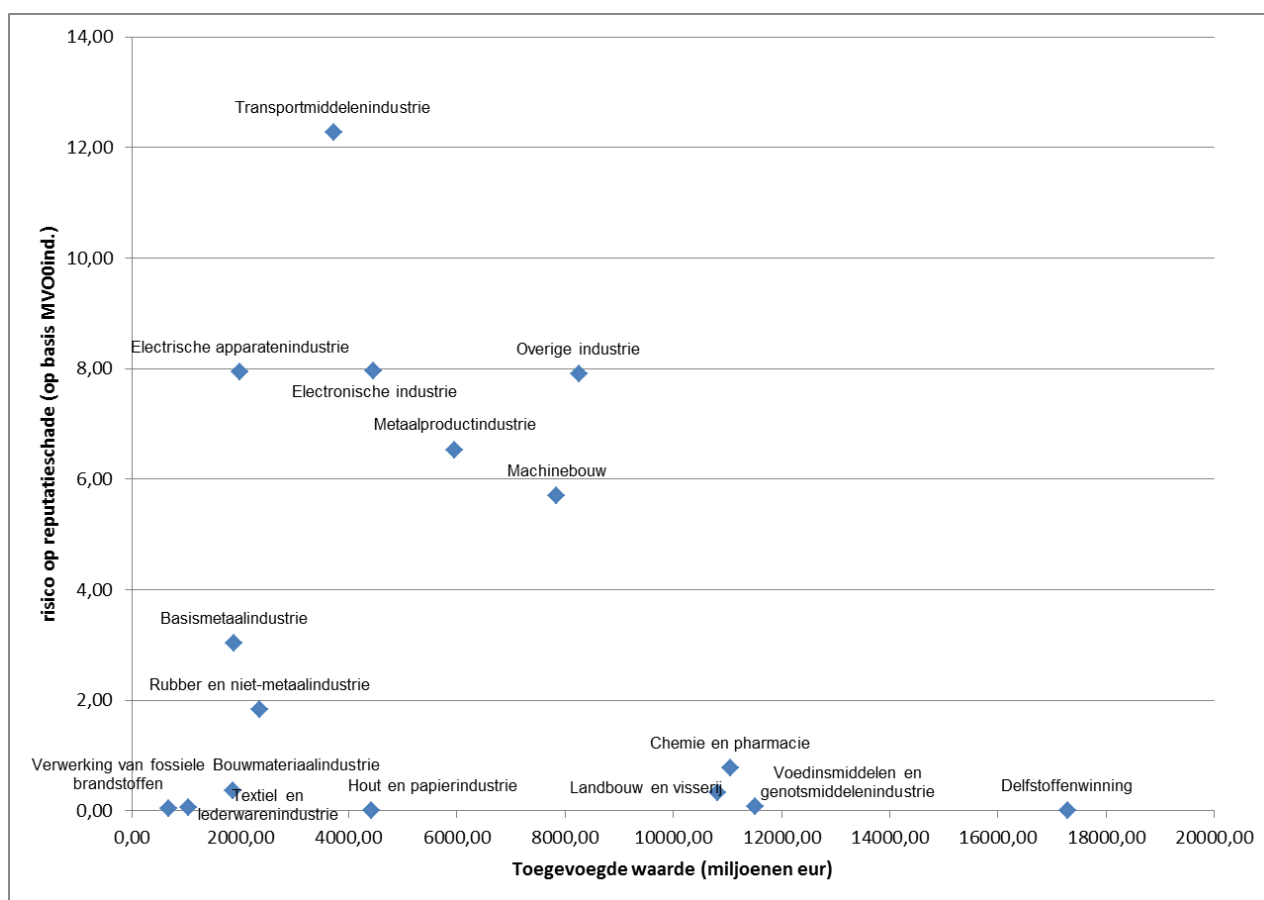
De mogelijke invloed van prijsvolatiliteit is aanzienlijk groter bij de sectoren transportmiddelenindustrie, metaalproductenindustrie, de machinebouw, de elektronische en elektrische apparaten-industrie en de overige industrie. Deze sectoren gebruiken veel van de materialen die in dit onderzoek zijn meegenomen. De prijsvolatiliteitsberekening is gebaseerd op het slechtste scenario: er wordt vanuit gegaan dat de maximale prijsstijging die elk materiaal in de laatste twintig heeft laten zien, zich tegelijk voordoet voor alle binnen die sector toegepaste materialen. Vanuit dat perspectief geeft de positie van deze twee sectoren het algemene hoge verbruik van materialen weer.

De mate waarin deze geaccumuleerde prijsvolatiliteit ook een daadwerkelijk risico vormt voor deze sectoren hangt af van diverse factoren. Zo kan het effect gering zijn als eventuele prijsstijgingen kunnen worden doorberekend aan afnemers. Daarentegen zouden zelfs kleine prijsstijgingen een effect kunnen hebben indien geen sprake zou zijn van een 'level playing field' t.o.v. producenten uit landen die de beschikking hebben over goedkopere grondstoffen.

### 4.3.3 Met het oog op reputatie

De bedrijfsreputatie loopt gevaar indien gebruik gemaakt wordt van grondstoffen uit landen met een lage Human Development Index (HDI), van conflictmineralen of van grondstoffen met een hoge milieu-impact. De gegevens voor elk van de hier onderzochte grondstoffen zijn besproken in paragraaf 3.5. Omdat we elk van de grondstoffen kunnen toewijzen aan een sector, is het mogelijk een geaggregeerd beeld te geven van de mate waarin een sector een risico loopt op reputatieschade. Positiever geformuleerd: bewustwording van het gebruik van grondstoffen met een bedenkelijk MVO-karakter kan helpen het MVO-beleid te focussen op juist die materialen.

Een overzicht van de mate waarin sectoren gebruik maken van grondstoffen met zo'n matige MVO-score is gegeven in Figuur 43.



**Figuur 43** Risico op reputatieschade voor sectoren

Vanwege het gebruik van een grote hoeveelheid materialen is het niet verrassend dat de sectoren die veel last kunnen ondervinden van korte-termijn leveringsonzekerheid dezelfde zijn als diegenen die risico op reputatieschade ondervinden. De sector Transportmiddelenindustrie springt er boven uit. Kijkend naar de onderliggende samenstellende gegevens blijkt dat deze sector eruit springt door enerzijds het gebruik van zeer veel van de grondstoffen die hier onderzocht worden en anderzijds van het gebruik in brede delen van deze sector van tantaal (16% bijdrage aan de totale MVO-indicator), goud (12% bijdrage) en tin (11% bijdrage). De sector is daarmee nauw verbonden met de discussie rond conflictmineralen.

## 5 Aanbevelingen voor een onderzoeks- en actie-agenda

### 5.1 Aanzet voor innovatie-agenda Nederlandse (top)sectoren

De innovatie-agenda's van de Nederlandse industrie zijn verbonden met de negen topsectoren, weergegeven in onderstaande tabel. Elk van deze topsectoren heeft de interactie met de onderzoekswereld vormgegeven in een Topinstituut voor Kennis & Innovatie (TKI) waaronder weer een aantal Kennis- en Innovatie-agenda's (KIA's) ressorteren. In het kader van een studie rond 'Vergroening en Innovatie'<sup>38</sup> is geconstateerd dat op het niveau van de 'roadmaps' van deze topsectoren de term Circulaire Economie op slechts enkele plaatsen is genoemd en de term Kritieke Materialen niet voorkomt.

De analyse in deze studie geeft inzicht in het relatieve belang van kritieke grondstoffen voor de Nederlandse economie en koppelt dat aan specifieke sectoren. Met name de industriële sectoren die zich bezighouden met de vervaardiging van elektronische, elektrische apparaten- en transportmiddelen zijn relatief kwetsbaar. De resultaten van deze studie geven aanleiding om te toetsen of het thema 'de toekomst van kritieke materialen' onderdeel van de onderzoeksagenda zou moeten worden van (in ieder geval) de topsector High Tech. Daarnaast lijkt het raadzaam dat ook de sectoren Chemie en Energie (vanwege bijvoorbeeld de kritikaliteit van zeldzame aardmetalen en overige grondstoffen die relevant zijn voor de opwekking van duurzame energie) toetsen in hoeverre de vermindering van de afhankelijkheid van kritieke materialen onderdeel van de Kennis- en Innovatieagenda zou moeten worden. Thema's die onderdeel zouden kunnen worden van deze KIA's zijn:

- In hoeverre kan al in de design-fase van producten rekening worden gehouden met de vermindering van de afhankelijkheid van kritieke grondstoffen? Bijvoorbeeld door in te zetten op zodanig modulair design dat onderhoud en reparatie eenvoudiger zullen worden, of door een zodanig materiaalgebruik te kiezen dat in sterkere mate gebruik wordt gemaakt van niet-kritieke materialen;
- In aansluiting op het vorige thema kan ingezet worden op een zodanig begrip van de functionele inzet van materialen dat een agenda voor substitutie-onderzoek ontstaat. Substitutie is inmiddels een wezenlijk onderdeel van de Knowledge and Innovation Community KIC Raw Materials, waardoor ook goede aansluiting bij de Europese onderzoeksagenda is geborgd;
- De topsectoren zouden onderzoek naar effectievere recycling kunnen stimuleren, enerzijds door innovaties op het gebied van retourlogistiek (samenwerking met de Topsector Logistiek ligt hier voor de hand), en anderzijds door in te zetten op metallurgisch onderzoek die de zogenaamde end-of-life recycling rates (EOL-RR) omhoog brengt. Een toename van de Europese recycling draagt zorg voor een binnenlandse, Europese bron van grondstoffen waardoor de afhankelijkheid van niet-Europese bronlanden afneemt.

Met bovenstaande ideeën valt op dat ze geïnspireerd zijn door het doel de afhankelijkheid van kritieke materialen te verminderen, en tegelijkertijd een impuls zijn voor het ontwikkelen van een onderzoeksagenda voor een circulaire economie voor deze sectoren.

---

<sup>38</sup> TNO-studie in opdracht van PBL; resultaten worden opgeleverd in 2016.

Topsector	TKI	Kennis- en Innovatieagenda (KIA)	Roadmaps / Thema's / Programmalijnen
Agri&Food	Agri&Food	Agri& Food 2016-2019	9 roadmaps
Chemie	Chemie	Chemie 2016-2019	4 roadmaps
Creatieve Industrie	CLICKNL	CLICKNL 2016 -2017	5 thema's/research areas
Energie	Wind op Zee	Wind op Zee 2016-2019	5 programmalijnen
	Gas	Gas 2016-2019	5 programmalijnen
	Urban Energy	Urban Energy 2016-2019	5 programmalijnen
	ISPT	ISPT 2016-2019	14 innovatieclusters
	BBE	Biobased Economy 2016-2019	4 programmalijnen
		MVI Energie 2016-2019	
		Systeemintegratie 2016-2019	3 opties
High Tech	HTSM	HTSM 2016-2019	16 roadmaps (1 ICT)
		ICT 2016-2019	
Life Sciences & Health	LSH	LSH 2016-2019	3 thema's/pilaren
Logistiek	Logistiek	Logistiek 2016-2019	6 roadmaps
Tuinbouw & Uitgangsmaterialen	Tuinbouw	T&U 2016-2019	5 thema's
	Uitgangsmaterialen		
Water	Deltatech.	Deltatechnologie 2016-2019	10 thema's
	Maritieme technologie	Maritieme technologie 2016-2019	4 thema's
	Watertechnologie	Watertechnologie 2016-2019	3 thema's

## 5.2 Handelsrelaties en grondstoffendiplomatie

Het oplossen van leveringszekerheidsvraagstukken kan Nederland niet alleen. De Nederlandse economie is sterk verknoopt met tal van wereldwijde waardeketens. De EU-28 zijn zonder enige twijfel uiterst belangrijk als het gaat om het formuleren van een internationaal beleid dat de leveringsrisico's voor Europa als geheel moet beheersen.

Toch is het aangaan van gesprekken met belangrijke handelspartners uiterst zinvol. Op die manier kunnen gemeenschappelijke zorgen worden gedeeld, kunnen gemeenschappelijke initiatieven worden ontplooid (grensoverschrijdende samenwerking op het gebied van recycling en de circulaire economie bijvoorbeeld). De resultaten uit deze studie geven aan welke handelspartners voor de directe maar zeker en vooral ook de indirecte levering van grondstoffen belangrijk zijn. De voornaamste handelspartners voor de 64 materialen binnen de EU-28 zijn Duitsland, België, het Verenigd Koninkrijk en Frankrijk. Buiten de EU-28 zijn de voornaamste handelspartners China, De V.S., Rusland, Japan en Noorwegen. In het specifieke geval van de conflictmineralen tin, tantaal, wolfram en goud (TTTG) is de situatie vergelijkbaar. Alhoewel de voornaamste mijnbouwlanden voor deze materialen Rwanda en Congo (voor tantaal), China (voor tin en wolfram), Peru en Indonesië (voor tin) en Australië (goud) zijn, zijn de voornaamste handelspartners voor Nederland op dit gebied China, de V.S. en de EU-28-landen Duitsland, België, Polen en Frankrijk. Hun omgang met dit dossier is relevant voor de Nederlandse situatie.

Uit de detail-analyse met Duitsland blijkt dat wij voor een aantal kritieke materialen voor ruim meer dan de helft van onze behoefte afhankelijk zijn van Duitsland. Daarmee zijn hun zorgen op die vlakken ook onze zorgen.

Het moge duidelijk zijn dat de methodiek hier ontwikkeld een detailanalyse ook voor andere landen mogelijk maakt.

Naast kennis over relaties met landen die kritieke materialen leveren, zou ook meer aandacht besteed kunnen worden aan indicatoren die gerelateerd zijn aan de risico's van grondstoffennationalisme. Hieronder vallen o.a. het belang van grondstoffen in de inkomsten van (instabiele) landen, het monopolie van mijnbouwstaatsbedrijven of regelgeving die investeringen door buitenlandse mijnbouwbedrijven beperken. De mate waarin een bronland tot de orde wordt geroepen door de WTO (Wereldhandelsorganisatie) zou hier ook onder kunnen vallen. De website [www.wto.org](http://www.wto.org) geeft uitgebreide documentatie over de aard en het aantal van dergelijke disputen. Nadere beschouwing van deze gegevens laat zien dat het aantal geschillen over specifiek 'raw materials' (en 'rare earth metals') in het niet valt in vergelijking met disputen over tal van overige producten. Op dit moment zijn dergelijke gegevens dus niet in te zetten voor deze studie.

Maar een analyse van deze indicatoren kan een ander licht werpen op de landen waar Nederland met prioriteit aandacht aan zou moeten schenken.

### **5.3 Ontwikkeling van additionele databronnen en indicatoren**

#### *5.3.1 Afstemming met en gebruik van overige initiatieven om materiaalafhankelijkheid in kaart te brengen*

De huidige Nederlandse activiteiten nemen een voorname plaats met betrekking tot het in kaart brengen van materiaalstromen die kritiek zijn voor de economie. In de komende revisie van de kritieke materialenlijst voor de Europese Commissie maakt TNO deel uit van het onderzoeksconsortium (naast BIO-IS en de BRGM en BGS). Het verdient aanbeveling te stimuleren dat de Nederlandse ontwikkeling ook op langere termijn deel is van het internationale discours op dit vlak. Op dit moment zijn vier prominente databases in ontwikkeling die in de toekomst een synergie zouden kunnen hebben met de resultaten van dit project. In Bijlage 7 wordt ingegaan op enkele van die databases.

### 5.3.2 *Effect op biodiversiteit van grondstofgebruik*

De impact van economische activiteiten op biodiversiteit is moeilijk in een causaal verband vast te stellen. Biodiversiteit is in de huidige studie onderdeel in de endpoint analyse, zoals in detail besproken in bijlage 3. Het expliciet relateren van biodiversiteit in grondstofgebruik is echter nog niet gedaan. Het is waardevol te verkennen of deze relatie onderwerp kan zijn van toekomstige studies.

De resultaten van milieu-impacts zijn bepaald op zowel midpoint- (meetbare milieueffecten zoals CO2 emissies, verzuring, e.d.) als op endpointniveau (schade op een hoger niveau, zoals ecosystemen, gezondheid en resources). In bijlage 3 zijn de verschillen tussen Midpoint en Endpoint analyse geïllustreerd. Deze verschillen komen o.a. voort uit complexe begrippen als uitputting van grondstoffen en vermindering van biodiversiteit. Deze verschillen zijn een aanwijzing van het verband tussen winning van grondstoffen en vermindering van biodiversiteit.

Mogelijkheden impact op biodiversiteit in een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA) raamwerk te analyseren worden op dit moment door onderzoeksbureau CREM in opdracht van EZ onderzocht. Hierbij is het begrip Natuurlijk Kapitaal van belang, als aanvulling op de kapitaalbegrippen van de andere twee elementen van duurzaamheid. Dit zijn Sociaal Kapitaal (cultuur, instituties, kennis) en Economisch Kapitaal. (kapitaalgoederen als machines, infrastructuur, transportvoertuigen etc.) Op die wijze kan worden begonnen met het aanleggen van causale verbanden t.a.v. de manier waarop maatregelen en economische activiteiten effect hebben op biodiversiteit

### 5.3.3 *Indicatoren-ontwikkeling met betrekking tot duurzaamheidsaspecten*

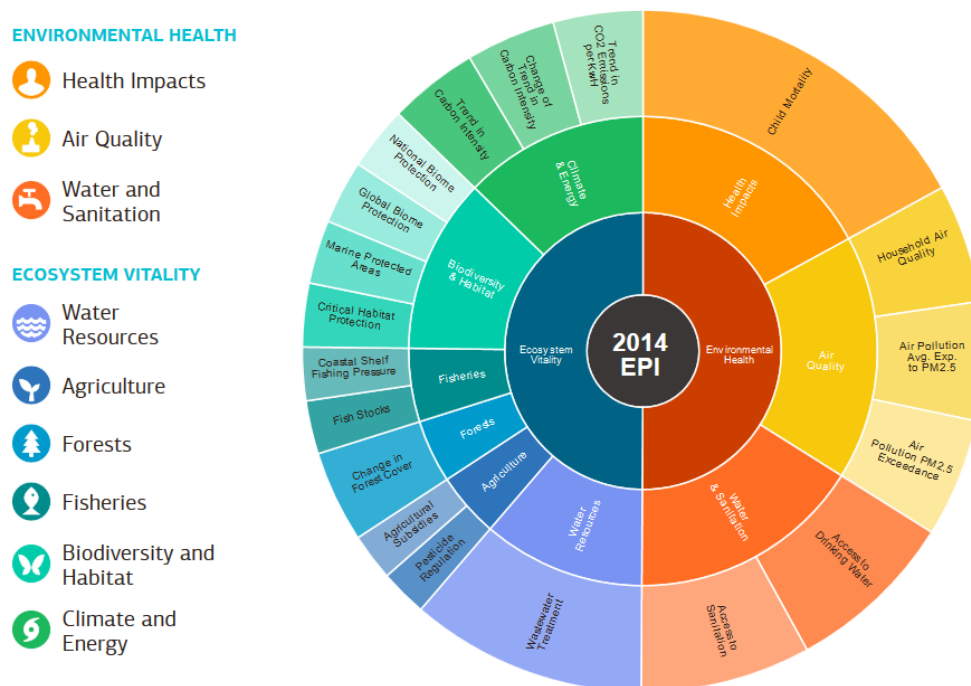
Het is belangrijk om betrokken te blijven met internationale ontwikkelingen op het gebied van indicatoren. Concreet betekent dit:

- Als de data op Europees niveau geïnterpreteerd moeten worden is het nodig om de resultaten te herberekenen aan de hand van de ILCD- in plaats van de ReCiPe-methode. De ontwikkelingen binnen het ILCD en het JRC dienen in ieder geval in de gaten gehouden te worden met oog op Europese ontwikkelingen, samenwerking en voorschriften op LCA-gebied;
- De activiteiten van The Sustainability Consortium volgen, o.a. met oog op het in kaart brengen van externe effecten en het harmoniseren van assessmentmethodes op het gebied van duurzaamheid. Op dit moment is hier nog geen universele standaardmethode voor; sterker nog, Nederland neemt een vrije unieke positie in wat betreft het hebben en gebruiken van schaduwprizen . Vanuit de LCA-wetenschap is ook de UNEP/SETAC een belangrijke partij om in de gaten te houden;
- Voor verdere ontwikkeling van de grondstoffentool in Nederlandse aanbestedingen zou overwogen kunnen worden om dezelfde procedure op te zetten als voor aanbestedingen in de Bouw en GWW-sector 26.



### 5.3.4 Aanvullende milieu- en gezondheidsindicatoren: EPI

EPI zou een waardevolle aanvulling zijn op LCA- en HDI-indicatoren, zelfs al is er enige overlap. EPI biedt een ander perspectief dan LCA en een verdieping ten opzichte van HDI. De Environmental Performance Index (EPI) is een samengestelde index die milieugezondheid en ecosysteemvitaliteit meet. De EPI is ontwikkeld en wordt beheerd door Yale Center for Environmental Law & Policy (YCELP) en het Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) van Columbia University in samenwerking met het World Economic Forum en ondersteund door de Samuel Family Foundation en de McCall MacBain Foundation. De Environmental Performance Index (EPI) bestaat uit 2 “objectives, 9 “issue categories” en 20 indicatoren, getoond in Figuur 44.



Figuur 44 De Environmental Performance Index (EPI) bestaat uit 2 “objectives, 9 “issue categories” en 20 indicatoren”. Bron: Yale Center for Environmental Law & Policy<sup>39</sup>.

De indicatoren van de EPI zijn grotendeels overlappend met de LCA- en HDI-indicatoren die in dit rapport beschreven zijn; voor een kleine deel beslaan ze andere gebieden. De gezondheidsindicatoren worden voor een groot deel afgedekt door de HDI-indicator “life expectancy”. De EPI zou gebruikt kunnen worden voor een meer gedetailleerde berekening van deze indicator, omdat er meer verschillende indicatoren onderscheiden worden. De meeste indicatoren van “Ecosystem Vitality” zitten indirect reeds in de LCA-impactcategorieën van ReCiPe: biome protection wordt door ReCiPe bijvoorbeeld meegenomen doordat aan verschillende vormen van landgebruik een milieu-prijskaartje hangt. Climate & energy wordt ook meegenomen in ReCiPe, namelijk op effectniveau (broeikasgaseffect uitgedrukt in CO<sub>2</sub> equivalenten), terwijl de EPI deze uitdrukt in oorzaken, namelijk “Trends in carbon intensity”. Water- en pesticidegebruik en andere landbouwactiviteiten worden door ReCiPe ook uitgedrukt in gevolgen (bijv. verzuring/vermesting van water), maar door de EPI op het niveau van regels en subsidies. De enige indicatoren die door de EPI wel en door ReCiPe (bijna) niet worden meegenomen, zijn de visindicatoren.

<sup>39</sup> Website YCELP over EPI: <http://epi.yale.edu/our-methods> (laatst bezocht 27-11-2015).

De EPI neemt dus in totaal min of meer dezelfde indicatoren mee als LCA (ReCiPe) en HDI, maar toont de resultaten vanuit een ander perspectief. De voornaamste reden dat de EPI op een andere manier naar indicatoren kijkt dan ReCiPe is omdat de EPI gebaseerd is op landendata, terwijl ReCiPe gebaseerd is op productdata. Bij het analyseren van grondstoffen en producten is het waardevol om naar beide aspecten te kijken, omdat zowel de specifieke productieprocessen als de specifieke omstandigheden in het land van herkomst relevante factoren zijn in de besluitvorming. Daarmee is de EPI een waardevolle aanvulling op de reeds gedefinieerde LCA- en HDI-indicatoren in de grondstoffentool. In vervolgonderzoek zou een plaats ingeruimd moeten worden voor de EPI, dan wel voor een analyse van de complementariteit en mogelijk toegevoegde waarde.

### *5.3.5 Regelgeving m.b.t. toxiciteit en gezondheidsaspecten van grondstoffen combineren met gegevens uit deze studie*

RIVM heeft in dit onderzoek assistentie verleend door haar omvangrijke werk in relatie tot toxische stoffen te duiden met deze studie. Het werk van RIVM wordt vertegenwoordigd door het een reeks aan databases ([Codex Alimentarius](#), [eChemPortal](#), [IPCS databases](#) etc.) Voor de studie naar afhankelijkheid van materialen laat de ECHA (European Chemical Agency) database zich het best lenen voor koppeling. Het is een informatiebron over de chemische stoffen die in Europa vervaardigd en geïmporteerd worden. Bestreken worden o.a. hun gevaarlijke eigenschappen voor de gebruiker, de indeling en etikettering alsook informatie over hoe de stoffen veilig te gebruiken. Deze informatie levert een waardevolle bijdrage aan de bevordering van een veilig gebruik van chemische stoffen en aan de vervanging van de gevaarlijkste chemicaliën door veiligere alternatieven.

In toenemende mate ondervinden bedrijven dat gezondheidsaspecten een grote rol gaan spelen in beslissingen omtrent productontwerp en productieprocessen. De database leent zich niet voor een overkoepelende analyse over de toxiciteit van de 64 materialen. Wel is het mogelijk om via een correspondentietabel de koppeling te maken tussen HS productgroepcodes en de CAS (Chemical Abstract Substance) nummers. Zo kunnen gebruikers van de tool via de voor hen relevant productgroepen snel inzicht krijgen in de vigerende wet- en regelgeving.

## **5.4 Complexiteit van de waardeketen en de kwetsbaarheid van de economie**

In deze studie is een groot aantal indicatoren geïntroduceerd en gebruikt om risico's omtrent grondstoffen in kaart te brengen. Wat echter buiten de scope van dit onderzoek valt is de mate waarin tal van indicatoren invloed op elkaar uitoefenen door de complexe opbouw en structuur van nationale en internationale economische netwerken.

Enkele voorbeelden van deze nexus-vraagstukken of systeem(dynamische) risico's worden hier aangestipt:

- De prijs van een primaire grondstof bepaalt in sterke mate de 'business case' van recycling;
- Succesvolle recycling van 'host'-materialen kan een negatieve invloed hebben op de winning van 'companions';
- In bepaalde waardenketens is de winning van grondstoffen, de verwerkingsindustrie en fabricage van specifieke componenten zeer geconcentreerd en beperkt aanwezig. Verstoringen raken daarmee gelijk meerdere waardenketens;

- De onderlinge relaties tussen ecosystemen en economische systemen zijn zeer verweven (gebruik functies, diensten en grondstoffen). Ecosystemen en hun diensten staan onder druk vanwege overexploitatie.

Een overzicht van deze relaties en de mate waarin ze elkaar beïnvloeden is niet in kaart gebracht. Om deze lacune in kennis te dichten is het mogelijk om een complexiteitsanalyse voor grondstofstromen uit te voeren.

Een complexiteitsanalyse is relevant voor de Nederlandse economie en in het bijzonder voor het ministerie van Economische Zaken. Nederland is als open handelsland afhankelijk van verstoringen in handelsketens. In de agrofoodketens zijn wij een belangrijke wereldspeler en in de elektronica hebben we een aantal wereldspelers en exporterende MKB-ers binnen de grenzen. Verstoringen in grondstoffenketens kunnen ons relatief snel bereiken. Het actief inspelen op mogelijke systeemrisico's geeft richting aan het Nederlandse grondstoffenbeleid en sturing aan de internationale agenda daarbinnen. Dit sluit aan bij de tussenbalans Groene Groei waarin aangegeven wordt dat het Topsectorenbeleid meer op schaarse grondstoffen en recyclingstechnologie zal worden gericht.

Een complexiteitsanalyse zou gebaseerd kunnen worden op inzichten in de resilience literatuur. In het boek 'Principles for building Resilience'<sup>40</sup> wordt geconstateerd dat op basis van de resilience literatuur 7 principes voor beleidsvorming kunnen worden geformuleerd:

1. Maintain diversity (variety, balance, disparity) and redundancy;
  - a. Variety: how many elements?
  - b. Balance: how many of each element?
  - c. Disparity: how different are the elements from each other?
  - d. Redundancy: how many elements perform a particular function similarly?
2. Manage connectivity;
3. Manage slow (and fast) variables and feedbacks;
4. Foster complex adaptive systems thinking;
5. Encourage learning;
6. Broaden participation;
7. Promote polycentric governance systems.

Op basis van deze principes zouden de volgende onderzoeksaspecten kunnen worden geformuleerd:

- M.b.t. connectivity:
  - o kwantitatief beoordelen van o.a. stabiliteit ('eigen values'<sup>41</sup>) en topologie van materiaalstromen en relaties van economische controle<sup>42</sup> (per ketenfase);
  - o gebruik maken van structural path analysis op basis van IO-analyses van de Nederlandse economie<sup>43</sup>;

<sup>40</sup> Biggs et al. (2015) Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems, Cambridge University Press.

<sup>41</sup> o.a. Allesina en Tang (2012) Stability criteria for complex ecosystems, Nature, volume 483, nr. 205.

<sup>42</sup> Zie o.a. het CBS-onderzoek voor het jaar 2012 welke bedrijven in Nederland in buitenlandse handen zijn. Deze gegevens kunnen worden gecombineerd met de ORBIS database van de Universiteit van Lausanne. (Vitali S., J. B. Glattfelder, and Stefano Battiston, 2011)

- M.b.t. “Slow/fast variables and feedbacks”:
  - Invloed van en op prijselasticiteit (‘supply shocks’) en prijsvorming;
  - Ontwikkeling aanbod door mijnbouw en recycling;
  - Technologische ontwikkeling waardoor andere materiaalbehoefte ontstaat (o.a. substitutie);
  - Dynamiek in maakindustrie (verplaatsing, faillissementen, overnames).

#### 5.4.1 *Invloed van de waardeketen op monopolyvorming*

Een uitwerking van de aspecten die een rol spelen in de complexiteit van de waardeketen wordt hieronder gegeven.

De huidige studie richt zich m.n. op kritikaliteit die gerelateerd is aan grondstofproducerende landen. Toch is niet in alle gevallen de grondstofproductie de ‘bottleneck’ als leveringsrisico. Deze kan op elk van de stappen in een productieketen liggen. Op deze plek besteden we aandacht aan de eerste stap die na de mijnbouw plaatsvindt, de raffinage. Veel materialen worden niet geraffineerd in het oorspronkelijke mijnbouwland, maar worden als erts verscheept naar een beperkt aantal andere landen. Op basis van de literatuurgegevens (o.a. in de USGS Mineral Commodity Yearbooks) kan dan een vergelijking worden gemaakt van de land-concentratie van deze vervolgstap en van de gewogen WGI.

Dit geldt niet voor alle materialen die voor 100% gewonnen worden als bijproduct (zie paragraaf 2.2.3). De gerapporteerde bronlanden zijn hier in alle gevallen de landen waar de ‘host’ wordt geraffineerd en waar als het bewuste materiaal als bijproduct wordt gewonnen.

De platinagroepmetalen (PGM) en de groep zeldzame aardmetalen nemen ook een bijzondere positie in. De eerste raffinage van erts van de PGM wordt in de mijnbouwlanden verricht. Dat geldt ook voor de raffinage van de zeldzame aarden: niet alleen is de mijnbouw momenteel praktisch gemonopoliseerd door China, dat geldt vanzelfsprekend ook voor de verdere raffinage-stappen. Voor de situatie met zeldzame aarden is de situatie treffend geïllustreerd door Figuur 45, afkomstig uit documenten afkomstig van het Amerikaanse Ministerie van Defensie<sup>44</sup>.

---

<sup>43</sup> Zie methodiek gebruikt in “Ketens voor transitieprogramma Circulaire Economie - Onderbouwing van de selectie van 3 ketens voor het transitieprogramma (thema 4 RACE) Circulaire Economie door TNO, The Circle Economy en MVO Nederland.

<sup>44</sup> Interim Report Assessment and Plan for Critical Rare Earth Materials in Defense Applications, Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology and Logistics, August 2011.

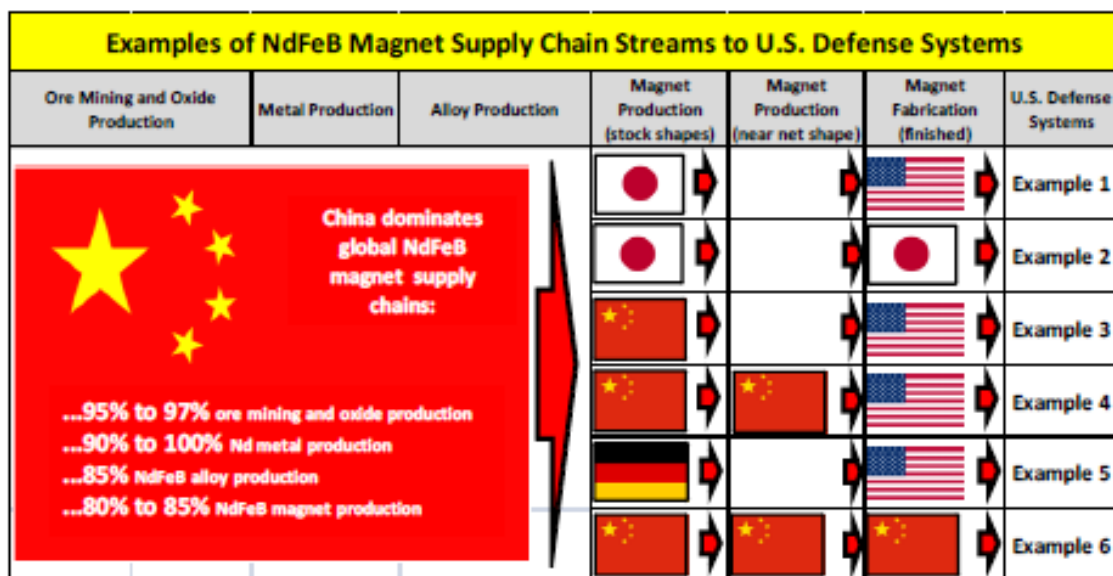


Figure 2. Examples of NdFeB Magnet Supply Chain Streams to Select U.S. Defense Systems

Figuur 45 Representatie van de supply chain van zeldzame aarden (bron: US Ministerie van Defensie)

Voor een aantal grondstoffen zijn de eerste stappen van mijnbouw naar raffinage op basis van publiek beschikbare data goed in te schatten, te weten voor ijzer (raffinage naar gietijzer en staal), aluminium (raffinage uit bauxiet), tin (Sn), kobalt (Co), chroom (Cr), magnesium (Mg), mangaan (Mn), nikkel (Ni), zink (Zn), koper (Cu), indium (In) en lithium (Li) bekeken. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 8 Verloop van  $HHI_{prod}$  en WGI in de waardeketen

grondstof/erts	geraffineerd product	grondstof/erts	geraffineerd product	grondstof/erts	geraffineerd product
		$HHI_{prod}$	$HHI_{prod}$	WGI	WGI
ijzererts	gietijzer	2742	3302	6	-19
	ruw staal		2486		-4
bauxiet	aluminium	1960	2409	30	-4
tin	metaal	2658	2865	-46	-37
kobalt	metaal	2699	1898	-39	5
chromite	FeCr	2206	2271	-3	-19
	metaal		2717		-28
	Cr-chemicaliën		2054		-19
magnesium	Mg compounds	5121	1865	-32	-11
	primair Mg		7743		-53
mangaan	ferromangaan	1507	3260	18	-6
	silicomangaan		3908		-36
nikkel	ferronikkel	849	2549	13	-17

	metaal		1479		43
zink	Zn-smelters	1677	1641	9	19
koper	Cu-smelters	1282	1327	43	23
indium (uit zink)	Indium-refining	2326	2582	1	18
lithium	lithiumcarbonaat	2857	3798	90	75

In deze tabel wordt in rood aangegeven of de stap na de mijnbouwstap 'verslechtert', ofwel de landenconcentratie vergroot, of de World Governance Index verbetert (hoger wordt).

Significante verschuivingen in negatieve zin doen zich voor bij ijzer, aluminium, magnesium, nikkel, mangaan en lithium.

De situatie die hier geschetst wordt kan zich natuurlijk ook verder in de waardeketen voordoen. Voor heel specifieke applicaties kan de verdeling van productielanden ongunstiger zijn dan die van de oorspronkelijke mijnbouwlanden. Alhoewel het hier een relevant fenomeen betreft, zal de analyse omtrent kritikaliteit zich toch baseren op gegevens omtrent bronlanden.

Het is duidelijk dat diepere kennis van de waardeketens van grondstoffen tot en met de voor ons relevante halffabrikaten en eindproducten een heel ander beeld van kritikaliteit en risico kan opleveren. De in deze paragraaf genoemde complexiteitsanalyse kan daar aan bijdragen, evenals het verder uitwerken van de databases genoemd in paragraaf 5.3.1.

## 5.5 Voorspellen van voorzieningszekerheid van grondstoffen

Een groot maar onvermijdelijk nadeel van de kritikaliteitsstudies die wereldwijd verschijnen is dat zij gebaseerd zijn op historische gegevens, zowel op het gebied van de analyse van het economisch belang, als op het gebied van de relevante cijfers omtrent productie en reserves, de verdeling daarvan over de wereld en de mate van ontwikkeling van de bronlanden, recycling en substitutiemogelijkheden. In essentie zouden beleidsmakers en belanghebbenden uit de industrie zich willen beroepen op vooruitzichten over vraag en aanbod van grondstoffen en de spanning daartussen.

Er zijn hiervoor verschillende mogelijkheden, die deels ook al zijn gepubliceerd. Hier volgen enkele strategieën.

### 5.5.1 Relatie tussen grondstofbehoefte en de ontwikkeling van het Bruto Nationaal Product

Halada en zijn medewerkers hebben tussen 2008 en 2015 een aantal artikelen geschreven die de waargenomen relatie beschrijven tussen het BNP en de mate van consumptiegroei van een aantal metalen<sup>45</sup>. Hierbij is een aantal patronen waar te nemen die weergegeven worden in de onderstaande figuren. Kenmerk van elk van de groeipatronen is dat tot een zeker omslagpunt de consumptie van metalen recht evenredig groeit met de toename van het BNP. Vanaf dat omslagpunt is een aantal patronen waar te nemen:

<sup>45</sup> K. Halada, M. Shimada, K. Ijima, Forecasting of the consumption of metals up to 2050, Mat. Trans. Vol.49, No.3 (2008) pp. 402-410; *ibid.*, Decoupling status of metal consumption from economic growth, Mat.Trans. Vol.49, No.3 (2008) pp. 411-418; K.Halada, Historic Move of current global flow of strategic metals, World Resources Forum, Davos, October 2015.

- i) Een absolute ont koppeling tussen groei BNP en metaal-consumptie (waargenomen voor goud, wolfram, tin, chroom, mangaan en zink);
- ii) Een stagnatie van de groei na het omslagpunt (waargenomen voor koper en lood);
- iii) Een relatieve ont koppeling tussen groei BNP en groei metaalconsumptie (ofwel: na het omslagpunt neemt de consumptiegroei af)(waargenomen voor: aluminium, antimoon, nikkel, zilver, molybdeen, palladium en staal);
- iv) Geen ont koppeling, ofwel: een voorlopige recht evenredige groei met BNP-groei; dit geldt voorlopig voor een aantal high-tech-metalen die voor specifieke doeleinden voornamelijk in welvarender delen van de wereld worden ingezet (waargenomen voor: platina, gallium, zeldzame aardmetalen, silicium-metaal, kobalt, lithium en indium).

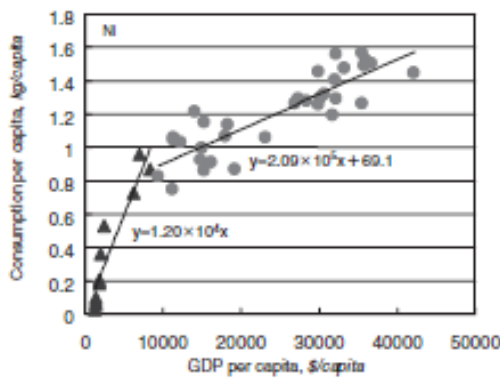


Fig. 4-2 Nickel

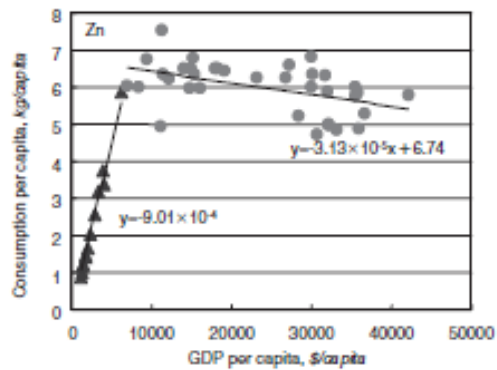


Fig. 4-9 Zinc

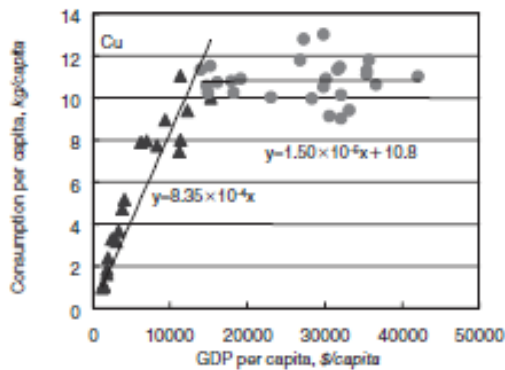


Fig. 4-11 Copper

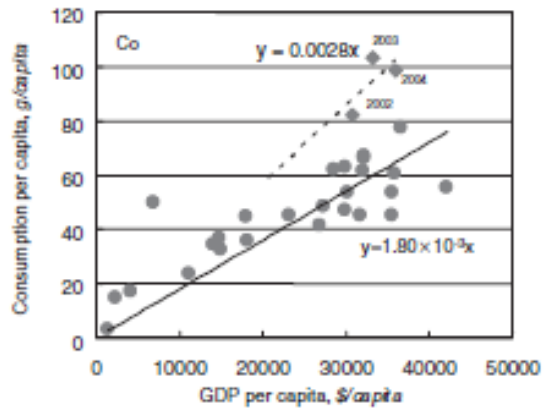


Fig. 4-19 Cobalt

Figuur 46 Relatie tussen BNP groei en groei metaalconsumptie voor nikkel, zink, koper en kobalt

In zijn toespraak tot het World Resources Forum in Davos (oktober 2015) constateert Halada dat de snelle groei van de wereldeconomie ervoor heeft gezorgd dat een groot deel van de wereldbevolking nu op of boven het omslagpunt van 10.000 \$/persoon zit met een navenant grote groei van de metaalconsumptie. De relaties die Halada waarneemt en de consequenties die dat heeft voor een druk op de leveringszekerheid van Europa en Nederland verdienen extra onderzoeks aandacht.

### 5.5.2 *De gevolgen van technologie-ontwikkeling voor de behoefte aan grondstoffen*

In het boek *Rohstoffe für Zukunftstechnologien*<sup>46</sup>, beschrijven Angerer en zijn medewerkers voor 19 grondstoffen wat de consequenties voor de behoefte zou zijn als een groot aantal nieuwe technologieën in de komende decennia tot grote groei zouden komen (gebaseerd op samenstellingsgegevens van deze technologieën en de door de industrie voorgestelde roadmaps). De conclusies uit deze studie zijn dat in een periode tot 2030—alleen al op basis van de behoefte voor enkele nieuwe technologieën zoals het gebruik van permanente magneten, PV-cellen, optische vezels, en displays— voor een aantal materialen geldt dat de productievolumina sterk zouden moeten stijgen. De sterkste behoeftegroei zou ontstaan voor gallium (vereiste productiegroei factor 6), neodymium (factor 4), indium (factor 3), germanium (factor 2,5), scandium (factor 2,3) en platina (factor 1,5).

De eventuele invloed van alternatieve strategieën die het gebruik van deze materialen vermindert of voorkomt (substitutie-strategieën) is ook niet meegenomen in deze Duitse studie. Het volgen van de ontwikkelingen daarin zou voor een inschatting van toekomstige leveringszekerheid aan te raden zijn.

De samenhang met de eventuele groei van de niet-onderzochte technologieën is vanzelfsprekend onbekend. Ook is de mate waarin deze toekomstige tekorten schadelijk zouden zijn voor de Nederlandse economie vanzelfsprekend niet nader geanalyseerd.

### 5.5.3 *Ontwikkeling van aanbod uit mijnbouw*

Bij het bepalen van de lange-termijn-kritikaliteit gebruikt dit rapport de door de US GS gerapporteerde R/P-verhouding, ofwel het aantal jaren ongestoorde productie bij gelijkblijvende technische en economische omstandigheden. Vanwege juist de ontwikkelingen daarin wordt algemeen gesteld dat de reserve-waardering een indicator is die weinig concrete informatie over de toekomst geeft.

Als het gaat om de ontwikkeling in de reserves zou er een relatie dienen te bestaan tussen de hoeveelheid middelen die worden gestoken in het opsporen van reserves (de exploratie-fase) en de mate waarin significante vondsten worden gedaan. Richard Schodde, Managing Director, MinEx Consulting, constateert in zijn presentatie voor de IMARC conferentie in 2014 dat dat niet het geval is, en dus dat er reden tot zorg is. Een analyse van de uitgaven in de exploratie van metalen en mineralen zou in principe een bijdrage kunnen leveren aan inzicht in beschikbaarheid op lange termijn. Immers, waar niet geïnvesteerd wordt in het zoeken van nieuwe voorraden zullen die nieuwe voorraden ook niet ontstaan.

Een overzicht van investeringen in de exploratie wordt gegeven in Figuur 47. Hieruit blijkt dat in 2012 een absolute piek bereikt is in investeringen in de getoonde grondstoffen. Het aantal grote ontdekkingen houdt echter geen gelijke tred met deze toegenomen investeringen. Deze staat al enige decennia op 60-70 ontdekkingen per jaar (waarvan slechts enkele gekarakteriseerd worden als 'giant discoveries' ofwel >1 Mt Ni, >5 Mt Cu equiv). Goud-investeringen domineren deze investeringen maar de investeringen in basismetalen ( koper, zink, nikkel, lood) nemen ook toe. Dit

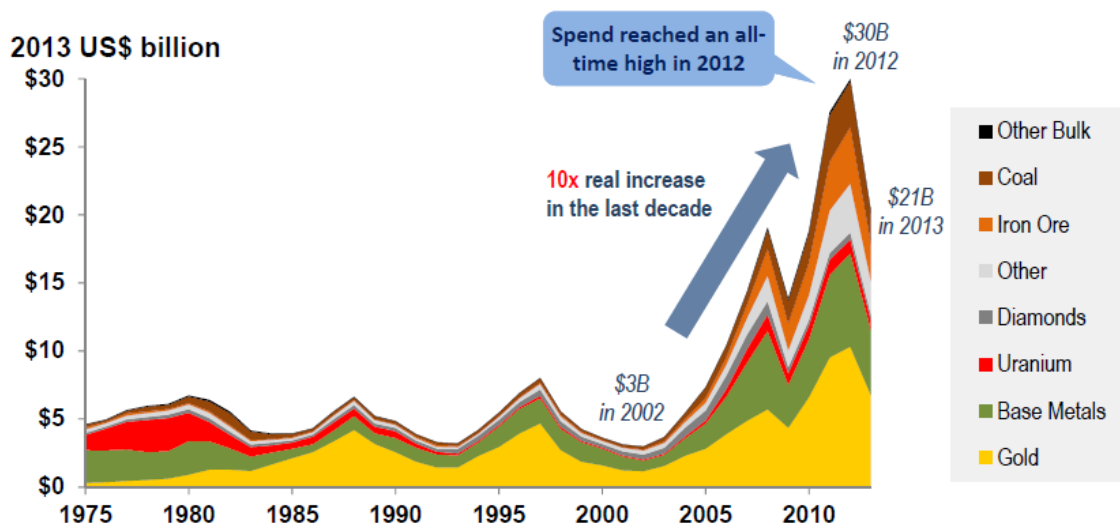
---

<sup>46</sup> G. Angerer, F. Marscheider-Weidemann, A. Lüllmann, V. Handke, M. Merwede, M. Scharp, L. Erdmann, *Rohstoffe für Zukunftstechnologien*, Fraunhofer IRB Verlag, 2009.



betekent dat er indirect ook wordt geïnvesteerd in de exploratie naar de bijproducten (companions) van deze metalen.

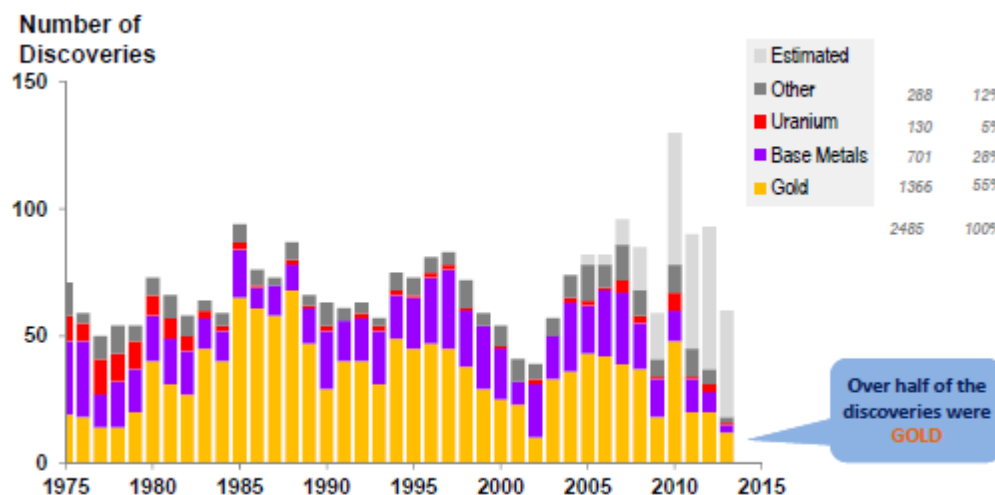
Vanwege de moeilijk te voorspellen relatie tussen exploratie-investeringen en uiteindelijke mijnbouw, en het feit dat slechts over enkele grondstoffen summier data te vinden zijn, zal in deze analyse de mate van investeringen in exploratie niet als indicator worden meegenomen.



Figuur 47 Investerings in exploratie per grondstofsoort (bron: Minex Consulting)<sup>47</sup>

Daarbij komt dat de detailinformatie slechts voor enkele metalen ter beschikking is. Werken aan een betere methodiek om gegevens te verkrijgen en/of te verzamelen over de aanbod-ontwikkeling (a.g.v. exploratie of nieuwe mijnbouwprojecten) zou op Nederlands niveau, maar zeker op Europees niveau moeten worden gedekt. Commerciële data-bureaus (RMG, PCI, Roskill) voorzien deels in die behoefte, maar de aansluiting hiervan bij het beleidsniveau is mager.

<sup>47</sup> Richard Schodde, Minex Consulting, Uncovering exploration trends and the future, Presentation to International Mining and Resources (IMARC) Conference 22nd September 2014 Melbourne.



Figuur 48 Aantal concrete erts-ontdekkingen (bron: Minex Consulting, September 2014)

#### 5.5.4 Onderzoek naar de toekomst van leveringszekerheid

Een op de toekomst gericht beleid zou ook een op de toekomst gericht beeld willen schetsen van toekomstige zorgen omtrent vraag- en aanbod-ontwikkeling van voor de Nederlandse economie relevante grondstoffen, materialen en intermediates. De Europese commissie heeft in haar onderzoeksprogramma 2016 1 miljoen euro ter beschikking gesteld voor een studie naar “ Demand-supply forecast and raw materials flows at global level” (SC5-16a); de tekst luidt: *“Proposals should develop a common methodology to mineral raw materials flows at global level which could be agreed and used at international level. As a pilot case, focus should be on critical raw materials and in particular the ones used in low-carbon technologies. The methodology should incorporate models on demand-supply forecast in order to allow for dynamic analysis of global materials flows. Proposals should provide recommendations and feed into future policy developments”.*

Een dergelijk onderzoeksprogramma gericht op de Nederlandse behoefte zou onderdeel van een grondstoffen-onderzoeksagenda moeten zijn.

## 5.6 Biotische grondstoffen

### 5.6.1 Biotische grondstoffen zijn belangrijk voor de Nederlandse economie

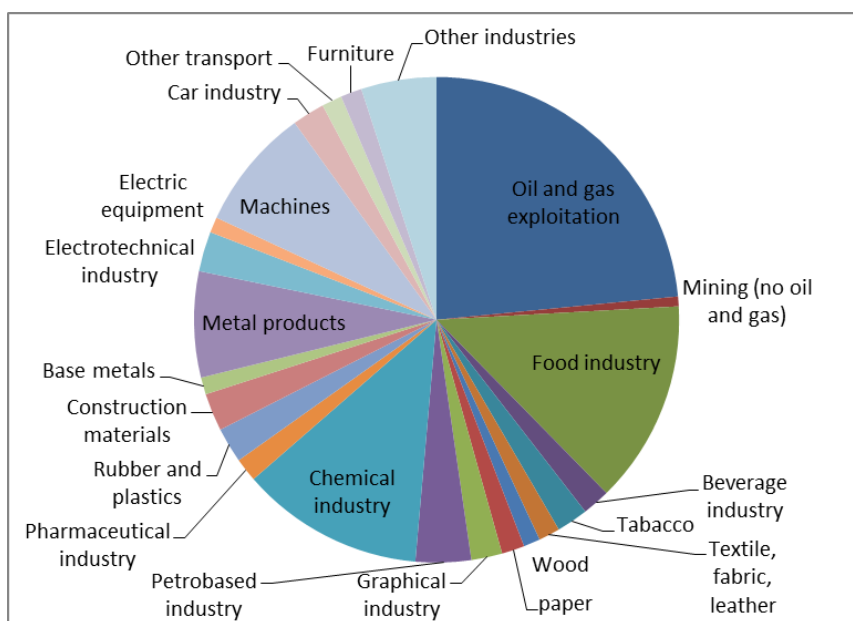
Deze studie onderzoekt de relatie tussen 64 abiotische grondstoffen en de Nederlandse economie. Dit geeft bijna vanzelfsprekend een sterke relatie met die sectoren die veel gebruik maken van kritieke abiotische grondstoffen zoals sectoren rond de maakindustrie van elektronische en elektrische apparatuur en machines.

De economie van Nederland is echter ook sterk verweven met de biotische sectoren, zoals uit bijgaande figuur blijkt. Hierin staat de verdeling van toegevoegde waarde van de gehele verwerkende industrie voor de Nederlandse economie in 2012. Hieruit blijkt dat ongeveer 25% van de exportwaarde afkomstig is uit de voedsel- en drankenindustrie, chemische industrie, houtverwerkende en papierproducerende industrie. De vaak organische en biotische grondstoffen voor deze sectoren zijn niet opgenomen in de huidige studie, waarmee dus een incompleet en

enigszins ongebalanceerd beeld ontstaat voor wat betreft de leveringszekerheidsvraagstukken voor de Nederlandse economie.

### 5.6.2 Biotische grondstoffen onderdeel van de Europese kritikaliteit-studies

In de meest recente studie van de EU naar kritieke materialen waren enkele biotische grondstoffen meegenomen in de analyse, te weten: natuurlijk rubber, gezaagd naaldhout ('sawn softwood') en pulphout ('pulpwood'). Onder gebruik van dezelfde kritikaliteit parameters (een combinatie van bronlandconcentratie, recyclinggraad en substitueerbaarheid) werden geen van deze 3 biotische materialen als kritiek bestempeld. De studie stelt dat de gehanteerde methode wel bruikbaar is voor biotische materialen, maar dat er een aantal aspecten is die specifiek de beschikbaarheid van biotische grondstoffen kan beïnvloeden. Genoemde aspecten zijn: landgebruik-concurrentie, huidige intensiteit van landgebruik ("hoe dicht is over-exploitatie genaderd?"), impact op biodiversiteit, impact van natuurrampen en klimaatverandering, en het effect van ziektes.



Figuur 49 Verdeling van de toegevoegde waarde in de Nederlandse industrie (2012)

Dergelijke aspecten maken duidelijk dat de huidige set indicatoren inderdaad goed is te gebruiken, maar dat voor een gebalanceerd beeld met betrekking tot de leveringszekerheid van zowel abiotische als biotische grondstoffen een bredere set indicatoren nodig is. Daarbij valt ook op dat hier sprake is van aspecten die zowel direct met leveringszekerheid te maken hebben, als met maatschappelijk verantwoord ondernemen.

### 5.6.3 Eerste verkennende Nederlandse analyse naar biotische grondstoffen al verricht

In 2014 is het rapport "Grip op grondstoffen: Leveringszekerheid en biodiversiteit" verschenen, geschreven door KPMG Sustainability (en ondersteund door PBEE, CBL, FNLI, IUCN, Natuur & Milieu en VNO NCW). In dit rapport worden suiker, soja en visolie verder onder de loep genomen, wordt geconstateerd dat de leveringszekerheid van deze grondstoffen onder druk staat en wordt een handelingsperspectief geboden voor betrokken ondernemers. De genoemde thema's die een rol spelen bij het verminderen van de leveringszekerheid maken onmiddellijk duidelijk dat het hier om andere gevoeligheden gaat dan bij abiotische grondstoffen (Verlies, verandering en fragmentatie van habitat; Overexploitatie; Invasieve soorten; Vervuiling; Klimaatverandering). Des te meer

aanleiding om te zorgen voor een gezamenlijke set indicatoren die een evenwichtig mitigatie-beleid mogelijk maakt.

## **5.7 Nader onderzoek naar de invloed van de circulaire economie op leveringszekerheid?**

De discussie omtrent circulaire economie wordt gedreven door de noodzaak een economisch proces zo in te richten dat onze milieu- en materialen-footprint sterk afneemt, en dan m.n. op een manier dat waarde zoveel mogelijk in de kringloop behouden blijft en daarmee economische potentie wordt verkregen.

Een element dat een steeds belangrijker plaats inneemt in de discussie is of een stap naar meer circulariteit ook de leveringszekerheid van grondstoffen kan doen verbeteren. In wezen is dit een eenvoudige vraag: proces-efficiency-verbetering leidt tot afname van de hoeveelheid in te kopen materialen. De vraag is echter in welke categorieën dat valt en wat de mate is van de impact van een toenemend circulaire economie op de leveringszekerheid. De beantwoording van deze vraag op robuuste wijze vergt nader onderzoek in nauwe samenwerking met industriële spelers die in de praktijk ervaring hebben opgedaan met de impact die een circulaire transitie kan ondernemen. In de huidige studie is reeds een eerste voorzichtige analyse verricht van de verbinding tussen circulaire economie en (korte-termijn)leveringszekerheid.

### *5.7.1 Methodiek om de impact van een meer circulaire economie op leveringszekerheid te toetsen*

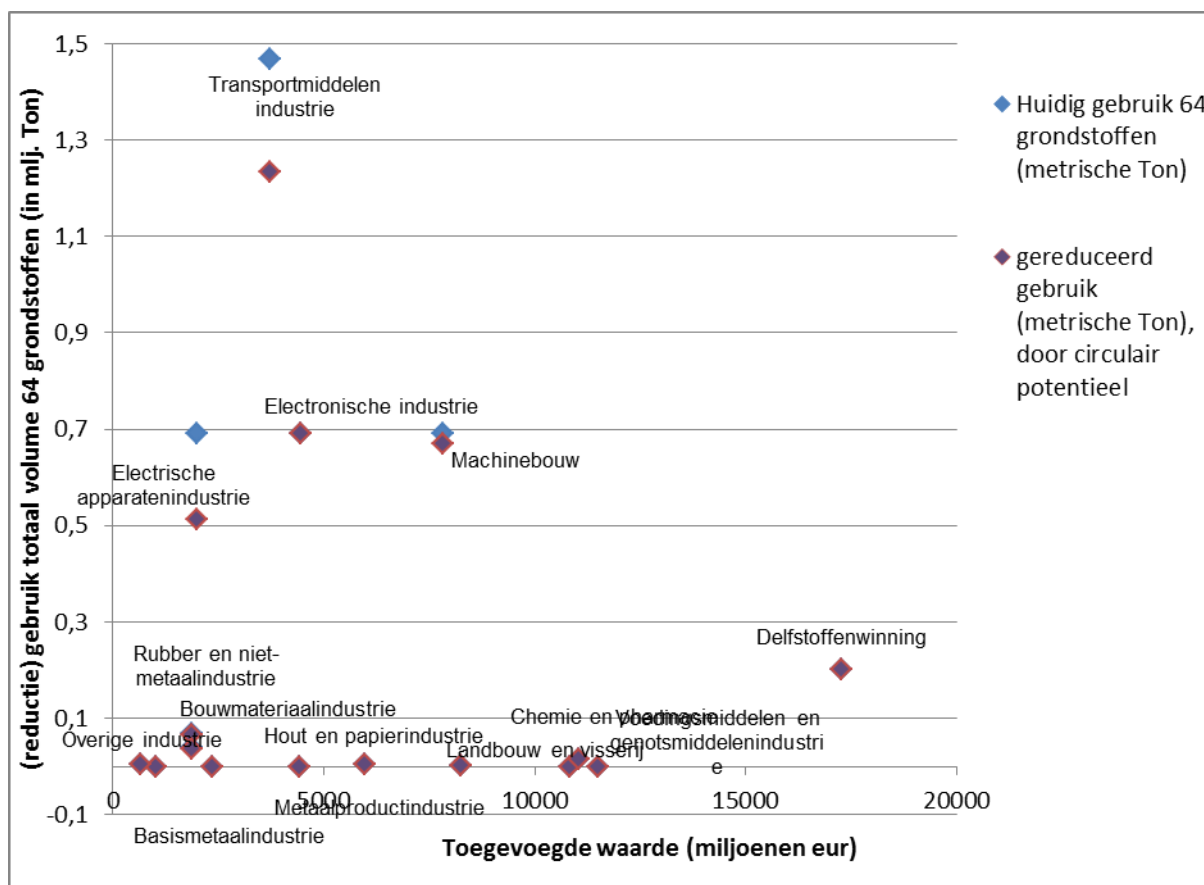
Een eerste analyse van de mogelijke impact van een meer circulaire economie op leveringszekerheid is in het kader van deze studie verricht. De analyse volgt grofweg de volgende stappen:

- i. 70 producten zijn als case-study onder de loep genomen, verdeeld over 35 sectoren en verdeeld over eindproducten en intermediates;
- ii. Van elk van die 70 producten is op 7 eigenschappen een score van 1 t/m 5, waarbij het hoogste getal in elk geval aangeeft dat circulaire potentie groot is (of al geogst is); deze eigenschappen zijn:
  - a. Prijs;
  - b. Afwezigheid culturele dynamiek;
  - c. Afwezigheid technische dynamiek;
  - d. Repareerbaarheid/modaluriteit;
  - e. Mogelijkheden gebruik vs. eigendom/control/collectie/communicatie;
  - f. Recycleerbaarheid/ dissipatief gebruik/vervuiling;
  - g. Aanwezigheid bestaande infrastructuur en/of systemen.
- iii. Vervolgens zijn 3 circulaire handelingen centraal gesteld (recycling, hergebruik, reparatie/onderhoud) en is bepaald welke eigenschappen van eerdergenoemde 7 essentieel zijn om potentie te hebben. Eis: op elk van die punten dient minstens een 4 gescoord te worden (ofwel: al die eigenschappen tegelijk aanwezig). Voor elk van de 70 producten is nu bekend of circulair potentieel verwacht mag worden: een alles of niets uitspraak per handelingsperspectief.
- iv. Voor elk van de 3 perspectieven wordt verondersteld dat de komende jaren 20% verbetering optreedt; daardoor kan het potentieel per product dus variëren tussen 0 en 60% reductie

van grondstofimport. De cycli verstoren elkaar immers niet perse en leiden alle tot minder materiaalgebruik

- v. De potentie per product(groep) wordt algemeen bindend verklaard voor de gehele sector waar dat product toe behoort.

Het volgen van deze procedure levert het volgende beeld op: in totaal neemt het totale gebruik van de 64 grondstoffen af met 0,44 miljoen ton. Met name het gebruikte volume (van alle materialen samen) van de transportmiddelenindustrie en van de elektrische apparatenindustrie nemen met respectievelijk 16% en 24% af ten opzichte van wat deze industrieën nu aan materialen gebruiken.



Figuur 50 Impact van een intensivering van de circulaire economie met 20% over alle handelingsperspectieven

# Bijlage 1 Methode voor het vaststellen van economisch belang van grondstoffen

## Stap 1: vaststellen van applicaties van geselecteerde materialen in producten en productgroepen; deze productgroepen worden onderscheiden in grondstoffen, halffabricaten en eindproducten

- Op basis van beschikbare gegevens uit een grote diversiteit aan bronnen zal uit de brede set producten en productgroepen die in het Harmonized System van BACI (voor een beschrijving van BACI, zie bijlage 3) is opgenomen een selectie worden gemaakt van die productgroepen waarin de geselecteerde kritieke materialen voorkomen. Het resultaat is een koppelmatrix die grondstoffen en producten verbindt.
- Bronnen die hiervoor ingezet zullen worden zijn bijvoorbeeld de (jaarlijkse) rapporten van specifieke materiaalstudiegroepen (zoals onder meer de International Copper Study Group ICSG<sup>48</sup>, International Lead and Zinc Study Group,<sup>49</sup> International Platinum Group Metals Association<sup>50</sup>), rapporten van consultants op specifieke metalen (onder meer van het Oeko-Instituut en Oakdene & Hollins op het gebied van zeldzame aardmetalen<sup>51</sup>), waarin ‘top-down’ inzicht wordt gegeven in de hoofdapplicaties van grondstoffen.
- Daarnaast maken we gebruik van vele gedetailleerde analyses uit de LCA database van EcoInvent (met als voordeel een continue update van informatie) en daarnaast van details omtrent samenstelling van producten uit het netwerk van internationale partners Tecnia (Spanje) en SP (Zweden), Fraunhofer ISI (mede-auteurs van de RMI-studies naar kritieke materialen in de EU) en overige Duitse instellingen (VDI, DERA, Universiteit Bremen: <http://www.fb4.uni-bremen.de>, etc.), een studie naar productsamenstellingen van ES-KTN (UK; projectpartner in CRM\_InnoNet; zie [www.criticalrawmaterials.eu](http://www.criticalrawmaterials.eu)) en gegevens van het Franse P.E.P. (zie: <http://www.pep-ecopassport.org/test-recherche>).
- Om een onderscheid te maken in grondstoffen, halffabricaten en eindproducten wordt uitgegaan van een lijst van Eurostat (“stage of production” per GN code). We maken nog steeds een koppelmatrix tussen Grondstoffen en productgroepen uit het Geharmoniseerd Systeem (GS). De GS goederen moeten vervolgens gekoppeld worden aan de GN goederen. De Nederlandse in- en uitvoer van producten wordt bepaald aan de hand van de Nationale Rekeningen en internationale handelsstatistiek en niet aan de hand van BACI.
- Voor de grootste 30 productgroepen (uitgedrukt in GN code) in de Nederlandse economie zullen we detailgegevens van individuele producten gebruiken om de massabalans te controleren. Dit geeft een beeld van de accuratesse van de analyse voor de belangrijkste producten in de nationale industrie.

---

<sup>48</sup> <http://www.icsg.org/>.

<sup>49</sup> <http://www.ilzsg.org/>.

<sup>50</sup> <http://www.ipa-news.com/en/>.

<sup>51</sup> Study on Rare Earths and Their Recycling, by Oeko-Instituut, tasked by The Greens in the European Parliament, januari 2011; Lanthanide Resources and Alternatives, by Oakdene & Hollins, 2010, tasked by UK Department for Transport and Department for Business, Innovation and Skills.

## **Stap 2: kwantificatie applicaties met behulp van mijnbouwgegevens: massabalans**

- Uitgangspunt van een globale MFA is (grotweg) dat de jaarlijks gewonnen hoeveelheid grondstoffen zijn weg vindt in jaarlijks geproduceerde hoeveelheden producten: daarmee biedt het gebruik van mijnbouwgegevens de weg naar een sluitende massabalans en kwantificatie van de hoeveelheid toegepaste materialen in de geselecteerde productgroepen;
- De belangrijkste bronnen hiervoor zijn Gegevens van geologische diensten, met name US Geological Survey en British Geological Survey, en van commerciële aanbieders zoals Roskill Information Services.
- Toekennen mijnbouwgegevens (als input voor wereldeconomie) aan geselecteerde productgroepen via de uit stap 2 resulterende belangrijkste applicaties

## **Stap 3: opstellen van een Trade flow analysis en op basis daarvan een materiaalstroomanalyse (MFA) voor geselecteerde materialen voor 43 landen (en 'rest-van-de-wereld')**

- We doen dit door de gedetailleerde handelsdata uit BACI voor de geselecteerde producten te combineren met samenstellingsgegevens.
- Afstemmen / uitgaan van de landeninformatie en hoeveelheden zoals die bekend zijn uit de internationale handelsstatistiek en de materialen-monitor.
- Ten behoeve van kwetsbaarheidsanalyses zullen tijdreeksen van productiegegevens vanaf 1998 tot heden beschreven worden.

## **Stap 4: vertalen MFA naar een kwantitatief en gevalideerd beeld van het belang van de geselecteerde applicaties voor de Nederlandse economie (in samenwerking met CBS)**

- TNO stelt een koppelmatrix samen waarin de relatie tussen grondstoffen en productgroepen per relevante GN code (resultaat van stappen 1 t/m 3) wordt gegeven. In deze koppelmatrix staat zowel het al dan niet aanwezig zijn van bepaalde materialen als het aandeel van een "kritische materiaal" per kilo GN goederengroep (voor onderscheid: zie tekstbox).
- Op basis van de internationale handelsdata van het CBS wordt, met behulp van de koppelmatrix, de absolute hoeveelheden "kritische materialen" per GN goederengroep bepaald. Vervolgens worden deze gekoppeld aan en afgestemd met de goederengroep

indeling van de Nationale Rekeningen (NR) en de materiaalmonitor. Nu kunnen er tabellen worden opgesteld van het aanbod en gebruik van “kritische materialen” per bedrijfstak.

- De MFA moet 2 essentiële correctieslagen doormaken. Ten eerste moet een correctie ten aanzien van dubbeltellingen worden uitgevoerd door meetellen intermediaire producten/halffabricaten in een eindproduct. Ten tweede moet wederuitvoer worden meegenomen om precies te weten waar producten daadwerkelijk “eindigen” (finaal geconsumeerd worden). Voor deze beide correcties is een koppeling met NR nodig. We zullen de CPA indeling (gebruikt in de NR) en EXIOBASE (zie voor nadere uitleg bijlage 2 EXIOBASE) hanteren voor alle andere landen behalve NL. In verband met mogelijke vertrouwelijkheid van de gegevens stellen wij voor deze activiteiten uit te voeren ten kantore van CBS. De koppeling aan CPA maakt het mogelijk de resultaten van het TNO MFA te koppelen aan de Nationale Rekeningen, de Milieurekeningen en de Monitor Materiaalstromen.
- Het resultaat van stap 4 zijn “typical shares” van specifieke grondstoffen in productgroepen, uitgedrukt in gram per Ton (parts per million). Deze typical shares zijn reeds in MIDNE1 gekoppeld aan de producten en sectoren indeling van de monitor Materiaalstromen. De CBS-gegevens op gebied van internationale handel en de aanbod-gebruiksstructuur van de monitor vormen het fundament van de database. Door het resultaat van de MFA (“typical shares”) te borgen aan de monitor wordt toekomstbestendig gegarandeerd.



## Bijlage 2 Import van grondstoffen uit en export van 'grondstoffen' naar Duitsland

Onderstaande tabel laat voor elk van de 4 hier bekeken stappen (grondstof, eerste halffabrikaat, halffabrikaat, eindproduct) zien welk aandeel Duitsland heeft in het volume van de desbetreffende import (t.o.v. import uit de rest van de wereld) en in het volume van onze export (t.o.v. export naar de rest van de wereld).

	percentage import uit Duitsland t.o.v. wereld				percentage export naar Duitsland t.o.v. wereld			
	RM	1st IM	IM	final	raw	1st	inter	final
Ag	0	20	48	26	0	12	14	22
Al	26	8	14	38	75	52	23	2
Au		13	43	23	0	0	57	1
B	3	60	15	40	0	1	12	21
Ba	3	43	15	34	15	65	17	19
Be	0	6	46	8	4	26	18	15
bent.	1			32	72	0	0	24
Ce	19	14	6	18	38	25	34	22
Co	7	9	18	10	4	13	19	20
Cokeskool	54	0			0	0	0	0
Cr	3	11	29	24	72	29	42	16
Cu	9	13	21	14	22	51	13	11
diat.	29	82	31	31	9	29	27	19
Dy	1		38	12	1	0	25	18
Eu	1		37	11	1	0	7	18
Fe	1	35	34	21	34	30	38	7
Feldspar	2			36	28	0	0	20
Fluorspar	0	57	38	47	16	5	31	16
Ga		21	16	12	0	1	32	16
Gd	1	20	35	12	1	47	10	19
Ge	0	21	77	11	4	1	25	20
gips	58		27	49	15		19	100
grafiet	8	10	19	29	75	27	19	17
In	38	0	37	10	30	6	13	19
ind.zand	60	32	63	34	7	16	46	20
Ir	0	17	48	18	4	4	18	65
kalksteen	18	65	39	37	59	20	31	30
klei	32		9	43	37	0	59	20
La	19	7	24	13	38	100	0	19
Li	0	58	38	23	4	13	28	20
Mg	30	21	17	28	68	32	33	19
Mn	24	15	11	39	66	42	34	7
Mo	0	10	18	35	10	20	14	7
Nb	0	4	34	4	0	0	35	12

Nd	19	11	3	12	38	29	13	20
Ni	0	6	24	15	0	75	33	25
Os	0	17	53	17	4	4	20	71
P2O5	22	27	13		88	23	24	0
Pd	0	7	49	25	4	129	19	25
perl.	60		24	67	5	0	40	12
Pr	1	26	4	12	1	22	5	18
Pt	0	19	46	24	4	5	20	45
Re		63	27	2	0	2	5	1
Rh	0	19	52	15	4	5	24	22
Ru	0	19	50	15	4	5	20	100
Sb	0	56	24	15	4	12	45	24
Sc	1	1	39	14	1	53	11	19
Se	3	47	41	19	0	0	16	12
Si	29	17	19	9	71	40	34	4
Sm	1	25	41	11	1	27	17	18
Sn	0	54	27	16	0	35	26	14
Sr	0	14	2	26	1	32	20	29
Ta	0	36	4	12	0	100	5	14
talk	1		30	39	65	0	25	20
Tb	1	0	34	11	1	15	14	20
Te	3	62	39	13	0	0	19	22
TiO2	0	39	29	25	67	44	21	19
V	0	88	43	30	67	18	12	31
W	0	1	15	14	4	18	13	8
Y	1	33	2	11	1	24	4	21
Yb	1	0	39	10	1	15	9	21
Zn	3	11	23	19	0	26	28	8
Zr	0	24	42	59	73	37	18	21

# Bijlage 3 Milieu-impacts van materiaalwinning

## Introductie

In deze subtaak zijn de milieu-impacts van de winning van kritische materialen bepaald. Het doel van deze exercitie is om een globaal milieuprofiel te hangen aan ieder materiaal. Een tweede en derde doel was om uit de beschikbare milieudata te deduceren wat er bekend is over de herkomst van materialen en de verhouding tussen primaire secundaire materiaalstromen.

Er is alleen naar de winning- en productiefase gekeken die nodig zijn om tot een basisproduct te komen; (emissies tijdens) gebruik, onderhoud, vervanging en afvalscenario's zijn niet meegenomen. Het bepalen van deze milieu-impact is dus geen volledige levenscyclusanalyses (LCA), maar de methodes voor dataverzameling en –analyse die voor LCA's gebruikelijk zijn, zijn gevolgd in deze subtaak. In LCA's worden alle in- en outputs gedurende de levenscyclus (in dit geval: het volledige winningsproces) van een product of dienst opgeteld, onderverdeeld in verschillende milieueffecten, om uiteindelijk de totale milieubelasting te bepalen. Inputs zijn in dit geval de grondstoffen, maar ook tussenproducten. Outputs zijn emissies naar bodem, water en atmosfeer, en afval.

Voor het uitvoeren van een LCA zijn drie soorten data beschikbaar: LCA-databases met informatie over gemiddelde producten, artikelen in de wetenschappelijke literatuur, vaak over meer specifieke producten, en expertinformatie. Expertinformatie wordt vaak opgevraagd bij bedrijven, maar dat is in dit project niet aan de orde. In dit project zijn de internationaal vooraanstaande LCA-database ecoinvent 3.0 en (wetenschappelijke) LCA-artikelen over materiaalwinning gebruikt.

## Methode

### Scope

Voor deze analyse is alleen gekeken naar de grondstoffenwinning en productiefase van materialen, wat in LCA-termen een *cradle to gate* analyse wordt genoemd. In deze analyse werden de gebruiksfase en de end-of-life fase niet meegenomen, wat voor een volledige levenscyclusanalyse van een bepaald product wel relevant zou zijn. Voor de grondstoffentool zijn echter alleen de winning en productie relevant.

Er is niet gekeken naar producten (zoals stoel, LED-lamp, etc.) en evenmin naar de ruwe grondstoffen (bijv. ijzererts, bauxiet), maar naar de basismaterialen zoals beschikbaar op de grondstoffenmarkt (bijv. aluminium bestaande uit een mix van primair en secundair aluminium). Deze “basismaterialen” zitten in een grijs gebied tussen ruwe grondstoffen en producten en daarom is er geen strikte definitie van te geven. Er is toch voor gekozen om deze basismaterialen te analyseren, omdat dit een vollediger beeld van materialen geeft dan wanneer er alleen naar de ruwe grondstoffen gekeken wordt.

De Zwitserse database ecoinvent 3.0 is gehanteerd, welke data bevat uit vele landen. Waar mogelijk, is voor de wereldwijde productspecificatie gekozen in plaats van uit specifieke landen. Als er de keuze was, is altijd het marktproces (inclusief gebalanceerde geografische mix en bij behorende transportafstanden) gekozen in plaats van enkel het productieproces in 1 land (in ecoinvent-termen: “transformatieproces”). Van de meeste producten is het primaire productieproces geanalyseerd en

dus niet eventuele productie op basis van secundaire (gerecyclede) stromen. De secundaire processen zijn wel meegenomen als het secundaire proces een significante milieudruk heeft (bijv. bij gips: de geaggregeerde milieuscore (schaduwprijs) van gips uit citroenzuurproductie is hoger dan gipswinning uit een mijn). Indien bepaalde materialen niet in ecoinvent voor handen waren, is in de literatuur en op internet gezocht naar (wetenschappelijke) artikelen.

De milieu-impact is bepaald aan de hand van het LCA-programma SimaPro v8.0.6 en de impact assessment methode ReCiPe v1.11 (Goedkoop, Heijungs, Huijbregts, Schryver, Struijs, & Zelm, 2009). De resultaten zijn bepaald op zowel midpoint- (meetbare milieueffecten zoals CO2 emissies, verzuring, e.d.) als op endpointniveau (schade op een hoger niveau, zoals ecosystemen, gezondheid en resources). Er is gekozen om op beide niveaus te kijken, zodat ze vergeleken kunnen worden en het effect van de methodologische keuze zichtbaar maakt. De reden dat er niet voor de Europese ILCD-methode gekozen is, is dat er voor de ReCiPe-midpointmethode weegfactoren (schaduw prijzen) beschikbaar zijn, in tegenstelling tot de ILCD-methode.

Om de resultaten samen te vatten en om verschillende effecten met elkaar te kunnen vergelijken, is weging toegepast. Voor de Endpoints is de standaard set voor Europese en gemiddelde (“H/A”) weging toegepast; de Midpointresultaten zijn gewogen op basis van schaduw prijzen van CE Delft (Bruyn, 2010) en Van Harmelen (Harmelen, Korenromp, Deutekom, Ligthart, Leeuwen, & Gijlswijk, 2007) & (Harmelen, Horssen, Jongeneel, & Ligthart, 2012). Bij beschouwing van de Endpointresultaten zit een overlap met andere indicatoren, omdat “resources” in de endpointberekening zit. Bij de midpointresultaten is er geen sprake van overlap, omdat “resource depletion” vermenigvuldigd wordt met weegfactor 0.

Langetermijnemissies (>500 jaar) zijn niet meegenomen in de analyses, maar infrastructuurprocessen (fabrieken, machines) zijn wel meegenomen. Het meenemen van deze ondersteunende processen is niet gedaan in de andere analyses van dit rapport en de tool.

### *Aanpak*

Het bepalen van de milieuprofielen is in een aantal stappen uitgevoerd:

Stap 1: Analyse welke van de basismaterialen uit de grondstoffentool te vinden zijn in de LCA-database ecoinvent v.3.0.

Stap 2: Basismaterialen die ontbreken in ecoinvent en waar geen aanname over gedaan kon worden op basis van vergelijkbare materialen in ecoinvent, zijn opgezocht in (wetenschappelijke) artikelen.

Stap 3: Analyse van deze materialen aan de hand van LCA-software SimaPro v.8.0.6 en de ReCiPe-methodes. Controle en eventuele finetuning.

Stap 4: Analyse van de resultaten. Welke materialen en milieu-impacts springen er uit? Zijn er verschillen tussen de midpoint en endpoint resultaten?

Stap 5: Documentatie van de resultaten, conclusies en data.

## **Resultaten**

### *Data-inventarisatie*

Tabel 9 toont de geanalyseerde materialen en de gehanteerde databron. In veel gevallen is dit de database ecoinvent v3, in sommige gevallen is dit een aanname (proxy) op basis van ecoinvent en in alle andere gevallen is dit Nuss & Eckelman (Nuss & Eckelman, 2014). In de gevallen waar een aanname gedaan is, is voorzichtigheid geboden bij de interpretatie; vaak is er onduidelijkheid in de databronnen over de exacte verhoudingen en concentraties van bepaalde stoffen in ertsen (bijv. “cerium, 60% cerium oxide”) en het is niet altijd geheel duidelijk hoe er omgegaan is met allocatievraagstukken<sup>52</sup>. Bij de resultaten moet daarom een foutmarge van minimaal een factor 2 in gedachten gehouden worden.

De derde en vierde kolom in de tabel laten zien dat ecoinvent 3 veel informatie bevat wat betreft herkomst van de materialen, maar slechts beperkt zicht geeft op de verhouding van primaire en secundaire stromen. De informatie uit kolom 4 heeft daarom weinig waarde, afgezien van de conclusie die ermee getrokken kan worden, namelijk dat de data beter elders gezocht kan worden. Qua geografische informatie is ecoinvent zeker niet volledig (daarvoor worden er te weinig landen genoemd per materiaal), maar het is een goed startpunt voor verdere berekeningen.

Tabel 9 Geanalyseerde materialen en bijbehorende databron<sup>53</sup>

Materiaal	Databron	Geografische herkomst (indicatief)	Mix primair/ secundair (indicatief)
<b>Aluminium/ Bauxiet</b>	ecoinvent; Aluminium, primary, ingot {GLO}  market for   Alloc Def	100% Canada, 0,01 % RoW	100% prim
<b>Antimony</b>	ecoinvent; Antimony {GLO}  market for   Alloc Def	5% China, 95% RoW	100% prim
<b>Barytes</b>	ecoinvent; Barite {GLO}  market for   Alloc Def	0,4% Canada, 33,1% Europa, 66,5% RoW	100% prim
<b>Bentoniet</b>	ecoinvent; Bentonite {GLO}  market for   Alloc Def	6% Duitsland, 94% RoW	100% prim
<b>Beryllium</b>	Nuss & Eckelman 2014	geen info	geen info
<b>Boraten/ boor [proxy]</b>	ecoinvent; Sodium borates {GLO}  market for   Alloc Def	57% USA, 43% RoW	100% prim
<b>Cerium</b>	ecoinvent; Cerium concentrate, 60% cerium oxide {GLO}  market for   Alloc Def	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Chromium</b>	ecoinvent; Chromium {GLO}  market for   Alloc Def	33% Europe, 67% RoW	100% prim

<sup>52</sup> Allocatie is de LCA-term voor het verdelen van impacts van een bepaald proces dat meerdere producten oplevert. Dikwijls wordt een van de producten als hoofdproduct beschouwd en de andere producten als minderwaardige bijproducten, die dan ook een kleiner deel van de totale milieu-impact toebedeeld krijgen. Een van de manieren om deze verdeling (= allocatie) te doen is op basis van economische waarde; deze onderbouwing en de gevolgde rekenprocedure is echter soms moeilijk te achterhalen.

<sup>53</sup> geografische informatie volgens ecoinvent en verhouding tussen primair en secundair materiaal in de wereldmix volgens ecoinvent. Herkomst en mix zijn overgenomen uit ecoinvent, welke primair een milieudatabase is en dus niet per definitie geheel up-to-date als het gaat om marktdata; deze kolommen zijn dus vooral indicatief. “RoW” betekent Rest of World.

<b>Materiaal</b>	<b>Databron</b>	<b>Geografische herkomst (indicatief)</b>	<b>Mix primair/ secundair (indicatief)</b>
<b>Cobalt</b>	ecoinvent; Cobalt {GLO}  market for   Alloc Def	100% Globaal	99% prim, 1% uit gebruikte Li-ion batterijen
<b>Coking coal</b>	ecoinvent; Coke {GLO}  market for   Alloc Def	99,2% Globaal, 0,7% Duitsland, <0,1 petroleum	100% prim
<b>Copper</b>	ecoinvent; Copper {GLO}  market for   Alloc Def;	1% Duitsland, 2% Australië, 11% Azie, 5% Europa, 11% Latijns Amerika, 8% Noord Amerika, 0,3% Zweden, 2% Globaal, 1% Rusland, 0,09% Zuid-Afrika, 52% RoW	22% sec, 78% prim
<b>Diatomiet [proxy]</b>	Proxy: kopie van ecoinvent's perliet (perlite quarry operation RoW), want lijkt erop	geen info	geen info
<b>Dysprosium [proxy]</b>	Proxy: ecoinvent's Rare earth concentrate, 70% REO, from bastnasite {GLO} (2 kg omdat samarium ook 2 kg rare earth concentrate als input heeft)	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Europium</b>	ecoinvent; Samarium europium gadolinium concentrate, 94% rare earth oxide {GLO}  market for   Alloc Def	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Feldspar</b>	ecoinvent; Feldspar {GLO}  market for   Alloc Def	33% Europe, 67% RoW	geen info
<b>Fluorspar</b>	ecoinvent; Fluorspar, 97% purity {GLO}  market for   Alloc Def	100% Globaal	100% prim
<b>Fosfor/ Phosphate Rock - dry</b>	ecoinvent; Phosphate rock, as P2O5, beneficiated, dry {GLO}  market for   Alloc Def	9% Marokko, 91% RoW	100% prim
<b>Fosfor/ Phosphate Rock - wet</b>	ecoinvent; Phosphate rock, as P2O5, beneficiated, wet {GLO}  market for   Alloc Def	9% USA, 91% RoW	100% prim
<b>Gadolinium</b>	ecoinvent; Samarium europium gadolinium concentrate, 94% rare earth oxide {GLO}  market for   Alloc Def	98% China, 2% ROW	geen info

<b>Materiaal</b>	<b>Databron</b>	<b>Geografische herkomst (indicatief)</b>	<b>Mix primair/ secundair (indicatief)</b>
<b>Gallium in Bayer liquor</b>	ecoinvent; Gallium, in Bayer liquor from aluminium production {GLO}  market for   Alloc Def	100% Globaal	geen info
<b>Gallium semiconductor grade</b>	ecoinvent; Gallium, semiconductor-grade {GLO}  market for   Alloc Def	100% Globaal	geen info
<b>Germanium [proxy]</b>	Proxy: kopie van ecoinvent's Indium (market for indium GLO), want wordt samen gewonnen. Ecoinvent alloceert wel tussen zink en indium, maar deze verhouding is niet aangepast.	geen info	geen info
<b>Gold</b>	ecoinvent; Gold {GLO}  market for   Alloc Def	10% Australië, 6% Canada, 2% Tanzania, 10% USA, 11% Zuid-Afrika, 4% Peru, 1% Papua NG, 0,2% Zweden, 0,1% Chili, 57% RoW	geen info
<b>Gypsum</b>	ecoinvent; Gypsum, mineral {GLO}  market for   Alloc Def	0,2% Zwitserland, 99,8% RoW	75% van citroenzuurproductie; 3% van rookgas, 22% primair
<b>Indium</b>	ecoinvent; Indium {GLO}  market for   Alloc Def	11% Europa, 89% RoW	100% prim
<b>Iridium [proxy]</b>	Proxy op basis van ecoinvent's Rhodium ({GLO}  market for   Alloc Def) want wordt beide gewonnen als platinumgroepmetaal	geen info	geen info
<b>Iron</b>	ecoinvent; Pig iron {GLO}  market for   Alloc Def	geen info (wel procesinfo: 5% beneficiation in Canada, 95% RoW)	geen info
<b>Kaoline (klei)</b>	Eoinvent; Kaolin {GLO}  market for   Alloc Def	33% Europe, 67% RoW	geen info
<b>Lanthaan</b>	ecoinvent; Lanthanum oxide {GLO}  market for   Alloc Def	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Limestone (kalk)</b>	ecoinvent; Limestone, crushed, washed {GLO}  market for   Alloc Def	0,8% Zwitserland, 99,2% RoW	geen info
<b>Lithium</b>	Eoinvent; Lithium {GLO}  market for   Alloc Def	100% Globaal	"100% prim"

<b>Materiaal</b>	<b>Databron</b>	<b>Geografische herkomst (indicatief)</b>	<b>Mix primair/ secundair (indicatief)</b>
<b>Magnesiet/magnesium</b>	ecoinvent; Magnesium {GLO}  market for   Alloc Def	4% Israel, 83% China, 13% RoW	geen info
<b>Mangaan</b>	ecoinvent; Manganese {GLO}  market for   Alloc Def	25% Europe, 75% RoW	geen info
<b>Molybdenum</b>	ecoinvent; Molybdenum {GLO}  market for   Alloc Def	1,6% Europa, 98,4% RoW	100% prim
<b>Natural Graphite</b>	ecoinvent; Graphite {GLO}  market for   Alloc Def	33% Europe, 67% RoW	100% prim
<b>Neodymium</b>	ecoinvent; Neodymium oxide {GLO}  market for   Alloc Def	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Nikkel</b>	ecoinvent; Nickel, 99.5% {GLO}  market for   Alloc Def	65% Globaal, 28% Rusland, 4% Zuid-Afrika, 0,05% Zweden, 3% RoW	geen info
<b>Niobium</b>	Nuss & Eckelman 2014	geen info	geen info
<b>Osmium [proxy]</b>	Proxy op basis van ecoinvent's Rhodium ({GLO}  market for   Alloc Def) want wordt beide gewonnen als platinumgroepmetaal	geen info	geen info
<b>Palladium</b>	ecoinvent; Palladium {GLO}  market for   Alloc Def	49% Rusland, 40% Zuid-Afrika, 0,7% Europa, 0,07% Zweden, 10% RoW	89% hiervan is prim
<b>Perliet</b>	ecoinvent; Perlite {GLO}  market for   Alloc Def	6% Duitsland, 94% RoW	geen info
<b>Platina</b>	ecoinvent; Platinum {GLO}  market for   Alloc Def	15% Rusland, 82% Zuid-Afrika, 1% Europa, 2% RoW	97% hiervan is prim
<b>Praseodymium</b>	ecoinvent; Praseodymium oxide {GLO}  market for   Alloc Def	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Rhenium [proxy]</b>	Proxy op basis van ecoinvent allocatie; 13,5% van Molybdenum {GLO}  market for   Alloc Def	geen info	geen info
<b>Rhodium</b>	ecoinvent; Rhodium {GLO}  market for   Alloc Def	17% Rusland, 61% Zuid-Afrika, 7% Europa, 14% RoW	87% hiervan is prim
<b>Ruthenium [proxy]</b>	Proxy op basis van ecoinvent's Rhodium ({GLO}  market for   Alloc Def) want wordt beide gewonnen als platinumgroepmetaal	geen info	geen info



<b>Materiaal</b>	<b>Databron</b>	<b>Geografische herkomst (indicatief)</b>	<b>Mix primair/ secundair (indicatief)</b>
<b>Samarium</b>	ecoinvent; Samarium europium gadolinium concentrate, 94% rare earth oxide {GLO}  market for   Alloc Def	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Scandium [proxy]</b>	Proxy: ecoinvent's Rare earth concentrate, 70% REO, from bastnasite {GLO} (2 kg omdat samarium ook 2 kg rare earth concentrate als input heeft)	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Seleen</b>	ecoinvent; Selenium {GLO}  market for   Alloc Def	33% Europe, 67% RoW	geen info
<b>Silica sand</b>	ecoinvent; Silica sand {GLO}  market for   Alloc Def	de markt van zand is blijkbaar 7% Duits en 93% RoW, maar winning is 4% Zwitsers en 96% RoW	geen info
<b>Silicon Metal/ Silicium</b>	ecoinvent; Silicon, metallurgical grade {GLO}  market for   Alloc Def	25% Noorwegen, 75% RoW	100% prim
<b>Silver</b>	ecoinvent; Silver {GLO}  market for   Alloc Def	0,08% Canada, 0,2% Peru, 0,2% Papua NG, 1,6% Zweden, 0,7% Chili, 32% Globaal, 67,7% RoW	69% prim, 31% sec
<b>Strontium</b>	Nuss & Eckelman 2014	geen info	geen info
<b>Talk [proxy]</b>	Proxy; talk lijkt op kalk. Ecoinvent: Limestone, crushed, washed {GLO}  market for   Alloc Def	geen info	geen info
<b>Tantaal</b>	ecoinvent; Tantalum, powder, capacitor-grade {GLO}  market for   Alloc Def	100% Globaal	geen info
<b>Tellurium</b>	ecoinvent; Tellurium, semiconductor-grade {GLO}  market for   Alloc Def	37% Canada, 63% RoW	geen info
<b>Terbium [proxy]</b>	Proxy: ecoinvent's Rare earth concentrate, 70% REO, from bastnasite {GLO} (2 kg omdat samarium ook 2 kg rare earth concentrate als input heeft)	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Tin</b>	ecoinvent; Tin {GLO}  market for   Alloc Def	33% Europe, 67% RoW	100% prim

Materiaal	Databron	Geografische herkomst (indicatief)	Mix primair/ secundair (indicatief)
<b>Titanium - dioxide from ilmenite</b>	ecoinvent; Ilmenite, 54% titanium dioxide {GLO}  market for   Alloc Def	36% Australië, 8% Globaal, 56% RoW	100% prim
<b>Titanium - dioxide from rutile</b>	ecoinvent; Rutile, 95% titanium dioxide {GLO}  market for   Alloc Def	16% Australië, 59% Globaal, 25% RoW	100% prim
<b>Tungsten</b>	Nuss & Eckelman 2014	geen info	geen info
<b>Uranium</b>	Uranium, in yellowcake {GLO}  market for   Alloc Def	30% Noord Amerika, 70% RoW	geen info
<b>Vanadium [proxy]</b>	Proxy op basis van Nuss & Eckelman 2014; alleen ruwe grondstof en energieverbruik	geen info	geen info
<b>Ytterbium [proxy]</b>	Proxy: ecoinvent's Rare earth concentrate, 70% REO, from bastnasite {GLO} (2 kg omdat samarium ook 2 kg rare earth concentrate als input heeft)	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Yttrium [proxy]</b>	Proxy: ecoinvent's Rare earth concentrate, 70% REO, from bastnasite {GLO} (2 kg omdat samarium ook 2 kg rare earth concentrate als input heeft)	98% China, 2% ROW	geen info
<b>Zinc</b>	ecoinvent; Zinc {GLO}  market for   Alloc Def	1% Zweden, 94% globaal, 5% RoW	geen info
<b>Zirkoon</b>	ecoinvent; Zircon, 50% zirconium {GLO}  market for   Alloc Def	39% Australië, 61% RoW	geen info

### Milieueffecten

De milieueffecten zijn weergegeven in drie grafieken. Eén figuur toont het Broeikasgaseffect (CO<sub>2</sub> equivalenten) van de geanalyseerde materialen. Alle effectcategorieën van de ReCiPe Midpoint-methode getoond in gewogen vorm (gewogen aan de hand van schaduwpreizen). In de derde grafiek zijn de gewogen resultaten van de midpoint-methode vergeleken met de endpoint-resultaten. In alle grafieken is de y-as verkort weergegeven; goud en de platinumgroepmetalen hebben extreem hoge waarden in vergelijking tot de andere materialen. Alle grafieken dienen geïnterpreteerd te worden met een foutmarge van een factor 2, gezien de onzekerheid en generaliteit van sommige data, zoals uitgelegd in paragraaf 0.

Er komt een divers beeld naar voren. Er zijn een paar extreme uitschieters: goud en de platinumgroepmetalen veroorzaken 5000 tot 30000 kg CO<sub>2</sub> equivalenten per kilogram materiaal. Alle andere materialen veroorzaken 600 (zilver) of minder dan 300 kg CO<sub>2</sub> equivalenten per kilogram, oftewel veel minder dan de uitschieters. Een belangrijke oorzaak voor de hoge scores van goud en de platinumgroepmetalen is de hoge waarde van deze materialen, die een rol speelt in de verdeling

van milieueffecten over verscheidene coproducten. De “klassieke zeldzame aardmetalen” (cerium t/m yttrium in de grafiek) hebben allen een relatief lage CO<sub>2</sub>-score (3 tot 40 kg CO<sub>2</sub> eq/kg).

De data bieden enig inzicht in welke andere milieueffecten nog meer een rol spelen en hoe broeikasgaseffecten (in de grafiek: “Climate Change”) zich verhoudt tot de andere effecten. Bij de uitschieters (goud & de platinumgroepmetalen) lijkt het broeikasgaseffect een grote factor te zijn, maar dit komt slechts door het afkappen van de y-as; circa 70-90% van de hoge scores wordt veroorzaakt door fijnstofvorming (PM). Ook bij de andere materialen speelt PM (rood in de grafiek) een voorname rol; slechts bij twee materialen veroorzaakt PM minder dan de helft van de milieueffecten (Uranium: ioniserende straling 59%, PM 29%; Strontium: waterdepletie 34%, PM 35%).

De vergelijking van beide gewogen totalen (midpoints en endpoints) laat resultaten zien die door middel van verschillende weegsets en benaderingen tot een totaalscore komen. Ondanks dat de eenheden verschillend zijn (schaduwpreizen zijn een andere weegfactor dan endpoints), vertonen de resultaten verrassend veel overeenkomsten; dezelfde materialen schieten er uit (goud en platinumgroepmetalen) en de resultaten zijn ongeveer dezelfde grootte-orde. Beide methodes zijn dus bruikbaar om te bepalen welke materialen een extreem hoge of lage milieu-impact hebben ten gevolge van materiaalwinning; welke methode er gehanteerd wordt, heeft invloed op de details.

## Bijlage 4 Vergelijking met OESO MVO richtlijnen

De OESO richtlijnen zijn aanbevelingen vanuit het publieke domein aan internationaal opererende ondernemingen c.q. multinationals. Op moment van schrijven zijn er 33 nationale overheden die de richtlijn uitdragen. Daarmee zijn de OESO richtlijnen in overeenstemming met wat in de respectievelijke landen als standaard MVO praktijk wordt gezien. Daarbij is het belangrijk te beseffen dat het er per land op detailniveau verschillende interpretaties worden gegeven aan MVO handelingswijzen: cultuurverschillen zijn hierin onvermijdelijk. De principes van de OESO richtlijnen zijn dan ook niet wettelijk bindend. Het doel van de richtlijnen is het creëren van een gemeenschappelijk begrippenkader en wederzijds begrip tussen landen onderling en de betrokken bedrijven.

Gegeven het niet-juridisch bindende karakter zijn er vier essentiële kwalitatieve uitgangspunten in het toepassen van de richtlijnen. Ten eerste moeten economische activiteiten geen directe negatieve impact veroorzaken op de indicatoren (“matters”) van de richtlijn. Ten tweede moeten activiteiten geen significante bijdrage leveren aan bestaande impacts. Ten derde moeten negatieve impacts niet worden toegeschreven aan andere bedrijven. Ten vierde moeten leveranciers, waar ook ter wereld, worden aangemoedigd om de richtlijnen over te nemen.

De richtlijnen worden via communicatie tussen Nationale Contact Punten periodiek aangepast. Dit gebeurt op basis van casestudies die door elke juridisch rechtspersoon (overheden, bedrijven, burgers) kunnen worden aangekaart.

Een vergelijking van de indicatoren zoals gepresenteerd in hoofdstuk 2 en de OESO richtlijnen is gegeven in onderstaande tabel .

Hoofdstuk OESO richtlijn	(Potentiele) Relatie met Materialen in de Nederlandse Economie	(Deels) Aanwezig in kritikaliteitsmatrices
<b>Informatieverstrekking</b>	Betrouwbaarheid en detail publieke data	Nee
<b>Mensenrechten</b>	Human Development Index	Ja
<b>Werkgelegenheid en arbeidsverhoudingen</b>	Economisch belang uitgedrukt in toegevoegde waarde	Ja (x-as)
<b>Milieu</b>	Milieu-impacts	Ja
<b>Bestrijding van corruptie, omkopen, omkopen, en afpersing</b>	Human Development Index	Ja
<b>Consumentenbelangen</b>	Prijsvolatiliteit finale goederen	Nee
<b>Wetenschap en technologie</b>	Substitueerbaarheid en recyclinggraad	Ja
<b>Mededinging</b>	World Governance Index	Ja
<b>Belastingen</b>	World Governance Index	Ja

Tabel: vergelijking OESO MVO richtlijnen en indicatoren in studie Materialen in de Nederlandse Economie

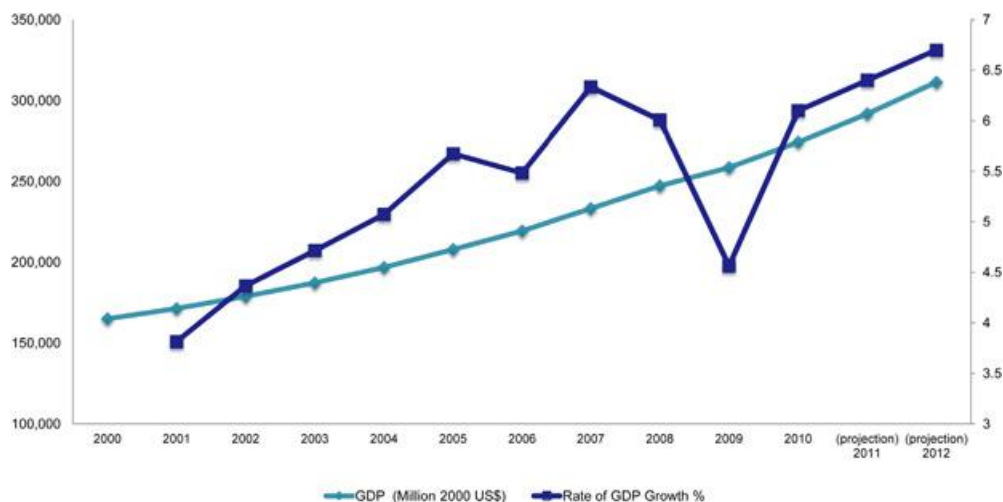
## Bijlage 5 Ontwikkeling van mijnbouwproductie

De gegevens uit de USGS Mineral Commodity Summaries maken het ook mogelijk het verloop van de productie te volgen. Dat verloop zal enerzijds duiden op toenemende wereldpopulatie en koopkracht, maar anderzijds ook mogelijkwijs op veranderende applicaties van deze materialen. Zeker indien gebruik aanzienlijk sterker stijgt dan het wereld-GDP zal sprake zijn van nieuwe applicaties die hun schaduw vooruit kunnen werpen naar toekomstige schaarstes.

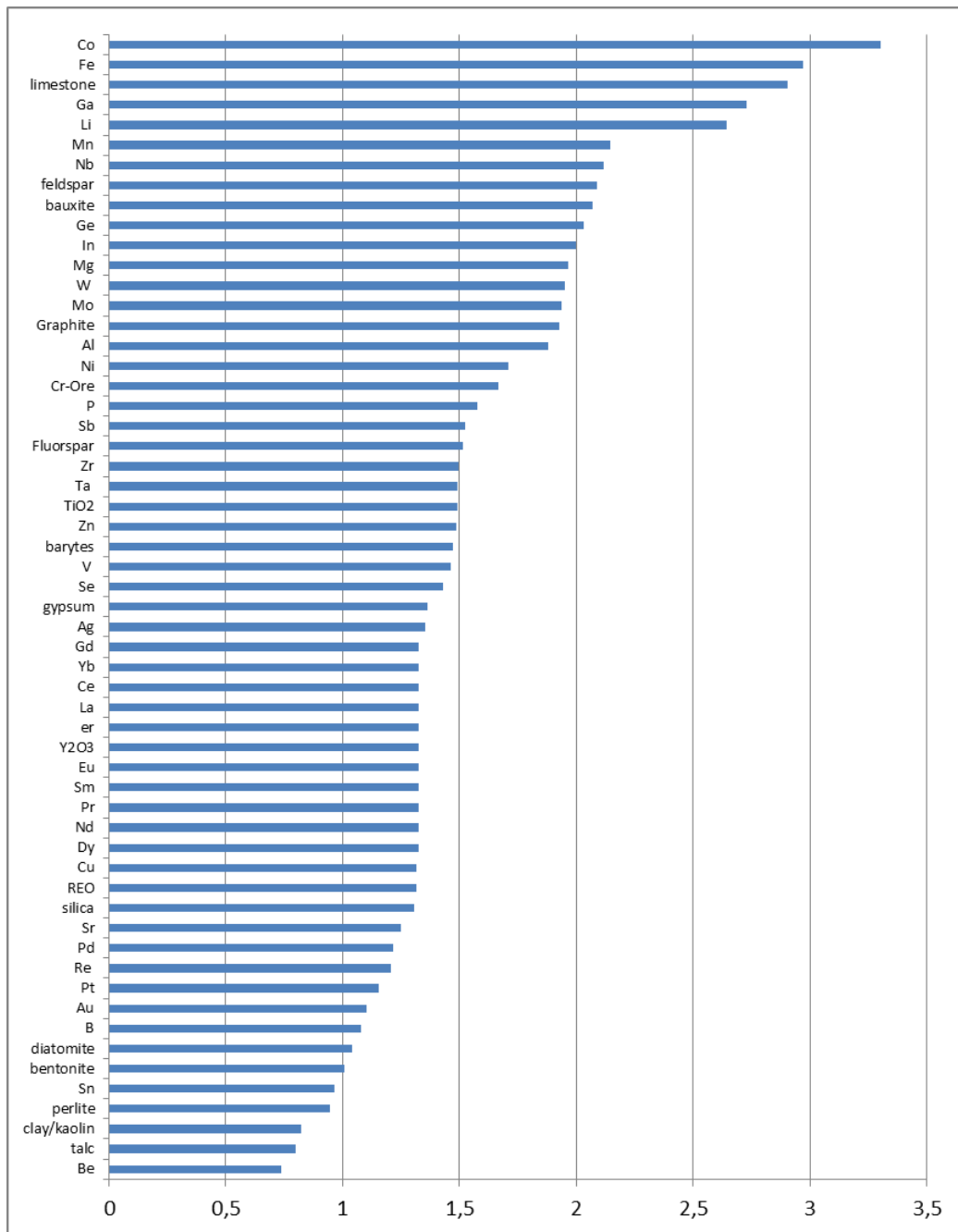
De ontwikkeling van de jaarproductie tussen 2000 en 2012 wordt weergegeven in Figuur 52.

In dezelfde periode is mondiaal het BBP 93% gestegen (zie Figuur 51). Vergeleken met de mondiale toename van het BBP zijn er slechts elf grondstoffen die een grotere groei kennen: kobalt, ijzer, kalksteen, gallium, lithium, mangaan, niobium, feldspar, bauxiet, germanium en indium.

Een aantal van deze bovengemiddeld sterke stijgers (ijzer, bauxiet, kalksteen, feldspar) is gerelateerd aan de enorme groei van grote economieën in de afgelopen decennia en de daarmee verbonden aanleg van infrastructuur. De overige sterke stijgers lijken verband te houden met de introductie van nieuwe technologie zoals touchscreens en flat-panel displays (indium), glasvezels (germanium), lasers (gallium) elektronica en IC's (germanium, gallium), zonnecellen (germanium, gallium), LED-verlichting (gallium, indium), energie-opslag en batterijen (lithium en kobalt) en high-tech-legeringen voor o.a. de auto- en olie-industrie (niobium, kobalt, mangaan).



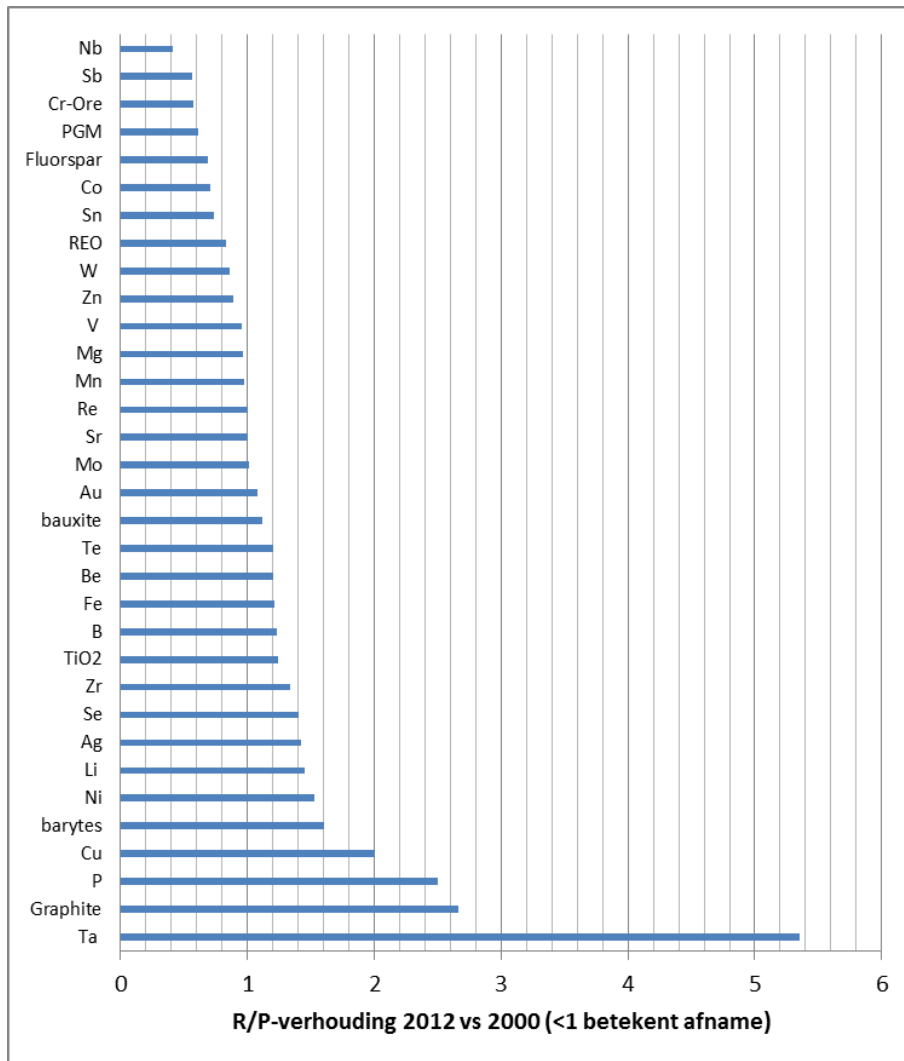
Figuur 51 Globale toename van GDP vanaf 2000 (bron: Global CCS Institute/Wereldbank)



Figuur 52 Ontwikkeling van de jaarproductie tussen 2000 en 2012 (>1 betekent toename)

Niet alleen kan gekeken worden naar de ontwikkeling van de productie en naar de R/P-verhouding (in 2012), maar ook naar de ontwikkeling van deze verhouding in de afgelopen jaren (zie Figuur 53). Een daling van de relatieve reserve in combinatie met een absoluut lage reserve kan wijzen op hogere risico's m.b.t. de leveringszekerheid. Uit de gegevens van de USGS Mineral Commodity Summaries blijkt dat voor de grondstoffen Niobium, Antimoon, Chroom, Platina, Fluorspar, kobalt, tin, Zeldzame aarden, Wolfram en Zink de R/P-verhouding tussen 2000 en 2012 met meer dan 10% is gedaald.

De materialen antimoon, zink, en tin combineren een daling van de reservewaardering bovendien met een in absolute zin kleine voorraad van minder dan 20 jaar.



Figuur 53 Verandering R/P-verhouding sinds 2000

## Bijlage 6 Concentratie van productie in bronlanden

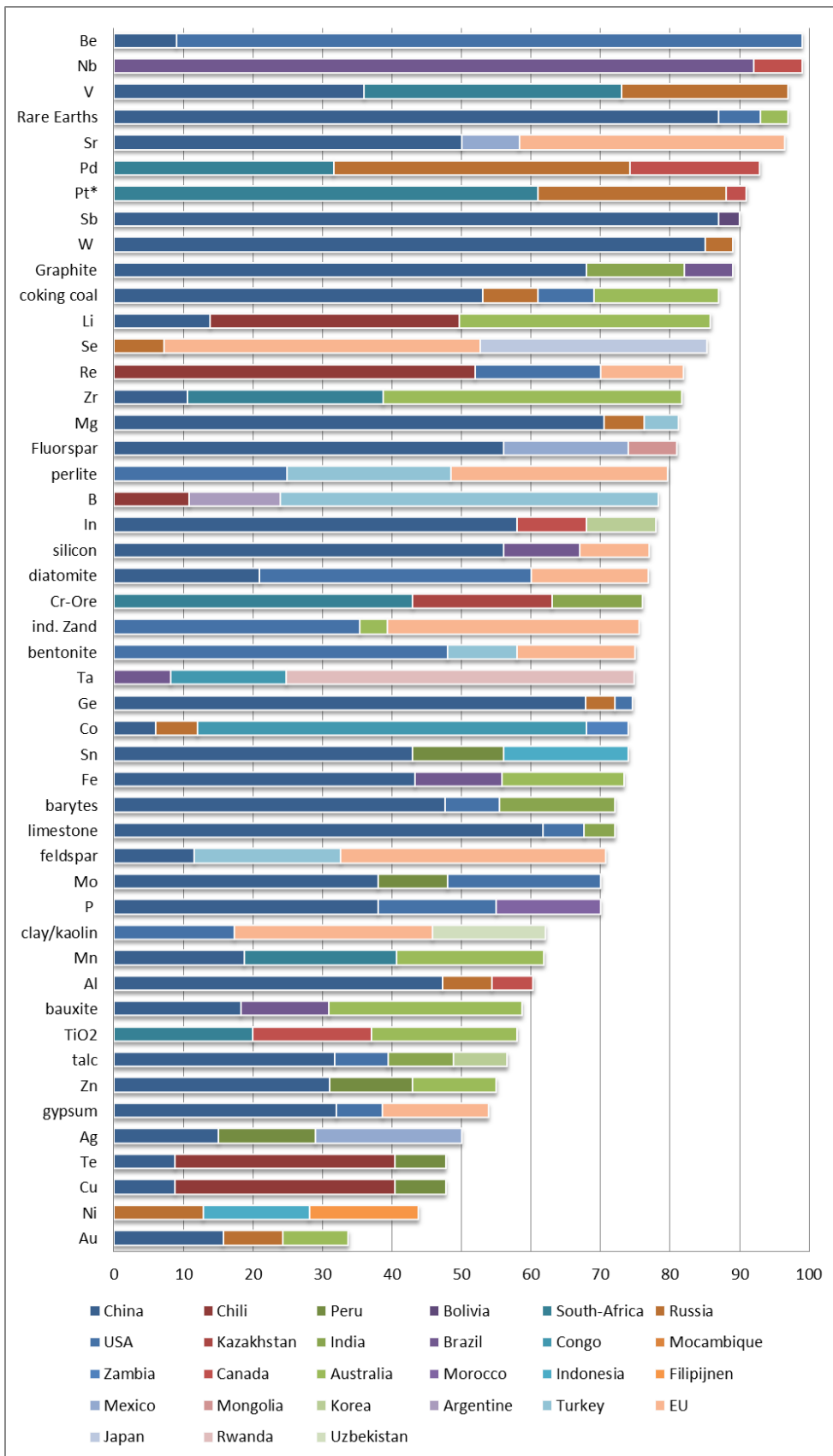
Veel mineralen blijken slechts in een beperkt aantal landen (economisch verantwoord) gewonnen te kunnen worden. Een beeld van de geografische concentratie van de hier beschouwde grondstoffen wordt gegeven in Figuur 54, door voor elk van de materialen het percentage van de grootste 3 producenten (voor zover gegevens uit de USGS Mineral Commodity Summaries beschikbaar zijn) weer te geven.

Detailinformatie omtrent individuele zeldzame aardmetalen en (naast platina en palladium) individuele platinagroep-metalen is hier niet in meegenomen.

Op goud, zilver, telluur, koper en nikkel na, blijkt dat alle andere grondstoffen voor meer dan 50% uit slechts 3 bronlanden afkomstig zijn.

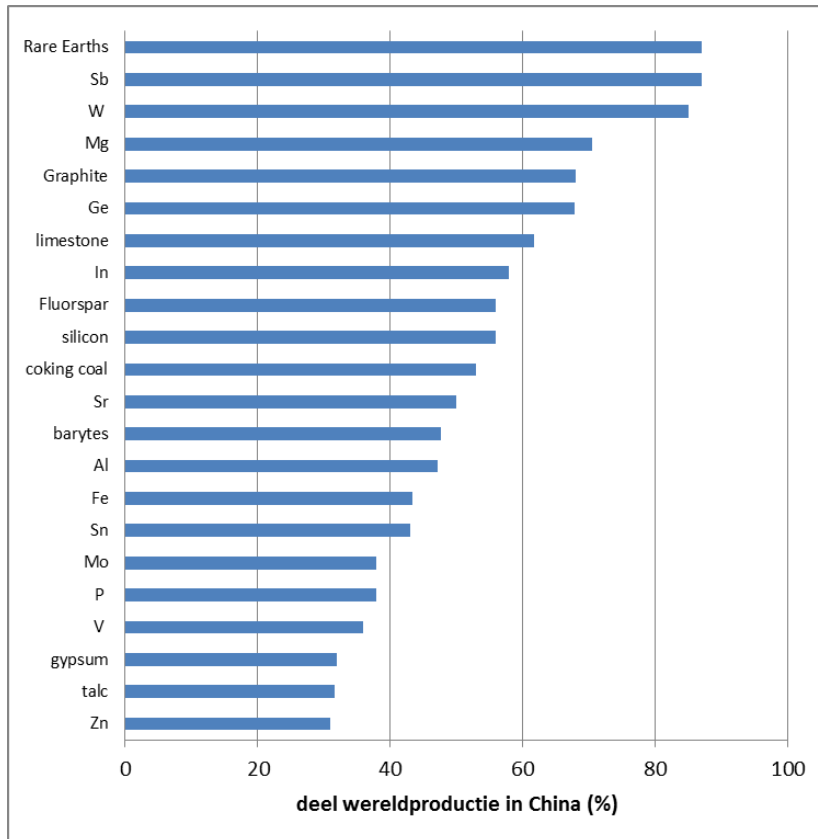
China is overduidelijk een dominante speler. Andere zeer dominante spelers (> 80% van de wereldproductie) zijn Brazilië (voor niobium, Nb) en de V.S. (voor beryllium, Be).





Figuur 54 Top-3 producerende landen per grondstof

De positie van China als 's werlds grootste producent van mineralen verdient bijzondere aandacht. Het aandeel van China in de productie van de hier bekeken materialen is gegeven in Figuur 55. Hieruit blijkt dat voor twaalf grondstoffen China meer dan 50% van de totale wereldproductie voor zijn rekening neemt.



Figuur 55 China's aandeel in de wereldproductie van aangegeven grondstoffen

## Bijlage 7 Internationale ontwikkelingen van databases

Yale (Verenigde Staten), afdeling Industrial Ecology. Het werk van deze afdeling, onder leiding van T. Graedel, is toonaangevend in de wereld op gebied van grondstofafhankelijkheid. De onderzoeksafdeling beschikt over een database waarin voor enkele honderden producten de volledige waardeketen in een dataset is vervat. De database bevatte in 2012 zeven kritische materialen, 49 landen en 200.000 productgroepen. Een enkele waardeketen bevat duizenden onderdelen, elk een specifiek bedrijf met bijbehorend product representerend. CML onderhoudt goede contacten met deze afdeling en kan voor een onderzoeksagenda daarin een verbindende rol spelen.

NIMS (Japan), afdeling Materials Science. Het werk van deze afdeling, onder leiding van K. Halada, is eveneens toonaangevend in de wereld, ditmaal met name op gebied van de koppeling van grondstof en product. De database bevat vrijwel alle specifieke metalen die in de economie gebruikt worden en vele duizenden productgroepen. De accuratesse van deze data is hoger dan de koppelmatrix die het hart vormt van deze studie. In samenwerkingsverbanden geïnitieerd door de EU is het gebruik van deze data reeds besproken en is aldus een reële mogelijkheid.

GRANTA (Verenigd Koninkrijk), afdeling product technology design. Dit bedrijf is al jaren toonaangevend in advies op het gebied van productontwerp. Hun track-record heeft hen in staat gesteld om een database aan te leggen die in hoge mate van detail de samenstellingsgegevens van producten weergeeft. De exacte reikwijdte van de database is niet duidelijk, maar een indicatie wordt gelegd met de omvang van ECO-INVENT. Dit komt neer op meer dan 30.000 productgroepen, 70 materialen en talloze milieu-impacts. Daarnaast zijn specifieke ontwerpgegevens van materialen en productgroepen in beeld gebracht. (waaronder en verdeling van typische levensduur)

Chalmers (Zweden), afdeling Urban Studies. Onder leiding van L. Rosado is een database aangelegd van ca. 15.000 productgroepen en tientallen grondstoffen. Waar het detail in grondstoffen minder is dan de koppelmatrix, beschikt deze database over gedetailleerde informatie over geografische herkomst- en bestemming en gebruikaspecten. De database zal een belangrijk element vormen van Europees onderzoek naar de Urban Mine in de EU. Om die reden is een samenwerking met deze partij in het kader van toekomstige studies niet slechts mogelijk, maar nadrukkelijk gewenst.