

TNO-rapport

TNO 2014 R10686 | Eindrapport

Materialen in de Nederlandse Economie - een beoordeling van de kwetsbaarheid -

Behavioural and Societal Sciences

Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00
F +31 88 866 30 10

Datum	19 mei 2014
Auteur(s)	Ton Bastein Elmer Rietveld Stephan van Zyl
Exemplaarnummer	
Oplage	60
Aantal pagina's	98 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	5
Opdrachtgever	Ministerie van Economische Zaken
Projectnaam	Kritische Materialen in de Nederlandse Economie
Projectnummer	060.05621

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2014 TNO

Samenvatting

De wereldwijde druk op hulpbronnen neemt voortdurend toe als gevolg van een combinatie van een toenemende bevolking met stijgende inkomens en bijgevolg toenemende materiële wensen. Deze veranderingen leiden tot een langdurige druk op het milieu. De druk op hulpbronnen kan ook een stabiele levering van materialen voor onze economie in gevaar brengen, waardoor onze industriële activiteiten en exportpositie worden bedreigd. Deze studie heeft het volgende tot doel:

- een gedetailleerd kwalitatief en kwantitatief beeld van de rol van een geselecteerde groep grondstoffen in de Nederlandse economie verkrijgen;
- de kwetsbaarheid van de Nederlandse economie en specifieke industriële sectoren beoordelen (met de nadruk op de Nederlandse exportpositie), gezien de afhankelijkheid van de invoer van grondstoffen, halffabricaten en eindproducten op basis van deze grondstoffen
- het bieden van richtlijnen aan stakeholders (industrie en uit de beleidsarena) voor mogelijke actiemiddelen om kwetsbaarheden te verminderen.

Om dit beeld te kunnen verkrijgen is een transparant en flexibel model ontwikkeld, een 'koppelmatrix'. Dit model koppelt op een gedetailleerde kwalitatieve en kwantitatieve wijze stromen grondstoffen aan productgroepen. Door deze productgroepen te koppelen aan industriële sectoren, wordt inzicht gegeven in het belang van materialen (en dus ook van een onderbreking van de aanvoer van deze materialen en daarmee de economische kwetsbaarheid) voor de Nederlandse economie. De methodologie is gebaseerd op formele statistische databases (gebaseerd op data van 2011 en 2012), waardoor het gebruik van geconsolideerde data en de mogelijkheid tot updaten en verspreiden wordt gewaarborgd. De methodologie kan gemakkelijk worden uitgebreid naar meer materiaalstromen.

De materialen die voor deze analyse zijn geselecteerd, werden alle beschouwd als van groot belang voor de industriële exportpositie van Nederland. De materialen zijn:

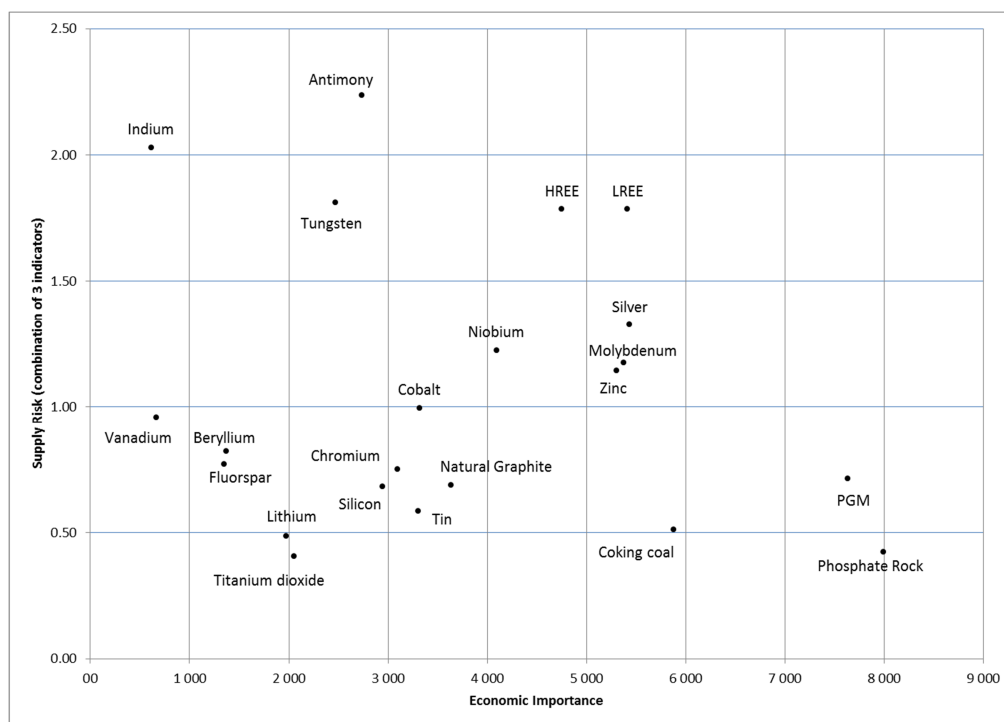
Voor dit onderzoek geselecteerde materialen	
Antimoon	Lichte zeldzame aarden
Beryllium	Zware zeldzame aarden
Chroom	Silicium
Kobalt	Wolfraam
Fluoriet	Tin
Fosfaat	Molybdeen
Indium	Zilver
Lithium	Titaniumdioxide
Grafiet	Vanadium
Niobium	Zink
Platinagroepmetalen	Cokeskool

De ontwikkelde methodologie is eenvoudig uit te breiden naar meer materialen. De kwalitatieve en kwantitatieve analyse laat niet alleen de koppeling met exporterende sectoren zien, maar geeft ook de mogelijke accumulatie van de zogenaamde 'urban

mine' (stadsmijn) in Nederland aan, evenals de belangrijkste handelspartners die gekoppeld zijn aan deze materialen.

Er worden verschillende indicatoren voor de beoordeling van het leveringsrisico van deze materialen beschreven, gedeeltelijk gebaseerd op de relevante literatuur met betrekking tot kritikaliteit. Meer in het bijzonder worden als indicatoren de gegevens van de (huidige en toekomstige) productie en voorraden van mineralen, de concentratie (en stabiliteit) van bronlanden, de vervangbaarheid van deze materialen en de (impact van) prijsvolatiliteit geïntroduceerd.

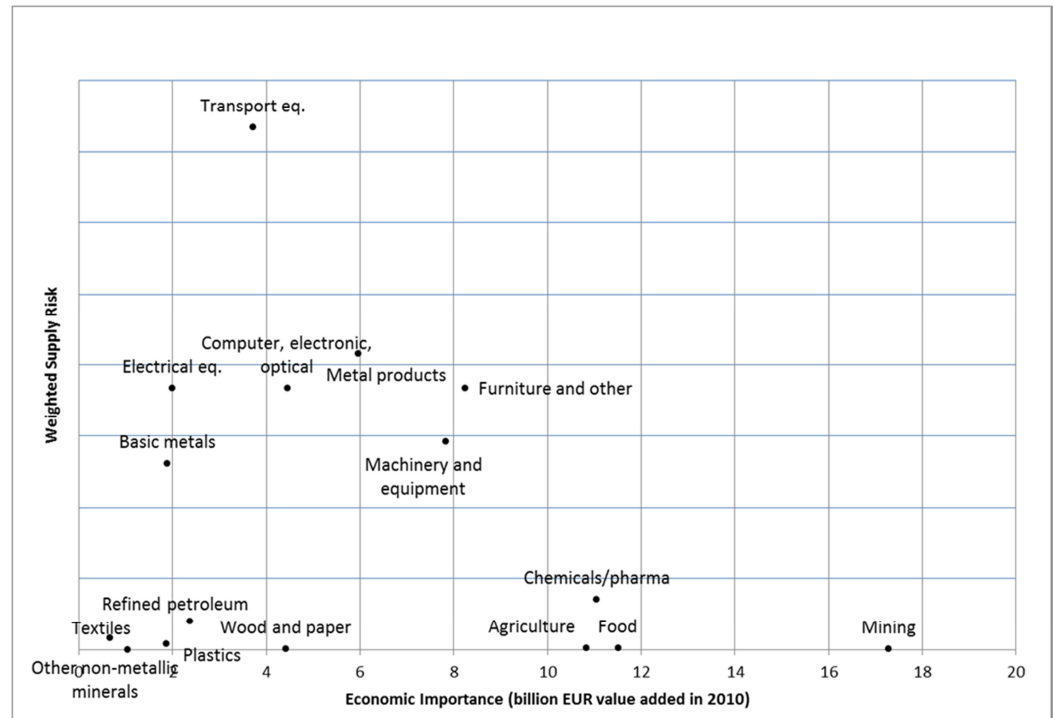
Er zijn verschillende analyses gemaakt ter beoordeling van de kwetsbaarheid van Nederlandse industriële sectoren voor problemen met de levering van de 22 geselecteerde materialen. Een van deze analyses (waarbij gebruik werd gemaakt van een evenwichtige benadering met betrekking tot reserves van mineralen, landconcentratie en prijsvolatiliteit) leidt tot de hier getoonde kwetsbaarheidsbeoordeling.



Figuur: Kwetsbaarheidsbeoordeling voor de Nederlandse economie: leveringsrisico versus economisch belang voor 22 geselecteerde materialen

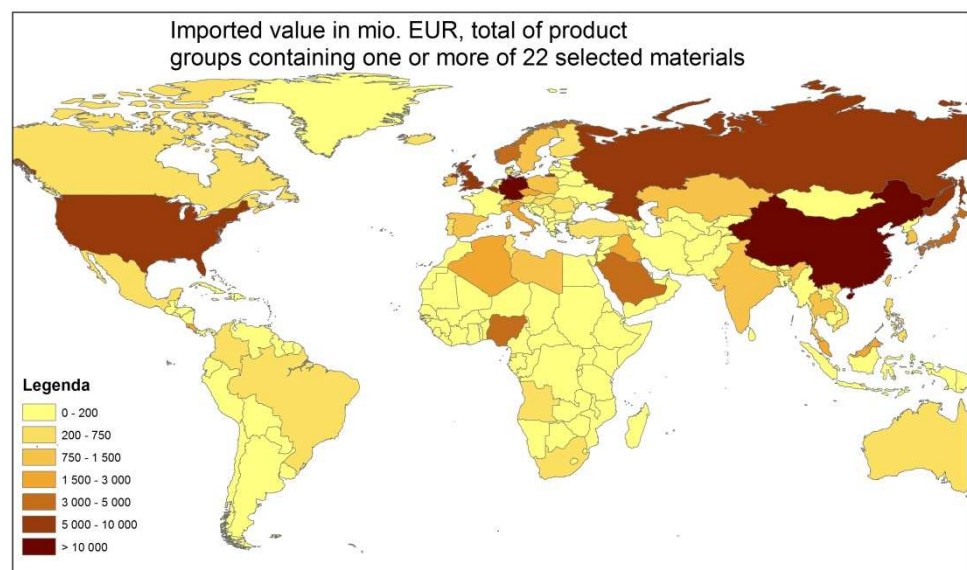
Hieruit blijkt dat fosfaat en platinagroepmetalen het grootste economische belang vertegenwoordigen, maar dat leveringszekerheidsrisico's vooral gezicht moeten worden in de groep zeldzame aardmetalen, antimoon, wolfram (tungsten) en indium).

De beoordeling werd met behulp van de 'koppelmatrix' uitgebreid naar industriële sectoren; het resultaat wordt weergegeven in de volgende figuur:



Door het relatief intensieve gebruik van materialen met een zeker leveringszekerheidsrisico zijn de sectoren productie van transportmaterieel, elektrische apparatuur, computer, optische en elektronische apparatuur, machines, basismetaal, metaalproducten en meubels meer dan andere sectoren gevoelig voor leveringszekerheidsproblemen.

Het geografische beeld van handelspartners en hun relatieve belang voor de Nederlandse economie wat betreft de levering van goederen die een of meer van de geselecteerde materialen bevatten, wordt hieronder weergegeven.



De grootste handelspartners (met respectievelijk 16 en 11% van de waarde van de import van grondstoffen, halffabrikaten of eindproducten) zijn China en Duitsland.

De bevindingen zijn voornamelijk gericht op het macroniveau van overheid of sector. Om de bevindingen op afzonderlijke bedrijven toe te passen, is een voorstel opgesteld voor een stresstest, waarvan de elementen hieronder worden aangegeven.

Dimensie	Indicator
Aanbod	Voorraad/productie
	Concentratie van materialen in landen van oorsprong
	Stabiliteit en bestuur van bronlanden
	Vervangingsopties per product
	Voldoende kwaliteit van de ingekochte materialen
	Trend in de verhouding tussen vraag en aanbod
	Inzicht in volledige toeleveringsketen?
Gevolgen voor de winstgevendheid	Vermogen om kostenverhogingen aan klanten door te berekenen
	Percentage van de inkomsten dat beïnvloed wordt
	Invloed van de prijsvolatiliteit van (grondstoffen) materialen op product- en/of bedrijfsniveau
Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen	Prestaties van bronlanden wat betreft ecologische en menselijke ontwikkeling
	Ecologische voetafdruk van verbruikte grondstoffen
	Aanwezigheid van hinderlijke beleidsregels (voor vraag of aanbod)

De data die nodig zijn voor een dergelijke test, zijn doorgaans gebaseerd op data van de huidige technologieën en handelsstatistieken (behalve de kwalitatieve trend in de verhouding tussen vraag en aanbod). Het rapport presenteert een aantal eerste gedachten om toekomstige kwetsbaarheden te beoordelen.

De data waarop de analyses zijn gebaseerd, zullen beschikbaar worden gesteld aan stakeholders (overheid, bedrijven), zodat zij self-assessments van kwetsbaarheden kunnen uitvoeren en - op een interactieve manier de gedetailleerdheid en nauwkeurigheid van de data kunnen vergroten.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond: de kwetsbaarheid van de EU en Nederland wat betreft de levering van grondstoffen en beleidsreacties	9
1.2 Kwetsbaarheid toeleveringsketen of grondstoffen?	10
1.3 Leveringskwetsbaarheid in relatie tot efficiënt gebruik van hulpbronnen	12
1.4 Doel van dit onderzoek	14
1.5 De methodologische aanpak I: verbanden tussen materialen, producten en sectoren leggen	15
1.6 De methodologische aanpak II: Kwetsbaarheidsbeoordelingen	16
1.7 Gids voor de lezer	17
2 Grondstoffen duidelijk gedefinieerd - een selectie van grondstoffen voor een gedetailleerde analyse	19
2.1 Selectie criterium: de EU-lijst van kritieke grondstoffen	19
2.2 Nauwere selectie: selectie van de grondstoffen voor dit onderzoek	20
3 Economische relevantie van de geselecteerde materialen - Verbanden tussen grondstoffen en producten	25
3.1 Grondstoffen en hun economische betekenis	25
3.2 Invoer via grondstoffen en eerste halffabricaten	28
3.3 Recyclingmogelijkheden	31
3.4 Oorsprong en bestemming van internationale Nederlandse handel	32
4 Indicatoren voor de bepaling van leveringsrisico's	37
4.1 Productie en reserves	37
4.2 Ontwikkeling van vraag en aanbod	42
4.3 Bronlanden en de invloed van de stabiliteit in een land	44
4.4 Substitutie: verwachtingen ten aanzien van grondstofvervanging	47
4.5 Prijzen en prijsvolatiliteit	48
4.6 Samenvatting van indicatoren voor het leveringsrisico en toepassing van de EU-methodiek	50
5 Invloed van de geselecteerde materialen op de Nederlandse economie - een kwetsbaarheidsbeoordeling op nationaal niveau	53
5.1 Leveringsrisico per materiaal volgens de EU-methodologie	53
5.2 Alternatieve kwetsbaarheidsbeoordelingen	53
5.3 Kwetsbaarheid van sectoren voor de geselecteerde materialen	55
5.4 Effect van prijsvolatiliteit op de economische waarde van producten en sectoren	56
6 Gebruik van onderzoeksresultaten door industriële belanghebbenden	59
6.1 Beschouwingen voor een stresstest met betrekking tot materialen voor de Nederlandse economie	59
6.2 Stresstest-indicatoren uit de literatuur	60
6.3 Voorstel voor een stresstest voor Nederlandse industrieën	62
6.4 Mogelijke acties van bedrijven op basis van een stresstest	65

6.5	Mogelijke maatregelen van de nationale overheid op basis van een kwetsbaarheidsbeoordeling	68
6.6	Verspreiding en openbaar gebruik van onderzoeksresultaten	69
7	Slotopmerkingen en vooruitzichten	71
7.1	Het onderzoek resulteert in een model dat (de leveringszekerheid van) materialen koppelt aan de Nederlandse economie	71
7.2	Hoe kunnen de onderzoeksresultaten nog meer worden ingezet?	71
7.3	Verbetering en uitbreiding van model en onderliggende database	74
	Literatuur en overige bronnen	77

Bijlage(n)

- A Woordenlijst met economische concepten
- B Longlist van materialen
- C Beoordeling van de economische relevantie van de geselecteerde materialen door koppeling van grondstoffen aan producten
- D Voorbeeld van EcoInvent-validatie
- E Gegevensfiches per materiaal en volledige Koppelmatrix

1 Inleiding

Grondstoffen vormen de basis van economische structuren. In een wereld met toenemende welvaart in een toenemend aantal landen staat een stabiele beschikbaarheid van grondstoffen onder druk. Dit verhoogt op zijn beurt de risico's voor individuele ondernemingen en nationale economieën die sterk afhankelijk zijn van de invoer van materialen, halffabricaten en eindproducten. In dit onderzoek wordt getracht om vast te stellen welke rol materialen spelen in de Nederlandse economie, wat de kwetsbaarheid van de Nederlandse economie is en wat stakeholders kunnen doen om die risico's te identificeren. Daartoe zal een model worden opgebouwd op basis van de relevante data voor de beoordeling van deze kwetsbaarheid.

Het onderzoek stelt in wezen niet de 'kritikaliteit' vast, maar plaatst verschillende risico's in perspectief.

Dit hoofdstuk beschrijft de achtergrond van dit onderzoek (paragraaf 1.1), de analyse van de bredere context van dit onderzoek (paragraaf 1.2 en paragraaf 1.3), de doelstelling (paragraaf 1.4), geeft een beschrijving van de methodologie die zal worden ontwikkeld (paragraaf 1.5 en paragraaf 1.6) en een gids voor de lezer (paragraaf 1.7).

1.1 Achtergrond: de kwetsbaarheid van de EU en Nederland wat betreft de levering van grondstoffen en beleidsreacties

Als gevolg van een groeiende wereldbevolking en toenemende welvaart (en als gevolg daarvan veranderingen in consumptiepatronen) neemt de wereldwijde druk op hulpbronnen voortdurend toe. Algemeen wordt erkend dat de draagkracht van het systeem aarde op de lange duur op het spel staat. Vanuit een perspectief op de kortere termijn wordt het steeds duidelijker dat opkomende economieën hun natuurlijke hulpbronnen veiligstellen, deels om een sterkere economische hefboomwerking van hun hulpbronnen te bereiken. Europa - zijnde een netto-importeur van veel grondstoffen - verkeert in een kwetsbare positie als het gaat om het veiligstellen van een duurzame en robuuste levering van grondstoffen¹. Zowel de Europese Unie als veel van haar lidstaten werken daarom aan een actief beleid met betrekking tot grondstoffen en hulpbronnen. Op Europees niveau heeft dit geleid tot een vlaggenschipinitiatief voor een efficiënt gebruik van hulpbronnen in Europa, het Europese Innovatiepartnerschap (EIP) op het gebied van grondstoffen en (vanaf 2015) een Kennis- en InnovatieGemeenschap (Community) (KIC) op het gebied van grondstoffen. In Horizon 2020 wordt een toenemend aantal onderzoeksprogramma's ondersteund die zich richten op analyses van de situatie en de ontwikkeling van beheersingsstrategieën.

Nederland speelt al sinds 2010 een actieve rol in het grondstoffendebat. De overheid publiceerde in 2010 haar eerste paper 'Schaarste en Transitie' waarin de druk op water, energie, landgebruik en mineralen en meer in het bijzonder de onderlinge verbanden tussen deze onderwerpen werd benadrukt. Het Nederlandse Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) bracht in 2010 haar eerste publicatie 'Critical Materials in the Dutch Economy' uit, dat eerste inzichten gaf in de

¹ Zie bijlage A voor een woordenlijst met (economische) concepten.

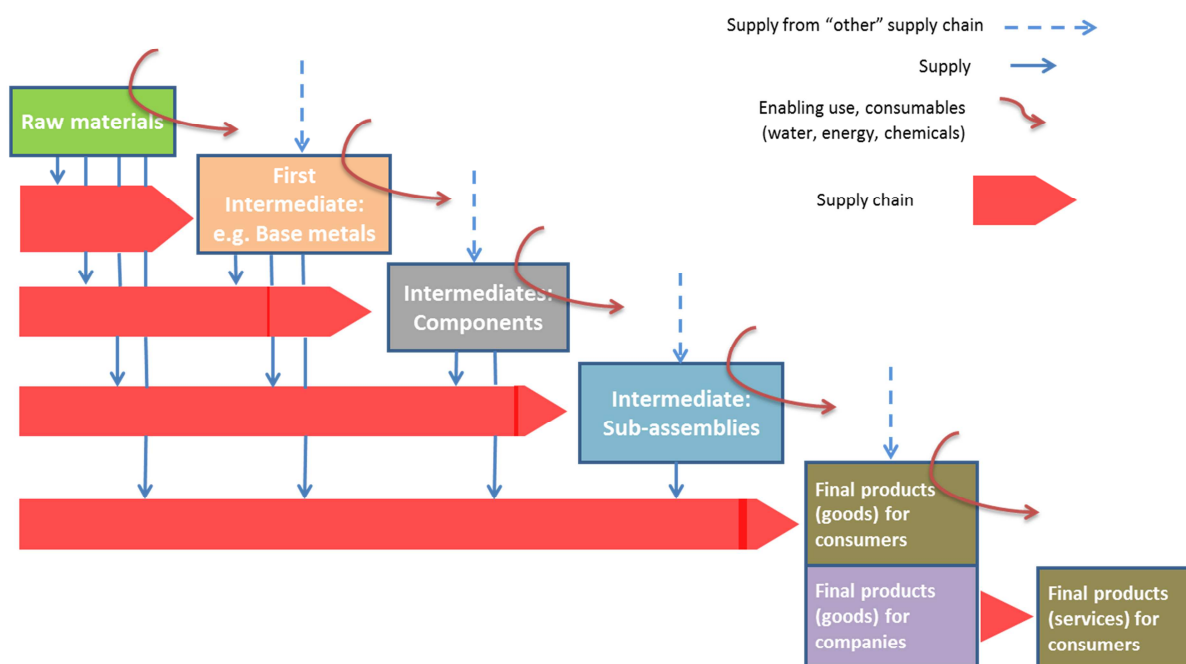
industriële sectoren die potentieel het meest zouden worden getroffen in geval van spanningen bij de levering van grondstoffen. De overheid publiceerde in 2011 haar Grondstoffennotitie, waarin de aandacht was gericht op innovatie bij recycling en efficiënt gebruik van hulpbronnen en het aangaan van internationale betrekkingen om de aanvoer van grondstoffen veilig te stellen en een internationaal level playing field te creëren. Op basis van deze notitie werden verschillende acties ondernomen. Tot deze acties behoren de activiteiten van het Ministerie van Buitenlandse Zaken, dat actief is geweest bij de ontwikkeling van duurzame en transparante mijnbouwactiviteiten (in Afrika) en technologische samenwerking (in Bolivia, met betrekking tot de ontwikkeling van een lithium gebaseerde infrastructuur).

Het ondernemen van gerichte acties door zowel het bedrijfsleven als de overheid en het prioriteren van beleid en onderzoeksonderwerpen op het gebied van grondstoffen is gewenst. Aan deze acties dient richting te worden gegeven door grondige risicobeoordelingen met betrekking tot kwesties als leveringszekerheid en economische belang van specifieke klassen van materialen op regionaal, landelijk of bedrijfsniveau. Op Europees niveau is in 2010 de eerste versie van een dergelijke risicobeoordeling gepubliceerd als het verslag van de ad-hoc werkgroep voor het definiëren van kritisch materiaal onder de titel 'Critical Materials for the EU'.² Uit een groep van 41 materialen werden 14 (groepen) materialen als kritisch bestempeld, omdat deze materialen werden beschouwd als van grote economische relevantie voor de Europese economie en als kwetsbaar voor leveringsverstoringen. De beoordeling is opnieuw uitgevoerd in de loop van 2013. De resultaten van deze herbeoordeling worden in de eerste helft van 2014 bekendgemaakt. Omdat een identieke beoordelingsmethode werd gebruikt, zijn de resultaten goed vergelijkbaar met de resultaten die in 2010 zijn gepubliceerd. In het onderhavige onderzoek zullen voorlopige gegevens van dit nieuwe rapport van de EU worden gebruikt.

1.2 Kwetsbaarheid toeleveringsketen of grondstoffen?

De in de vorige paragraaf geschetste activiteiten zijn vooral gericht op kwesties die verband houden met grondstoffen. Toch is de kwetsbaarheid van industriële productie niet alleen afhankelijk van de situatie van de levering met betrekking tot grondstoffen, maar ook van onderdelen verderop in de waardeketen. Onderstaande figuur is een algemene weergave van een industrieel proces.

² Kritische grondstoffen voor de EU, rapport van de ad-hocwerkgroep inzake definiëring van kritische grondstoffen, juni 2010, http://ec.europa.eu/enterprise/policies/rawmaterials/documents/index_en.htm



In deze figuur onderscheiden we verschillende elementen van een toeleveringsketen: leveranciers van grondstoffen, producenten van bewerkte materialen (zogenaamde 1^e halffabricaten), producenten van halffabricaten (componenten, zoals printplaten of magneten) en producenten van eindproducten voor andere industrieën (business-to-business) of consumenten (business-to-consumer). Deze stappen vormen ieder op zich een afzonderlijke markt (en zijn een onderdeel van een waardeketen), die gekenmerkt wordt door zijn eigen land- en bedrijfsconcentraties, zijn eigen ecologische of maatschappelijke kwetsbaarheden, etc. En elke stap is ook afhankelijk van het gebruik van verschillende soorten verbruiksartikelen (water, energie, ondersteunende of dissipatief gebruikte chemische stoffen). Een kwetsbaarheidsbeoordeling voor een producent dichtbij een grondstoffenbron (bijvoorbeeld een staalfabrikant of een voedselproducent) kan er heel anders uitzien dan die van een producent van complexe apparatuur. Deze laatste heeft behoefte aan een grondig inzicht in de leveringssituatie na de directe leverancier om zijn kwetsbaarheid te begrijpen.

In een onderzoek in opdracht van de FME³ werd geconcludeerd dat 24 van de 30 ondervraagde bedrijven uit de technologiesector ernstige en acute verstoringen van de leveringen hadden meegemaakt die niet verband hielden met grondstoffen maar met een probleem verderop in de waardeketen.

Het industriële landschap is echter uiterst complex. Gedetailleerd inzicht in de waardeketen ontbreekt vaak en kan moeilijk worden verkregen. Kwetsbaarheden

³ 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

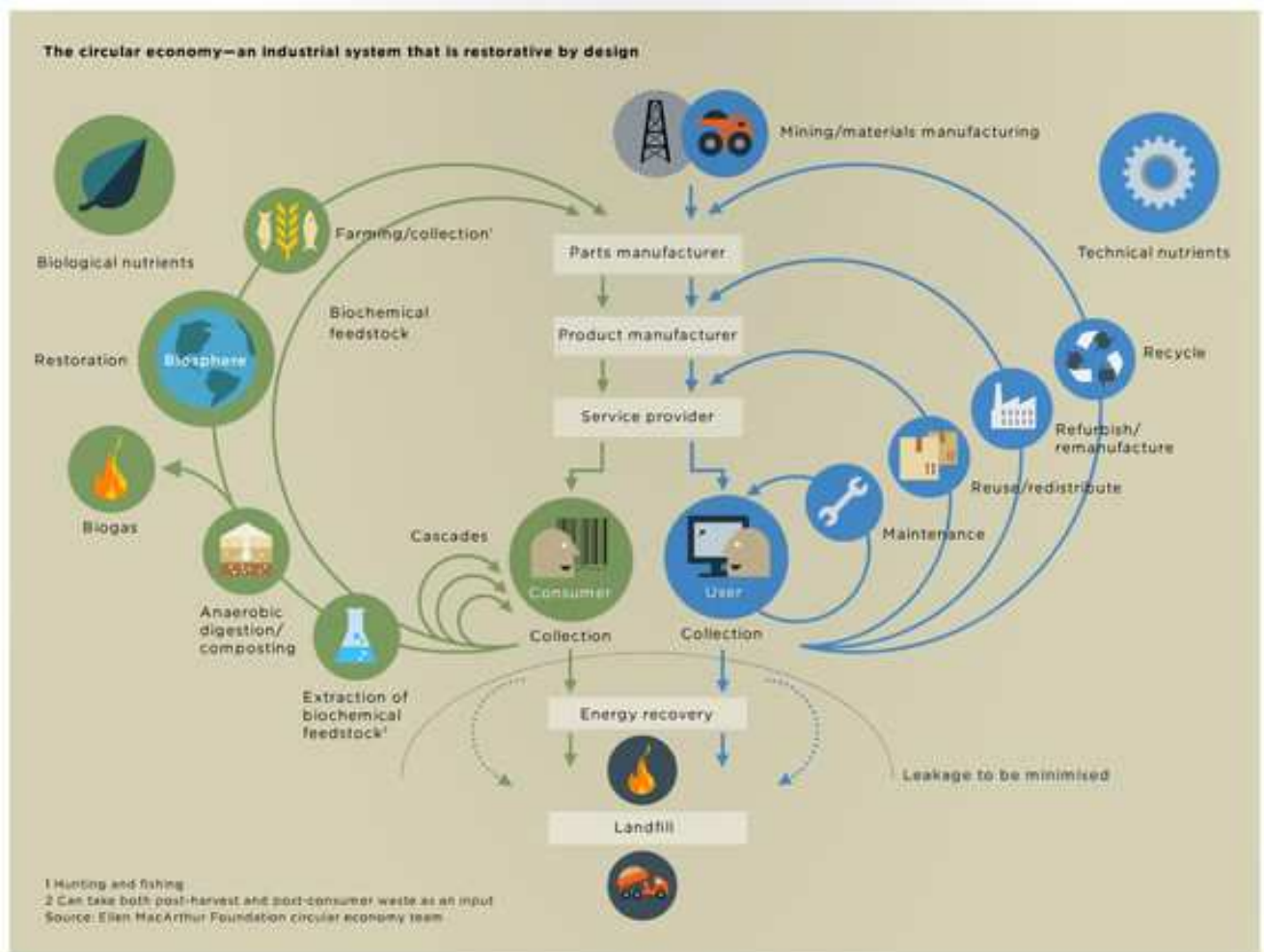
die het grondstoffenaspect van een waardeketen weerspiegelen, worden nog steeds als zeer relevant beschouwd. De methodologieën die in dit onderzoek worden ontwikkeld houden rekening met waardeketenaspecten, maar niet op een zeer gedetailleerde wijze. Deze methodologieën worden verder uitgewerkt in de paragrafen 1.5 en 1.6.

1.3 Leveringskwetsbaarheid in relatie tot efficiënt gebruik van hulpbronnen

Deze kwetsbaarheidsbeoordeling en de op Europese schaal uitgevoerde beoordeling hebben betrekking op de eerder beschreven algehele druk op onze hulpbronnen. De aard van de kwetsbaarheidsbeoordelingen (en de meeste van de verzachtende maatregelen die worden genomen of overwogen, zie paragraaf 6.4) zijn echter sterk gerelateerd aan kwesties met betrekking tot leveringsrisico's en dus - op het eerste gezicht - gericht op het verlengen van business-as-usual als het gaat om productie en consumptie.

Wanneer we de -generieke- waardeketen van de industriële productie echter nader bekijken, kan deze kwetsbaarheidsbeoordeling in een bredere context worden geplaatst, namelijk het denken over het verbeteren van een efficiënt gebruik van hulpbronnen in het algemeen en dus van pogingen om materiële rijkdom te ontkoppelen van belasting van het milieu. Het concept van de circulaire economie is een goed voorbeeld voor een dergelijke aanpak. Dit concept zal in deze paragraaf verder worden uitgewerkt.

De Ellen MacArthur Foundation heeft in haar rapport 'Towards the Circular Economy' van 2011 een inspirerend en aansprekend beeld van een circulaire economie gepresenteerd. Een circulaire economie is een economisch en industrieel systeem dat gebaseerd is op het hergebruik van producten en grondstoffen en het Herstellend Vermogen van natuurlijke hulpbronnen. Dit systeem probeert waardevernietiging in het totale systeem te minimaliseren en waardecreatie in elke schakel in het systeem te maximaliseren, waardoor wordt bijgedragen aan het verkleinen van de voetafdruk met betrekking tot het gebruik van materialen en de ecologische belasting van de draagkracht van de planeet door onze consumptie. Het centrale idee is om optimaal te profiteren van het hergebruik van producten en grondstoffen en het Herstellend Vermogen van de natuurlijke hulpbronnen, en om waardevernietiging te minimaliseren. Het rapport maakt onderscheid tussen biotische en technische voedingsstoffen (respectievelijk groene en blauwe lijnen in Figuur 1), die op verschillende wijzen hun weg vinden in de circulaire economie.



Figuur 1 Schematische voorstelling van de Circulaire Economie (bron: Ellen MacArthur Foundation)

De circulaire economie - zoals beschreven in het rapport van de Ellen MacArthur Foundation - is gebaseerd op waardecreatie door het verhogen van de levensduur van goederen, bijvoorbeeld door betere ontwerpen of door intensieve reparatie en onderhoud, door het verbeteren van hergebruik, reparatie en recycling door tijdens de ontwerpfase rekening te houden met circulaire elementen.

Een recent onderzoek uit 2013, uitgevoerd door TNO in opdracht van het Nederlandse Ministerie van Infrastructuur en Milieu, was gericht op het economisch potentieel van deze zogenaamde feedbackloops en concludeerde dat prikkels om deze loops te stimuleren zouden kunnen leiden tot een extra toegevoegde waarde van 7,3 miljard euro en 54.000 banen.

De 'circulaire loops' van dit principe hebben de meeste aandacht gekregen. De gevolgen van de circulaire economie voor de waardeketen van de productie van goederen en producten (d.w.z. de centrale as in Figuur 1) is duidelijk: voor meer onderhoud en/of het opknappen of opnieuw vervaardigen van goederen zijn vanzelfsprekend stakeholders uit de productieketen nodig. Het is duidelijk dat dergelijke circulaire bedrijfsinitiatieven aantrekkelijke opties zijn voor deze productiebedrijven in het geval dat het aanbod van grondstoffen, halffabricaten of

eindproducten kwetsbaar is. Het kan hen andere bronnen van grondstoffen en goederen opleveren, waardoor ze minder afhankelijk van buitenlandse bronnen worden gemaakt.

Evenzo geldt voor productiebedrijven die onder leveringsdruk staan, dat ze actiever aan R&D kunnen doen om substituten te zoeken waarvoor alleen veel op de aarde voorkomende elementen nodig zijn, of om technologieën te ontwikkelen met een kleinere voetafdruk wat betreft materialen.

Het is duidelijk dat een toekomstgerichte kwetsbaarheidsbeoordeling het onderzoek naar en de ontwikkeling en implementatie van technologieën en methoden voor een efficiënt gebruik van hulpbronnen, zoals de circulaire economie, kan stimuleren. Dergelijke alternatieven kunnen robuuste alternatieven en oplossingen voor kwetsbaarheden en verstoringen van de leveringen bieden. Door het versterken van de banden tussen producenten en eindgebruikers kunnen zich nieuwe bedrijfsmodellen ontwikkelen die meer onderhoud, medegebruik, opknapwerk en, uiteindelijk, recycling kunnen opleveren en dus meer controle door stakeholders over hun voorraden. Hoewel in het onderhavige onderzoek de nadruk wordt gelegd op de Nederlandse grondstoffenkwetsbaarheid met betrekking tot de export, geeft het feit dat de meeste goederen worden uitgevoerd binnen de EU-28 aan dat circulaire benaderingen van buitenlandse consumenten en klanten ruim binnen het bereik van de meeste producenten kunnen vallen.

Het onderhavige onderzoek zal leiden tot een mogelijke prioritering met betrekking tot de kwetsbaarheden die de Nederlandse economie kan ervaren in het geval van problemen met de leveringszekerheid. Koppeling van dit onderzoek aan concepten van een efficiënt gebruik van hulpbronnen zoals de circulaire economie kan leiden tot een prioritering van initiatieven in het geval dat zij in potentie een probleem oplossen bij de levering van een materiaal dat van groot belang blijkt te zijn voor de Nederlandse economie .

1.4 Doel van dit onderzoek

Zoals vermeld in paragraaf 1.2 was het rapport 'Kritische materialen in de Nederlandse economie' (van het CBS, ondersteund door bureauonderzoek van TNO en CML Leiden)⁴ de eerste Nederlandse poging om een globaal beeld te krijgen van het belang van een breed scala aan grondstoffen voor de Nederlandse economie. Dit eerdere onderzoek bood geen informatie over de kwantitatieve aspecten (noch in termen van volume, noch in termen van de economie, en niet over de fase waarin de materialen in de samenleving kwamen, dat wil zeggen in de vorm van grondstoffen, bewerkte materialen, halffabricaten of als eindproducten) van de materiële impact op onze samenleving, en er werd ook geen poging gedaan om kwetsbaarheden te beoordelen.

Dit rapport bouwt voort op die 'quick scan'. De doelstellingen van dit onderzoek kunnen als volgt worden omschreven:

- verkrijgen van een gedetailleerd kwalitatief en kwantitatief beeld van de rol van een geselecteerde groep grondstoffen (zie hoofdstuk 2 voor nadere informatie)

⁴ CBS, ISSN 1877-3036

over de selectie van 22 materialen voor een nader verdiepingsonderzoek) in de Nederlandse economie;

- beoordeling van de kwetsbaarheid van de Nederlandse economie en specifieke industriële sectoren (met de nadruk op de Nederlandse exportpositie), gezien de afhankelijkheid van de invoer van grondstoffen, halffabricaten of eindproducten op basis van deze grondstoffen;
- bieden van richtlijnen aan stakeholders (industriële stakeholders en beleidsmakers) voor mogelijke actiemiddelen om kwetsbaarheden te verminderen.

1.5 De methodologische aanpak I: verbanden tussen materialen, producten en sectoren leggen

Zoals beschreven in de vorige paragraaf is een van de belangrijkste doelstellingen van dit onderzoek een gedetailleerd beeld van de rol van materialen in de Nederlandse economie te krijgen. De rol van materialen in de economie houdt op de eerste plaats verband met het gebruik van materialen in halffabricaten en eindproducten en de toegevoegde waarde van de productieprocessen die te maken hebben met deze productstromen.

De handelsstromen over de wereld zijn enorm complex en omvatten miljoenen en miljoenen producten. Een beoordeling van de invloed van grondstoffen en goederen in de hele waardeketen op een economie kan dus niet worden gebaseerd op een afzonderlijke beoordeling van de samenstelling, waarde en handelsstromen van afzonderlijke artikelen.

Om de relevantie van materialen voor een economie te beoordelen, moet worden vastgesteld wat het verband is tussen grondstoffen en de toepassing ervan in materialen, halffabricaten en eindproducten. Om dit te doen werd een methodologie ontwikkeld die uitvoerig is beschreven in bijlage C. Hier wordt een korte uitleg van het model gegeven.

De eerste stap in deze methodologie is het maken van een matrix met op de ene as een classificatie van productgroepen en op de andere as een selectie van materialen. Wat er dan nog overblijft, is een tijdrovende taak die grote nauwkeurigheid vereist en bestaat uit het koppelen van een specifieke grondstof aan een specifieke productgroep. De selectie van materialen wordt beschreven in hoofdstuk 2. De selectie van productgroepen is gebaseerd op de lijst van meer dan 5000 productgroepen van het geharmoniseerde systeem (zie bijlage C voor nadere bijzonderheden). Een belangrijk resultaat van de koppelmatrix is een expliciete koppeling tussen grondstoffen en sectoren, aangezien officiële productclassificaties corresponderen met officiële sectorclassificaties.

Deze methodologie levert twee belangrijke resultaten op. Op de eerste plaats een benadering van een kwalitatieve matrix die de 22 grondstoffen koppelt aan productgroepen (d.w.z. producten) en economische sectoren. Met deze kwalitatieve koppeling kunnen we het verband tussen materialen en economische sectoren inschatten en op grond daarvan een basis voor de beoordeling van economische kwetsbaarheden creëren. Op de tweede plaats kan een kenmerkend aandeel van een materiaal in een productgroep (uitgedrukt in bijvoorbeeld gram materiaal per ton product, ofwel ppm – parts per million) worden gevonden op basis van de

kwalitatieve koppelingen en data van wereldwijde mijnbouw. Typische aandelen bieden een kwantitatieve schatting van de toepassing van materialen in productgroepen en kan dus worden gebruikt voor schattingen van concrete materiaalstromen in de samenleving en de gevolgen van prijsvolatiliteit op productgroepen en sectoren (paragraaf 4.5).

1.6 De methodologische aanpak II: Kwetsbaarheidsbeoordelingen

Na een gedetailleerd (modelmatig) inzicht te hebben verkregen in de rol van materialen in de Nederlandse samenleving, kunnen we de kwetsbaarheid van onze economie wat betreft leveringsrisico's van deze materialen behandelen. De beoordeling van de kwetsbaarheid van de economie of een specifiek strategisch doel (bijvoorbeeld de routekaart naar duurzame energie)⁵ op een (multi-)nationaal niveau is niet eenvoudig, noch is er één unieke methode om dit te doen. In deze paragraaf beschrijven we een aantal internationale voorbeelden van kwetsbaarheidsbeoordelingen, waarna we een korte inleiding zullen geven voor de beoordelingen die in deze studie worden uitgevoerd.

Een groeiend besef van grondstoffenbeperkingen heeft in de afgelopen jaren geleid tot een overvloed aan kritikaliteitsbeoordelingen. Een uitstekend en uitgebreid overzicht van deze kritikaliteitsanalyses en de vooruitzichten en resultaten ervan is gegeven door Erdmann en Graedel⁶. Er zijn slechts zeer weinig onderzoeken door (en voor) bedrijven gepubliceerd (er wordt wel een onderzoek van GE genoemd). De meeste onderzoeken worden door academische instellingen of overheidsinstanties uitgegeven, zoals bijvoorbeeld het EU-rapport over kritische grondstoffen, dat veelvuldig wordt aangehaald in dit onderzoek. De besproken methodologieën onderscheiden over het algemeen een as waarop de **leveringsrisico's** zijn afgezet (beoordeling van aspecten van leveringsrisico's op de korte en langere termijn) en een as voor **kwetsbaarheid voor leveringsrisico's** (ofwel gericht op een beleidsterrein, zoals de impact op de proliferatie van duurzame energietechnologie of op het economische belang voor een regio of een bedrijf). De kritikaliteitsbeoordeling die door de EG is voorgesteld en wordt gebruikt verdient speciale aandacht vanwege de relevantie ervan voor het EU-beleid, en dus voor EU-R&D-budgetten en Nederlandse stakeholders uit de industrie en kennisinstellingen.

In het EU-rapport over kritische materialen wordt gesteld dat een groot **leveringsrisico** ontstaat uit een combinatie van een grote bronlandconcentratie (gewogen op basis van de stabiliteit van de regering van het land), het niet kunnen vervangen (op basis van het oordeel van deskundigen) en het gebrek aan recycling.

De **dimensie van de kwetsbaarheid voor leveringsrisico's** in deze EU-methodologie geeft de economische relevantie aan die mogelijk wordt beïnvloed. In andere onderzoeken (zoals uitgevoerd door JRC-IE of het Amerikaans Ministerie van Energie (DoE) wordt het onvermogen om beleid te voeren, zoals bijvoorbeeld

⁵ R.L. Moss, E. Tzimas, H. Kara, P. Willis en J. Kooroshy, Critical Metals in Strategic Energy Technologies - Assessing Rare Metals as Supply-Chain Bottlenecks in Low-Carbon Energy Technologies, JRC IE, 2011

⁶ L. Erdmann en TE. Graedel, Criticality of Non-Fuel Minerals: A Review of major Approaches and Analyses, Env. Sc. & Techn. 2011, 45, 7620 - 7630

de invoering van koolstofarme energietechnologieën, als een kwetsbaarheidsdimensie gebruikt.

De analyses van Graedel en zijn medewerkers leidden ertoe dat zij een methodologie voor de bepaling van metaalkritikaliteit voorstelden.⁷ Interessant is dat Graedel et al. een onderscheid maken tussen het perspectief van een bedrijf en van een land. Op landelijk niveau lijkt zijn voorgestelde benadering veel op de benadering van de EU. Op bedrijfsniveau stelt hij voor om de financiële impact op een bedrijf toe te voegen (hoeveel inkomsten worden beïnvloed? Kunnen kostenverhogingen worden doorberekend? In hoeverre is het van belang voor de strategie van de onderneming), het gemak waarmee substituten kunnen worden geïntroduceerd (NB: er wordt dus niet vanuit gegaan dat substitutie een directe invloed heeft op het leveringsrisico) en het vermogen om te innoveren.

Daarnaast stelt Graedel voor de jaren van ongestoorde productie (de voorraad/productie-ratio) op te nemen als indicator voor het leveringsrisico. Verscheidene andere auteurs stellen voor om de prijsvolatiliteit van grondstoffen op te nemen als een indirecte aanwijzing voor het leveringsrisico of als een parameter die nodig is om de kwetsbaarheid van leveringsrisico's te beoordelen.

In dit rapport zullen we over het algemeen de EU-methodologie volgen om de kwetsbaarheid van de Nederlandse economie te beoordelen. Deze beoordeling wordt gepresenteerd in hoofdstuk 5, op basis van een beoordeling van het belang van de grondstoffen voor de Nederlandse economie (hoofdstuk 3) en de introductie van een aantal indicatoren voor het leveringsrisico (hoofdstuk 4). Naast deze EU-methodologie zullen we ook de kwetsbaarheid op basis van prijsvolatiliteit en minerale voorraden beoordelen.

1.7 Gids voor de lezer

Dit rapport is als volgt opgebouwd.

Hoofdstuk 2 beschrijft de selectie van de (22) materialen die in dit rapport tot in detail worden geanalyseerd. De keuze van deze materialen is sterk beïnvloed door het afgeleide materiaalgebruik van die sectoren die verantwoordelijk zijn voor de Nederlandse exportpositie.

Hoofdstuk 3 is sterk gebaseerd op de methodologie die in paragraaf 1.5 is geïntroduceerd en geeft een kwantitatieve beschrijving van de wijze waarop de geselecteerde materialen zijn gekoppeld aan de Nederlandse economie. Dit hoofdstuk biedt informatie over het economisch belang van deze materialen voor de Nederlandse economie, het verband met de internationale handel en de mogelijkheden voor recycling.

Hoofdstuk 4 introduceert en bevestigt indicatoren die wereldwijd worden gebruikt om leveringsrisico's van grondstoffen te beoordelen.

⁷ 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

Hoofdstuk 5 geeft een beoordeling van de mate van de kwetsbaarheid van de Nederlandse economie met betrekking tot de 22 geselecteerde materialen. Voor deze kwetsbaarheidsbeoordeling wordt gebruik gemaakt van de kwantitatieve gegevens die in hoofdstuk 3 zijn verkregen (wat is de economische relevantie van materialen en sectoren?) en hoofdstuk 4 (welke leveringsrisico's zijn er verbonden aan de geselecteerde materialen?).

Hoofdstuk 6 introduceert een stresstest voor industriële stakeholders, gericht op het beoordelen van de kwetsbaarheid van de industriële activiteiten voor leverings- en prijsstijgingskwesties met betrekking tot de geselecteerde materialen.

Hoofdstuk 7 presenteert slotopmerkingen en een vooruitzicht voor verdere activiteiten.

2 Grondstoffen duidelijk gedefinieerd - een selectie van grondstoffen voor een gedetailleerde analyse

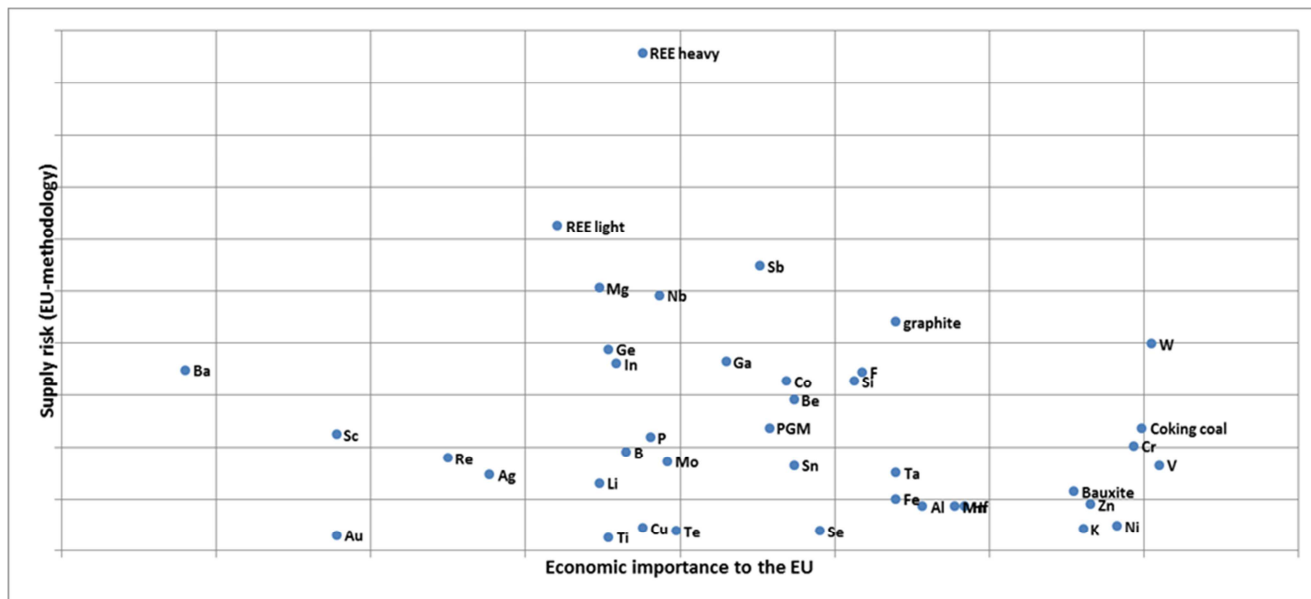
Dit onderzoek beoogt niet vast te stellen welke grondstoffen de meeste betekenis hebben voor de Nederlandse economie en evenmin welke grondstoffen bij een tekort ervan de grootste kwetsbaarheid voor Nederland vormen. Met andere woorden, dit onderzoek is geen onderzoek naar de mate waarin grondstoffen kritiek zijn of worden, zoals uitgevoerd door de Europese Commissie in het kader van het Grondstoffeninitiatief.

Het doel van dit onderzoek is de afhankelijkheid van de Nederlandse economie voor een aantal (22) grondstoffen te analyseren; deze zijn met zorg vooraf geselecteerd uit een langere lijst opgesteld door het Ministerie van Economische Zaken (zie Bijlage B); een tweede doel is het vaststellen van een methodologie voor een kwetsbaarheidsevaluatie waar zowel beleidsmakers als Nederlandse industriesectoren gebruik van kunnen maken om verdere maatregelen te treffen ter beperking van de opgemerkte risico's of om zich strategisch te positioneren door investeringen in veerkrachtige technologieën en diensten.

In dit hoofdstuk wordt de keuze voor de in dit onderzoek te gebruiken grondstoffen besproken.

2.1 Selectiecriterium: de EU-lijst van kritieke grondstoffen

In 2010 heeft de Europese Commissie haar eerste rapport gepubliceerd waarin van een aantal grondstoffen is vastgesteld dat deze kritiek zijn. Het vaststellen van deze lijst had grote invloed op het debat en de daarop volgende maatregelen ten aanzien van kritieke grondstoffen in Europa. In feite werd bepaald dat een grondstof kritiek was als deze van belang was voor economisch sterke bedrijfstakken in Europa, en die grondstof werd geacht te lijden onder risico's wat betreft de levering (een hoog risico wat betreft de levering wordt bepaald door een hoge productieconcentratie in de landen van herkomst, gebrek aan politieke stabiliteit aldaar, de afwezigheid van recycling en levensvatbare vervangende technologieën). Uiteraard vormt de door de Europese Commissie geopperde prioriteitenlijst een belangrijk uitgangspunt voor de selectie van grondstoffen in dit onderzoek. In het voorjaar van 2014 presenteert de Commissie een herziene versie van het eerste rapport (uit juni 2010), dat is opgesteld met behulp van precies dezelfde methodiek; daarin is echter een aantal andere grondstoffen opgenomen (n.b. cokeskool en een aantal organische materialen). In Figuur 2 wordt een overzicht gegeven van de risico in de levering van een groot aantal grondstoffen en de economische betekenis daarvan voor de Europese Unie.



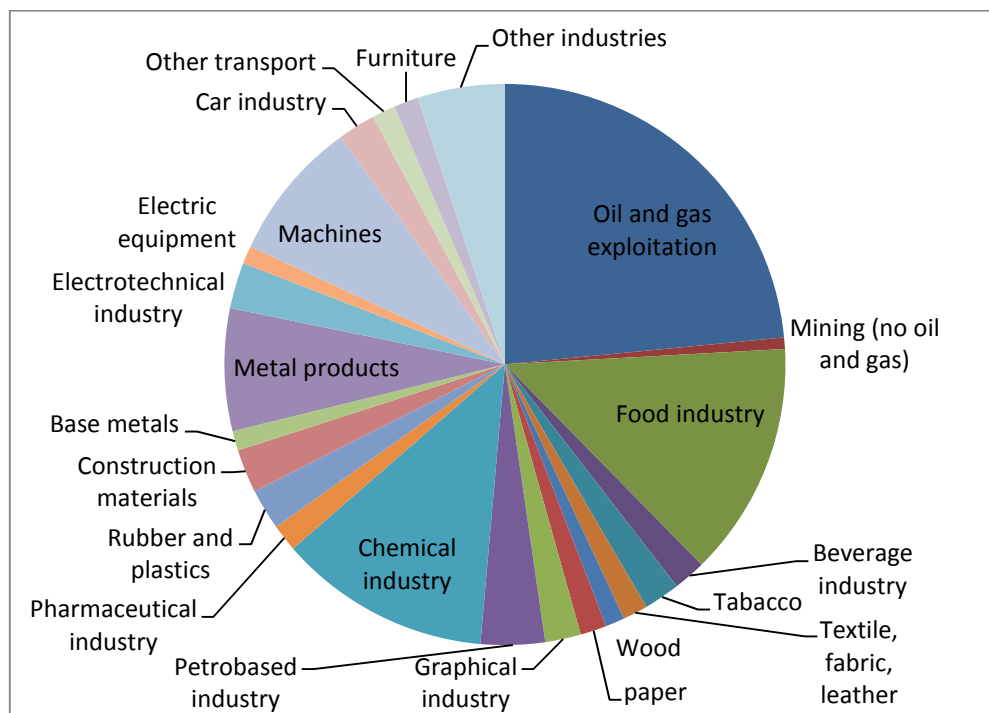
Figuur 2 Beoordeling van de mate waarin een grondstof kritiek is volgens het herziene EU-rapport

Aangezien de gebruikte methodologie volledig identiek is aan de eerder gebruikte methodologie, verschillen de uitkomsten (dat wil zeggen de relatieve posities van de onderzochte materialen) niet wezenlijk van die in het oorspronkelijke rapport (juni 2010).

2.2 Nauwere selectie: selectie van de grondstoffen voor dit onderzoek

De herziene EU-lijst met kritieke grondstoffen biedt zeker een leidraad voor de selectie van grondstoffen die van belang zijn voor de Nederlandse economie. Het zou echter te beperkt zijn om de selectie alleen op deze lijst te baseren, bijv. omdat de nadruk op grondstoffen die sterk verbonden zijn met high-tech elektronische componenten (indium, gallium, germanium, verscheidene zeldzame aarden, silicium) in dit onderzoek waarschijnlijk te veel het belang van deze bedrijfstak zou benadrukken.

Bovendien moet dit onderzoek zich meer richten op de economisch belangrijke bedrijfstakken binnen de Nederlandse economie en de invloed van grondstoffen op deze bedrijfstakken analyseren. De kracht van de Nederlandse economie ligt sterk verankerd in haar sterke exportpositie. De verdeling van de toegevoegde waarde van de Nederlandse export (een totaalbedrag van 85 miljard euro) staat vermeld in Figuur 3.



Figuur 3 Verdeling van toegevoegde waarde van de verwerkende industrie binnen de Nederlandse economie in 2012 (totale waarde: 85 miljard euro)

Grof gezegd zijn de grootste bedrijfstakken de olie- en gasindustrie, de voedingsindustrie en de landbouwsector, de chemische industrie in de ruimste zin en de metalelektro industrie. Gezien het belang van de bedrijfstakken die zich met voedsel bezig houden, is het overduidelijk dat fosfor deel moet uitmaken van de verdere analyse.

De chemische industrie is grotendeels gebaseerd op fossiele koolstofbronnen, die niet voorkomen op de langere lijst grondstoffen. Om het belang van de chemische sector mee te kunnen nemen in deze analyse, zijn chemicaliën zoals fluoriet en elementen uit groep van de platinametalen (die vooral als essentiële katalysator in een groot deel van de petrochemische industrie worden gebruikt) geselecteerd voor nader onderzoek. De Europese Raad voor de Chemische Industrie (CEFIC) heeft in samenwerking met het Europese Technologie Platform Duurzame Chemie (ETP-SusChem) op 12 februari 2013 een discussienota uitgebracht bij de Hoge Stuurgroep van de EIP (Europese Innovatiesamenwerking) inzake Grondstoffen, getiteld 'Key messages from the Chemical Industry' (Belangrijke berichten uit de chemische industrie). Deze belangrijke berichten behelzen onder meer een betoog voor het opnemen van fosfaten en titaniumdioxide in de kritieke grondstoffen voor de EU: fosfaten omwille van de landbouw, zoals hierboven vermeld (meststof) en titaniumdioxide als essentieel onderdeel voor verven, plastics en papier. Titaniumdioxide wordt daarom ook meegenomen in het onderhavige onderzoek, ook al wordt het risico in de levering volgens de EU-methodiek heel gering geacht.

In een door FME, een organisatie van de high-tech en metalelektro-industrie, uitgebracht onderzoek is aan 30 bedrijven uit deze bedrijfstakken gevraagd wat hun ervaring was ten aanzien van kwetsbaarheden in de levering. Uit dit onderzoek bleek dat 24 van deze 30 bedrijven acute en ernstige verstoring in de

leveringsketen hadden ondervonden (in de 3 jaar voorafgaand aan het onderzoek) en dat veel van deze leveringsproblemen (om precies te zijn: 22 van de 41 vermelde problemen) te maken hadden met verscheidene vormen van legeringen en typen staal. Deze bevindingen, gecombineerd met het opgemerkte belang van de bedrijfstak metalelektro (Figuur 3), en de door het EU-onderzoek bepaalde economische betekenis (Figuur 2) heeft ertoe geleid dat vanadium, zink, tin en molybdeen aan de lijst geselecteerde grondstoffen zijn toegevoegd.

Een bespreking tussen Nederlandse belanghebbenden heeft een extra argument opgeleverd om cokeskool als geselecteerde grondstof toe te voegen. Zoals te zien is in Figuur 2, wordt cokeskool als een van de economisch meest belangrijke grondstoffen voor Europa gezien. Het verbruiksgoed cokeskool is ook een interessante en relevante casus voor Nederland.

Met bovengenoemde overwegingen in gedachten is in dit rapport de volgende lijst grondstoffen voor nader onderzoek uit de bus gekomen:

Voor dit onderzoek geselecteerde materialen	
Antimoon	Lichte zeldzame aarden
Beryllium	Zware zeldzame aarden
Chroom	Silicium
Kobalt	Wolfraam
Fluoriet	Tin
Fosfaat	Molybdeen
Indium	Zilver
Lithium	Titaniumdioxide
Grafiet	Vanadium
Niobium	Zink
Platinagroepmetalen	Cokeskool

De toepassing van deze grondstoffen in de industriële sectoren volgens het rapport van de Ad-hoc werkgroep van de EU staat in de volgende tabel 1. Uit deze tabel blijkt dat de geselecteerde grondstoffen relevant zijn voor de chemische industrie, machines en metalen, wat erop wijst dat de geselecteerde grondstoffen inderdaad die industriële sectoren bestrijken die ook van belang zijn voor de Nederlandse economie.

Tabel 1 Gebruik van grondstoffen per sector (bron: EU-rapport over kritieke grondstoffen); de getallen in de tabel geven aan hoeveel van een bepaald materiaal in de betreffende sector wordt gebruikt (bijvoorbeeld: 52% van alle antimoon wordt gebruikt in 'Chemicaliën').

Grondstoffen	Chemicaliën	Bouw	Elektrisch	Elektronica	Mechanische apparatuur	Metalen	Olie	Overig	Papier	Farmaceutisch	Kunststof	Raffinage	Transport - overig	Transport - weg
Antimoon	0,52		0,07			0,22								0,2
Beryllium			0,2	0,2	0,25	0,03		0,04			0,03		0,1	0,15
Chroom						0,99		0,01						
Kobalt	0,18		0,07	0,3		0,37		0,08						
Cokeskool						1								
Fluoriet	0,52					0,43		0,05						
Indium			0,1	0,78		0,04		0,08						
Lithium	0,11			0,22	0,04	0,06		0,22		0,02	0,33			
Molybdeen	0,15	0,06	0,08	0,02	0,2		0,18	0,07					0,1	0,14
Grafiet	0,06			0,04	0,04	0,6		0,24						0,02
Niobium		0,31			0,03	0,08	0,24	0,06						0,28
Platinagroepmet alen	0,07			0,1		0,03		0,23			0,01	0,01		0,55
Fosfaat	0,95							0,05						
Zware zeldzame aarden	0,47	0,32	0,12			0,03		0,02			0,04			
Lichte zeldzame aarden	0,04	0,02	0,3			0,12		0,07			0,24	0,14		0,07
Silicium	0,54			0,08		0,38								
Zilver	0,11			0,28		0,07		0,54						
Tin	0,15			0,45	0,09	0,21		0,08			0,02			
Titanium	0,56					0,05		0,03	0,09		0,27			
Wolfraam			0,17		0,77	0,06								
Vanadium	0,04				0,32	0,63		0,01						
Zink	0,06					0,9		0,04						
Totaal	4,53	0,71	1,11	2,47	1,74	6,3	0,42	1,92	0,09	0,02	0,94	0,15	0,2	1,41

3 Economische relevantie van de geselecteerde materialen - Verbanden tussen grondstoffen en producten

Om de betekenis van grondstoffen voor een economie te bepalen dient er een verband te worden gelegd tussen de grondstoffen en de toepassing ervan in materialen, halffabricaten en eindproducten. Er wordt algemeen erkend dat uitgebreide informatie over de volledige levenscyclus van de meeste grondstoffen ontbreekt. Terwijl gedetailleerde informatie (uit openbare en bedrijfsbronnen) beschikbaar is over mijnbouw en derhalve de mondiale beschikbaarheid van grondstoffen, zijn er geen informatiebronnen beschikbaar die samenhangende, uitgebreide en regelmatig bijgewerkte informatie bieden over producten, het gebruik ervan en (dus) het einde van het leven van grondstoffen.⁸ Om een verband te leggen tussen grondstoffen en producten, bedrijfstakken en dus de Nederlandse economie, is er een model ontwikkeld dat beschreven staat in hoofdstuk 1.

Deze methodologie leidt tot een geschatte kwantitatieve matrix waarin het verband tussen de 22 grondstoffen en de productgroepen (d.w.z. producten)/economische bedrijfstakken wordt weergegeven. De matrix levert kwalitatieve gegevens op (waarbij alleen de aanwezigheid van grondstoffen aan productgroepen en sectoren wordt gekoppeld), die voldoende zijn voor een evaluatie van de economische relevantie, en kwantitatieve gegevens (gebaseerd op kenmerkende aandelen van grondstoffen in productgroepen), om te worden gebruikt voor importgegevens en gegevens over stadsmijnbouw ('urban mining'). In een volgend hoofdstuk worden deze kwantitatieve gegevens weer gebruikt om de invloed van schommelingen in de grondstoffenprijzen op de economie te bepalen. In dit hoofdstuk worden de resultaten van deze methodologie en de koppelmatrix beschreven.

In paragraaf 3.1 wordt omschreven in welke mate grondstoffen worden gekoppeld aan productgroepen en dus aan economische bedrijfstakken (waarbij de nadruk ligt op bedrijfstakken die verband houden met exportwaarde). In paragraaf 3.2 wordt nadere informatie gegeven over de invoer van grondstoffen (en de vorm ervan) in Nederland. In paragraaf 3.3 wordt uit de koppelmatrix afgeleid wat de geschatte totale jaarlijkse hoeveelheid gerecyclede nuttige grondstoffen uit stedelijk afval ('urban mining') is, met een indicatie voor het potentieel voor recycling. In paragraaf 3.4 worden gegevens verstrekt over de belangrijkste handelspartners van Nederland met betrekking tot goederen die ten minste één van de 22 geselecteerde grondstoffen bevatten.

3.1 Grondstoffen en hun economische betekenis

De in dit onderzoek ontwikkelde methodologie heeft een koppelmatrix opgeleverd: de 22 onderzochte grondstoffen worden gekoppeld aan circa 850 productgroepen. Deze kunnen op hun beurt weer ingedeeld worden in 16 belangrijke bedrijfstakken. Het kwalitatieve verband tussen de grondstoffen en deze belangrijke bedrijfstakken is weergegeven in Tabel 2. De cijfers in deze tabel drukken de verhouding (procentueel) uit van de bedrijfstak die gekoppeld is aan het gebruik van die

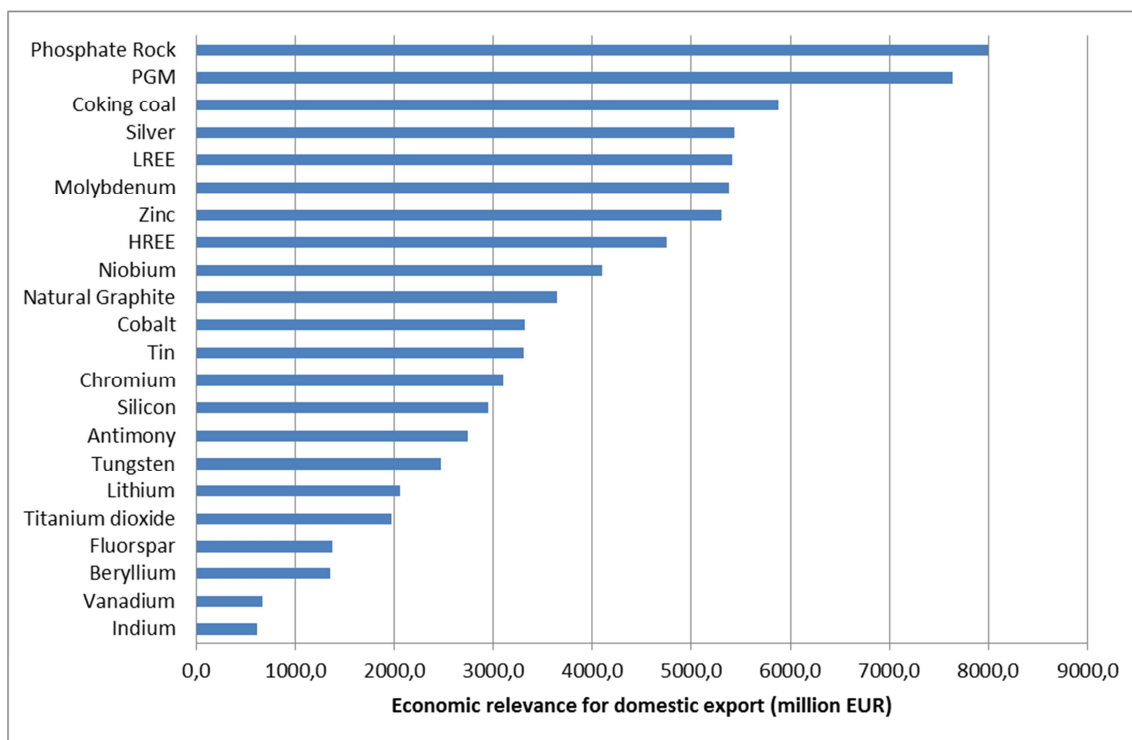
⁸ Dit is bevestigd in het rapport "Data Needs for a Full Raw Materials Flow Analysis" gepubliceerd door DG Enterprise & Industry op 7 september 2012, uitgevoerd door Risk & Policy Analysis Ltd. (RPA) ingevolge Framework Contract ENTR/2008/006, Lot1

specifieke grondstof. Een hoog cijfer geeft dus aan dat de betreffende grondstof in de meeste productgroepen binnen die bedrijfstak wordt gebruikt, een laag cijfer dat die grondstof slechts in een klein deel van de aan die bedrijfstak gekoppelde productgroepen wordt gebruikt. De cijfers geven NIET aan welk gedeelte de specifieke grondstoffen in producten binnen die bedrijfstak in het volume innemen: dat 'kenmerkende aandeel' komt aan bod in Bijlage C.

Tabel 2 Verbanden tussen materialen en sectoren; de getallen geven aan welk deel van een bepaalde sector afhankelijk is van een bepaald materiaal.

	Sp	Be	Cr	Co	Kool	F	P	In	Li	Mo	Grafiet	Nb	Platinagroep metalen	Lichte zeldzame aarden	Zware zeldzame aarden	Si	Ag	Sn	Ti	W	V	Zn
Landbouw, bosbouw en visserij	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mijnbouw	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	0,06	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Productie van voedsel, drank en tabaksproducten	0,00	0,00	0,35	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,35	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Productie van textiel, kleding en lederwaren	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Productie van hout- en papierproducten	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
Productie van cokes en geraffineerde aardolieproducten	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Productie van chemicaliën en farmaceutische producten	5,77	0,90	1,10	1,90	0,00	1,07	1,31	0,44	4,76	1,10	1,70	1,08	1,98	6,23	4,20	1,34	6,10	0,90	7,40	0,58	0,93	8,36
Productie van rubber- en kunststofproducten	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,16	0,00	0,00	0,00	1,66	0,00	0,00	0,00	0,00	4,83	31,59	0,00	0,00	0,97
Productie van overige niet-metaalhoudende minerale producten	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	1,37	1,37	1,41	1,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Productie van basismetalen	0,61	12,36	25,88	11,17	15,00	9,80	0,00	0,50	0,00	9,90	25,88	2,08	0,46	19,91	19,91	3,12	19,26	18,78	5,78	7,17	3,34	23,98
Productie van metaalwaren met uitzondering van machinebouw	0,00	3,99	32,16	26,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,67	30,27	8,15	2,25	32,85	24,70	26,52	25,40	37,22	10,84	26,43	8,90	39,96
Productie van computers, elektronische en optische producten	7,61	14,97	0,00	11,77	0,00	6,61	0,00	29,27	19,18	8,02	11,69	3,82	11,20	27,77	27,51	26,63	30,03	19,83	4,60	17,54	7,78	11,62
Productie van elektrische apparatuur	7,61	14,97	0,00	11,77	0,00	6,61	0,00	29,27	19,18	8,02	11,69	3,82	11,20	27,77	27,51	26,63	30,03	19,83	4,60	17,54	7,78	11,62
Machinebouw, niet elders geclassificeerd	8,43	0,54	5,27	19,28	0,00	7,49	0,00	7,84	8,43	27,97	17,24	15,40	11,34	20,04	19,69	34,77	26,48	2,73	5,97	23,59	0,00	1,93
Productie van vervoermaterieel	72,66	0,04	8,62	68,37	0,00	0,04	0,00	0,04	0,04	4,45	4,45	10,96	75,06	68,37	68,37	47,51	68,33	0,00	0,04	0,04	0,04	47,47
Meubelbouw en overig	7,61	14,97	0,00	11,77	0,00	6,61	0,00	29,27	19,18	8,02	11,69	3,82	11,20	27,77	27,51	26,63	30,03	19,83	4,60	17,54	7,78	11,62

Aangezien de 22 geselecteerde grondstoffen gekoppeld zijn aan (delen van) bedrijfstakken, zijn ze ook gekoppeld aan een specifieke toegevoegde waarde met betrekking tot de Nederlandse exportpositie. De resultaten staan in Figuur 4.



Figuur 4 Economische waarde van een grondstof

De maximale economische waarde wordt dus vertegenwoordigd door fosfaat (gerelateerd aan de productie en export van landbouwproducten) en de platinametalen (gerelateerd aan de chemische industrie).

Deze gegevens vertegenwoordigen de economische waarde van grondstoffen voor onze maatschappij en vormen de basis voor de kwetsbaarheidsevaluatie die aan de orde komt in hoofdstuk 5.

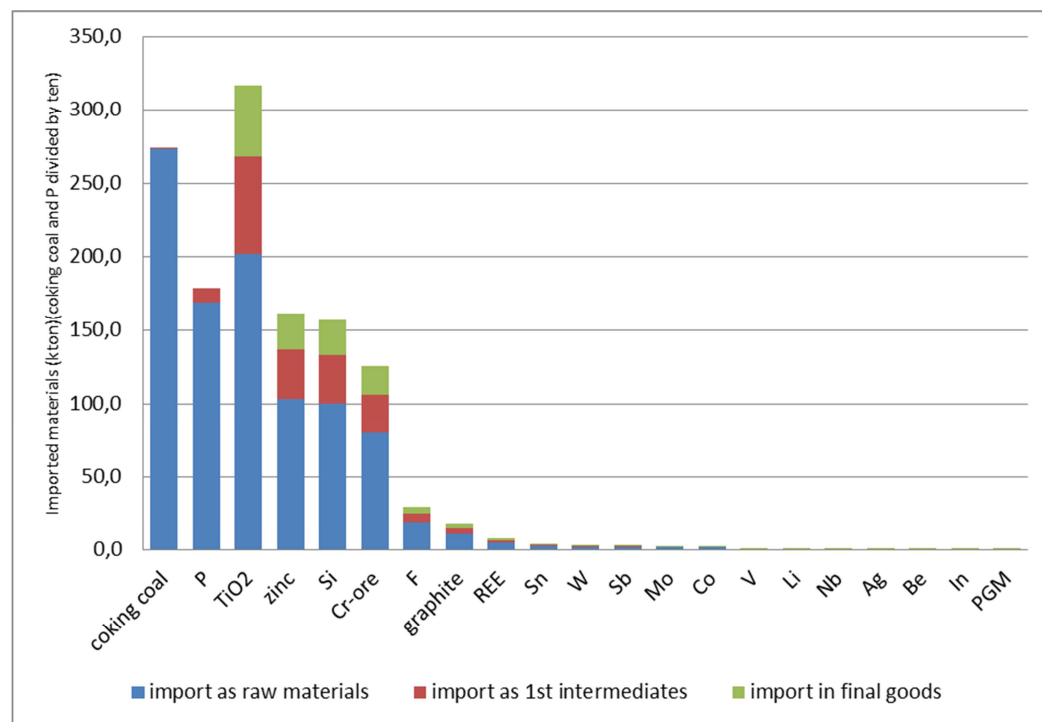
3.2 Invoer via grondstoffen en eerste halffabricaten

Er wordt algemeen aangenomen dat Nederland hoofdzakelijk halffabricaten en onderdelen voor de industriële productie importeert en veel minder pure grondstoffen. De aan de koppelmatrix ontleende gegevens leveren informatie op over 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^e halffabricaten'. Dit betreft goederen die in de meeste gevallen een trede lager in de mijnbouwketen liggen. Bij het aangeven van de productgroep met 1^e halffabricaten hebben we een tamelijk pragmatische definitie

gehanteerd: de naam van de daadwerkelijke grondstof moet deel uitmaken van het label van de productgroep⁹.

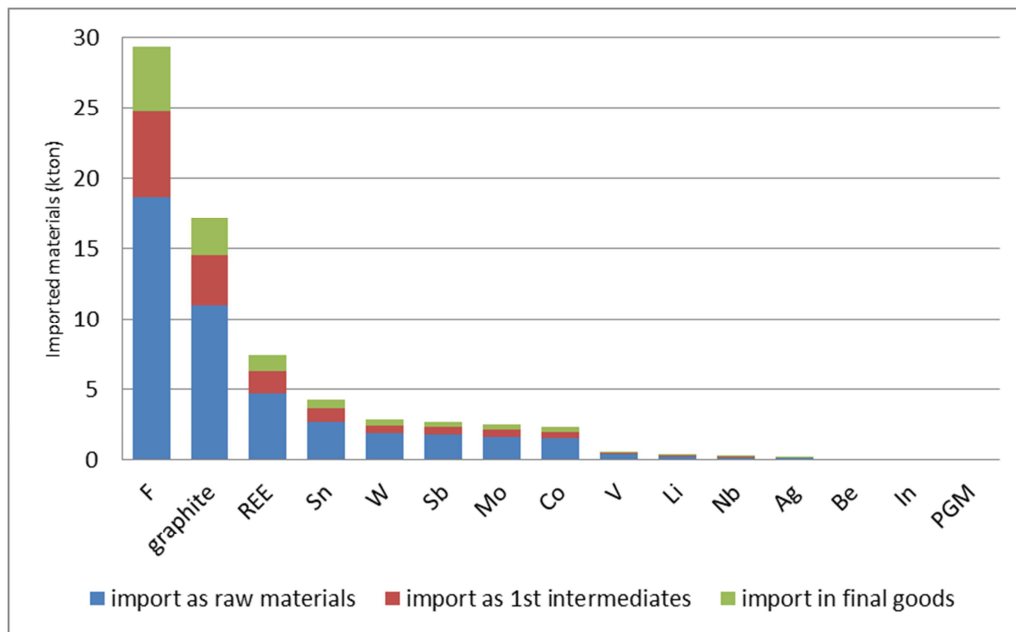
De gewichtsverdeling van de vorm waarin de geselecteerde 22 grondstoffen worden ingevoerd, staat in Figuur 5.



Figuur 5 Volume van ingevoerde materialen in de vorm van grondstoffen of verwerkt in eerste halfabricaten of eindproducten (cokeskool en fosfaat P gedeeld door 10; de invoer van fosfaten bedraagt derhalve zo'n 2.700 kton/jaar)

Volgens deze gegevens worden de grote volumestromen van de geselecteerde materialen gekoppeld aan de invoer van een aantal grondstoffen, nl. cokeskool, fosfaten, titanium, silicium, zink, en chroomerts. Indien deze 6 grondstoffen worden weggelaten uit deze grafiek, ontstaat er een gedetailleerder beeld van de invoersituatie voor de andere grondstoffen (Figuur 6).

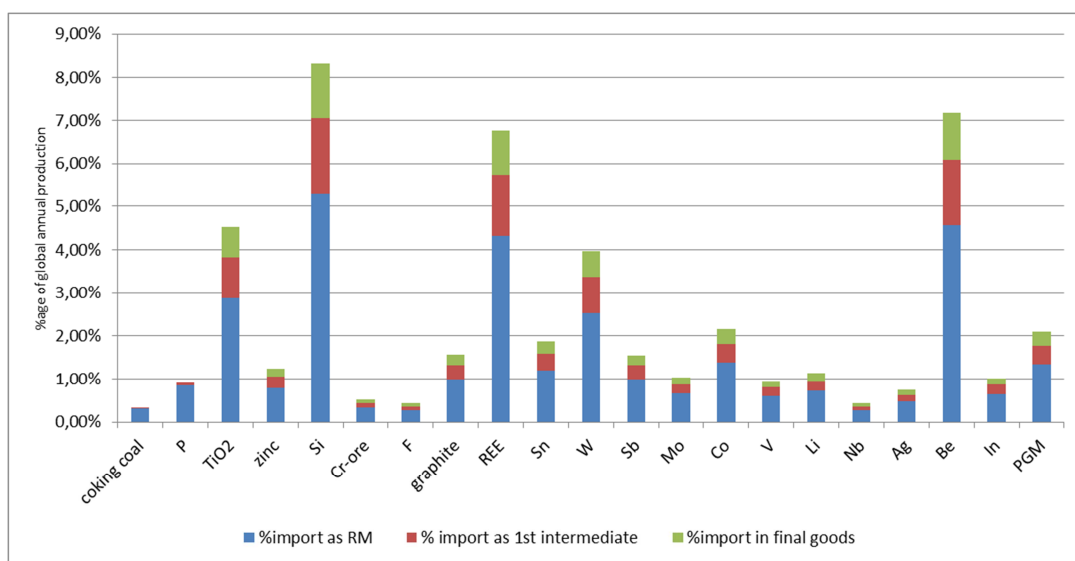
⁹ Of het label van het geharmoniseerde systeem voor de omschrijving en codering van goederen



Figuur 6 Volume ingevoerde materialen in de vorm van grondstoffen, verwerkt in eerste halfabricaten of eindproducten (nadruk op de kleinere volumes)

Zelfs voor de grondstoffen die vermeld staan in Figuur 6, geldt dat de meerderheid wordt ingevoerd als pure grondstof, en over het algemeen komt het invoerniveau via eerste halfabricaten overeen met de invoer van grondstoffen die zijn verwerkt in eindproducten.

Een eerlijk beeld van de betekenis van deze materialenstroom wordt verkregen door de geschatte totale materialenstroom naar Nederland te vergelijken met de totale mondiale jaarproductie van deze materialen (Figuur 7).



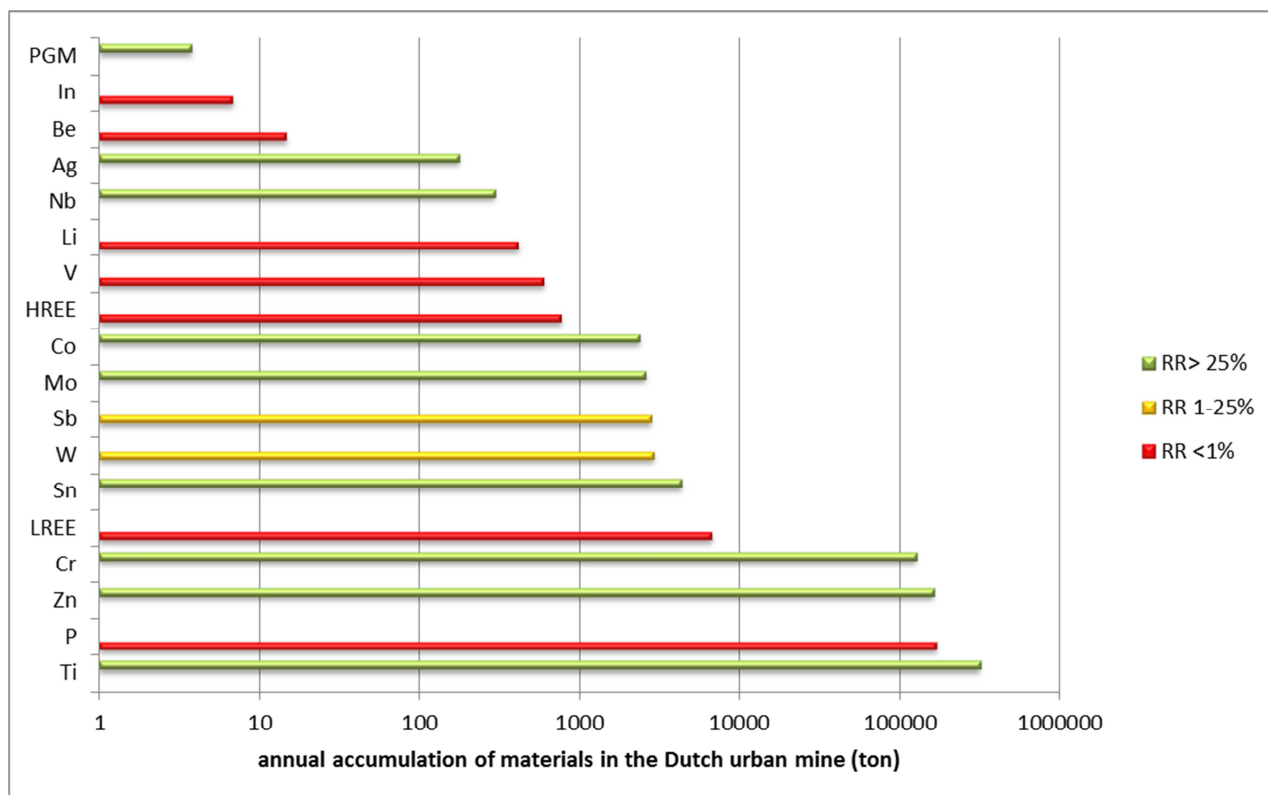
Figuur 7 Geïmporteerde materialen als percentage van de jaarlijkse wereldproductie

Gemiddeld 2,3% van de mondiale jaarproductie van deze materialen wordt in Nederland ingevoerd.¹⁰ Het aandeel van de Nederlandse invoer ligt aanzienlijk hoger voor materialen als zeldzame aarden, silicium, beryllium, wolfram en titaniumdioxide.

3.3 Recyclingmogelijkheden

De via de koppelmatrix verzamelde informatie biedt onbewerkte gegevens over ingevoerde materialen, in de vorm van grondstoffen of als 1^e halfabricaten en eindproducten. Deze jaarlijkse materialenstroom dient ook als indicator voor de hoeveelheid materialen die per jaar beschikbaar zijn voor recyclingmogelijkheden. De omvang en samenstelling van het stedelijk afval waaruit nuttige materialen kunnen worden gerecycled ('stadsmijn' of 'urban mine'), is gerelateerd aan de ophoping van materialen in onze maatschappij, in de vorm van eindconsumptie en als kapitaalgoederen.

De gegevens kunnen inzicht verschaffen in de mogelijkheden die binnen de Nederlandse maatschappij kunnen ontstaan om ons meer in te spannen voor recycling, zowel in het land zelf als in samenwerkingsverbanden met andere landen waar veel geconsumeerd wordt (Figuur 8).



Figuur 8 Geschatte jaarlijkse ophoping van materialen; de kleuren geven aan welk percentage er thans (wereldwijd) gerecycled wordt.

¹⁰ Aangezien het Nederlandse bruto binnenlands product overeenkomt met ongeveer 1% van het mondiale bruto binnenlands product (<http://www.gfmag.com/gdp-data-country-reports/211-the-netherlands-gdp-country-report.html#axzz30DEdtf8H>) liggen de schattingen van de koppelmatrix niet ver van wat kan worden verwacht.

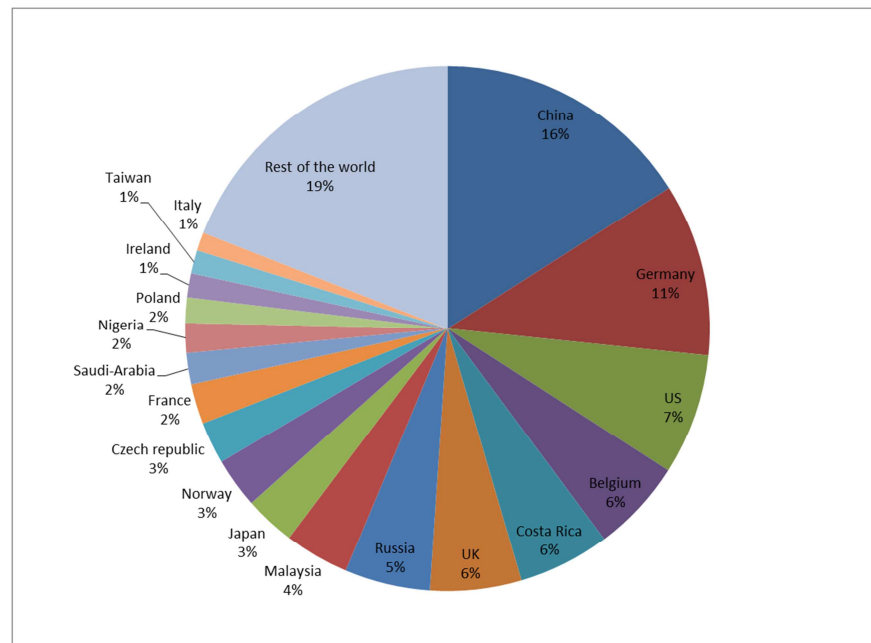
Uiteraard is ophoping in de maatschappij één aspect, maar de aanwezigheid van een vorm van recyclinginfrastructuur is een andere vereiste om te kunnen recyclen. In een rapport uit 2011¹¹ van het Milieuprogramma van de Verenigde Naties wordt een schatting gegeven voor het percentage materialen dat gerecycled wordt, variërend van minder dan 1% tot meer dan 50%. Deze gegevens worden gebruikt in Figuur 8: materialen die niet aanwijsbaar gerecycled worden (en waar dus geen recyclinginfrastructuur is) worden in 'rood' aangegeven, terwijl materialen waarvoor het recyclingpercentage onder de huidige omstandigheden boven de 25% ligt (in sommige gevallen zelfs boven de 50%) in 'groen' staan vermeld. (NB: in dit rapport wordt de recyclingsituatie overwegend met betrekking tot metalen geanalyseerd, vandaar het grote aandeel gerecycled titanium (Ti); dit zou anders zijn wanneer de recycling van titaandioxide wordt beoordeeld). Vooral voor de metalen waarvoor een goede recyclinginfrastructuur beschikbaar lijkt te zijn, kan een analyse van de huidige Nederlandse recyclingsituatie en de geschatte hoeveelheid nuttige materialen die uit het stedelijke afval gerecycled kan worden, aanzetten tot meer recycling.

Bovenstaande laat zien dat een inschatting van de 'stadsmijn' in Nederland en de EU mogelijk is. Deze kan alleen een significant en relevant nauwkeurighedsniveau bereiken als de exporten van afvalstoffen naar behoren worden gedocumenteerd. De economische levensduur van goederen (hoe lang ze actief worden gebruikt door de eigenaar) kan op basis van bestaande literatuur voldoende nauwkeurig worden ingeschat. Als laatste element zou een goede analyse van de huidige recycling-praktijk nodig zijn om de potentie voor een grotere recycling-activiteit in te kunnen schatten.

3.4 Oorsprong en bestemming van internationale Nederlandse handel

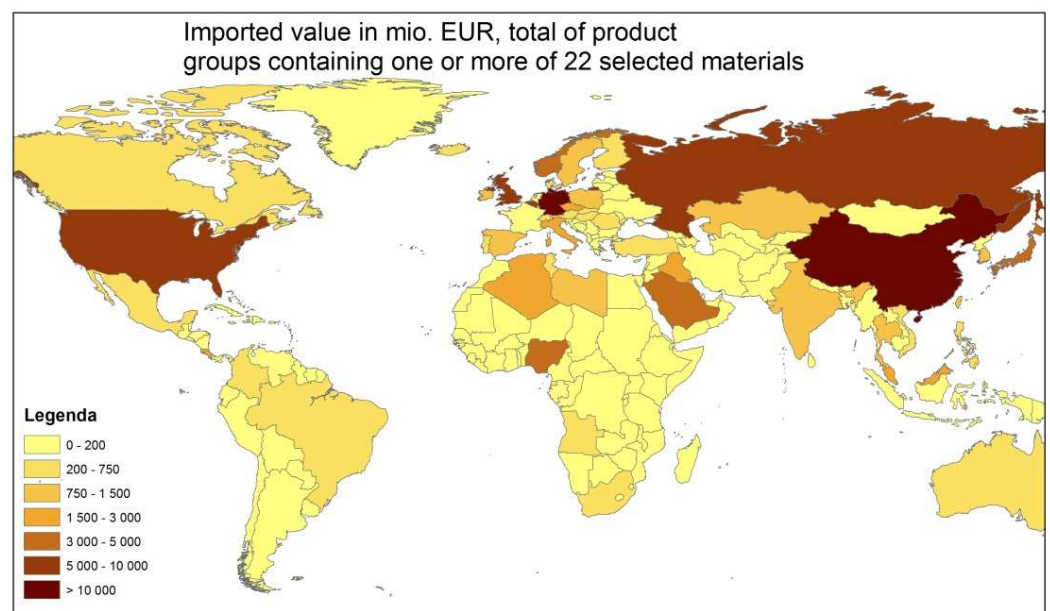
Voor alle productgrepen die een of meer van de geselecteerde grondstoffen bevatten, zijn gegevens verzameld over de landen van herkomst en landen van bestemming in de internationale handel. De belangrijkste landen van herkomst (alle landen die tezamen 80% van de verhandelde waarde vertegenwoordigen van producten die de geselecteerde materialen bevatten; hierbij nemen we zowel grondstoffen, 1^e halffabrikaten, halffabrikaten en eindproducten mee) staan weergegeven in figuur 9. Van deze importwaarde is 43,2% afkomstig van de importwaarde van halffabrikaten en 56,5% van de importwaarde van eindproducten.

¹¹ Recycling Rates of Metals, a status report, lead editor Thomas Graedel, UNEP, 2011



Figuur 9 Landen van herkomst van de 22 geselecteerde materialen (als grondstof, in halffabrikaten en eindproducten)

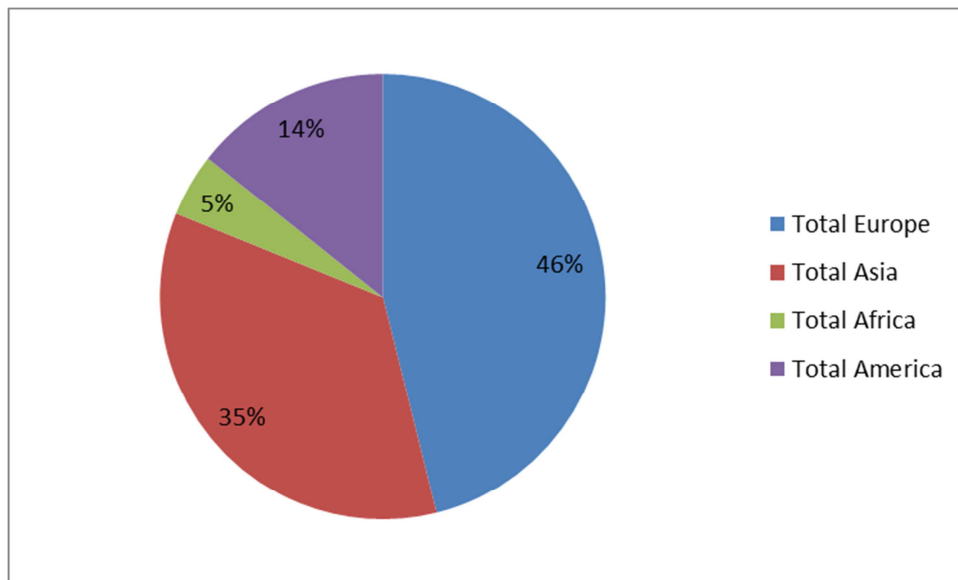
In onderstaande figuur worden de landen van herkomst van (de waarde van) alle productgroepen in de koppelmatrix op een kaart getoond. Een dergelijke kaart kan ook worden verkregen met gegevens uit de database voor afzonderlijke grondstoffen, of een kleine subgroep daaruit.



Figuur 10 Wereldkaart waarop de betekenis van landen van herkomst voor productgroepen met ten minste één van de geselecteerde grondstoffen wordt aangegeven

Diverse grote economieën in en buiten Europa liggen voor de hand als handelspartners; Costa Rica en Maleisië zijn verrassende bronlanden in de top-10. Dit overzicht (en de onderliggende data die meer detail verschaffen over de betrokken producten en productgroepen) zouden richting kunnen geven aan de diplomatieke focus voor Nederland.

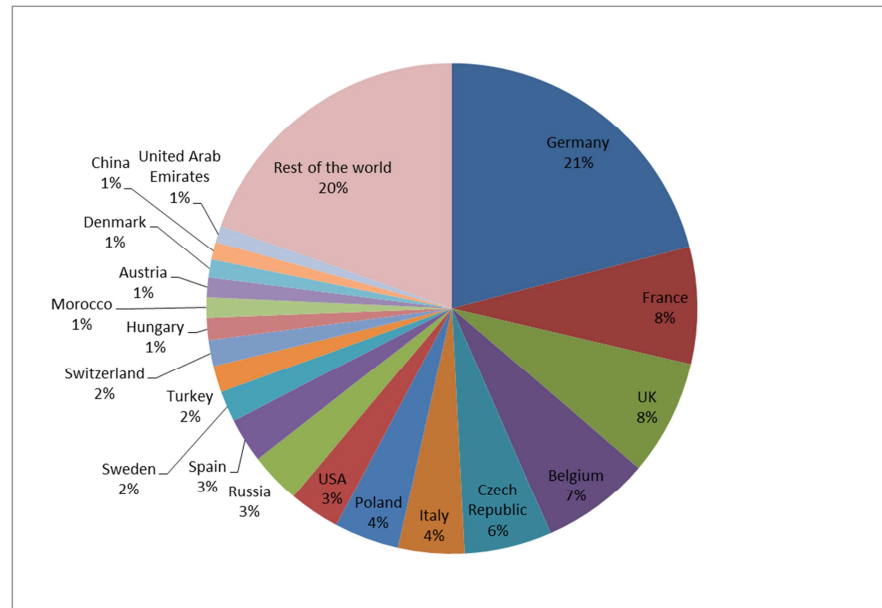
Figuur 11 toont dezelfde data maar nu gegroepeerd op continentaal niveau.



Figuur 11 Continentale verdeling van de landen van herkomst van de 22 geselecteerde materialen (als grondstof, in halffabrikaten en eindproducten)

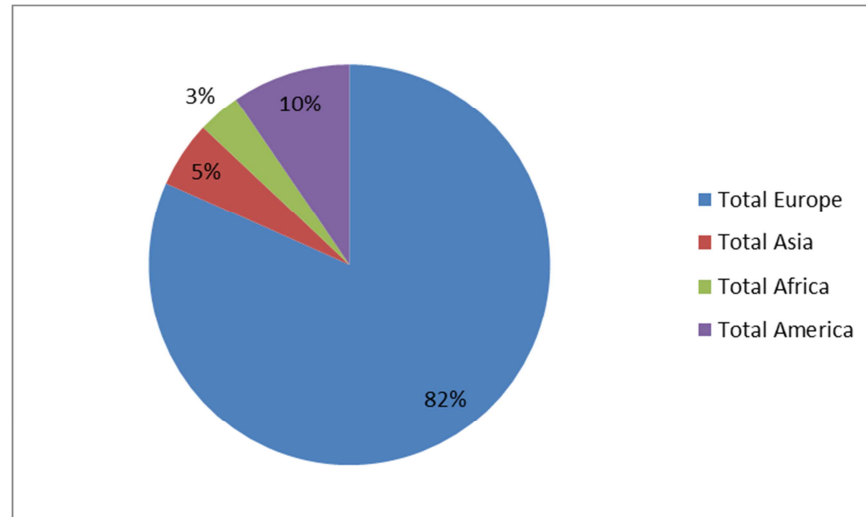
Het is geen verrassing dat Duitsland en China voor deze subgroep (grond)stoffen en goederen boven de rest uitsteken als belangrijkste handelspartners. Daardoor kunnen, in geval de risico's wat betreft de levering en/of kwetsbaarheid van een specifieke bedrijfstak hoog geacht worden, de belangrijkste handelspartners worden achterhaald zodat er voor deze partners een actieplan wordt opgesteld waarmee hun risico's wat betreft de levering kunnen worden geanalyseerd en verkleind.

Een vergelijkbare analyse werd verricht voor de Nederlandse export. In figuur 12 wordt de verdeling gegeven van de landen waarnaar onze export gaat van halffabrikaten en eindproducten waarin (minstens) één van de 22 geselecteerde materialen is gebruikt.



Figuur 12 Landen waarnaar producten worden geëxporteerd waarin minstens één van de 22 materialen voorkomt

Ook in dit geval kunnen de exportresultaten ook op continentaal niveau worden weergegeven.



Figuur 13 Continentale verdeling van de landen waarnaar export plaatsvindt van producten waarin minstens één van de 22 materialen voorkomt

Het aandeel halffabrikaten in de exportwaarde is 46,3% en het aandeel eindproducten 53,7%. Nederland verdient duidelijk niet alleen aan export van eindproducten, maar ook in significante mate aan de export van halffabrikaten. In tegenstelling tot relaties met landen waaruit geïmporteerd wordt, is de Nederlandse export in belangrijke mate georiënteerd op Europa. Als Nederland een actief grondstofbeleid zou voeren zou het waardevol kunnen zijn om deze Europese

landen in de waardeketen daarover te informeren en van te verzekeren van de Nederlandse positie.

Verder kunnen we constateren we dat Europa met afstand de belangrijkste handelspartner is. Natuurlijk is op basis van deze gegevens niet bekend of deze Europese partners halffabrikaten hun producten buiten Europa verhandelen, maar op het eerste gezicht laat het verschil tussen import- en exportrelaties zien dat Europa een grote 'urban mine' aan het opbouwen is. Deze zou intensief geëxploiteerd kunnen worden als binnenlandse grondstofbron, en daarmee ook als bron die van interesse zou kunnen zijn voor producerende landen buiten Europa.

4 Indicatoren voor de bepaling van leveringsrisico's

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de gekozen indicatoren ter bepaling van de toeleveringsrisico's die verbonden zijn aan de 22 geselecteerde grondstoffen. Gedetailleerde informatie en cijfers gerelateerd aan de grondstoffen en de bijbehorende indicatoren staan vermeld in de datafiches (bijlage E). In hoofdstuk 5 worden deze indicatoren voor leveringsrisico's gebruikt om de (economische) kwetsbaarheid van Nederland in relatie tot de geselecteerde grondstoffen te bepalen.

In paragraaf 1.5 zijn er al enkele voorbeelden van internationale onderzoeken genoemd waarin leveringsrisico's naar voren zijn gebracht. De indicatoren voor leveringsrisico's die wij in dit hoofdstuk bespreken, omvatten huidige en toekomstige mineralenreserves, de concentratie van bronlanden, vervangbaarheid en prijsvolatiliteit.

In paragraaf 4.1 komen indicatoren ter sprake die verband houden met de productie en (specifieker) het verloop in de minerale reserves van de geselecteerde grondstoffen. In paragraaf 4.2 worden enkele aspecten van toekomstige vraag-en-aanbodscenario's beschreven. In paragraaf 4.3 worden indicatoren beschreven die verband houden met zowel de concentratie als de bestuursituatie in landen waaruit Nederland grondstoffen betreft. In paragraaf 4.4 komen diverse bepalingen aan de orde van het veronderstelde recyclingpercentage en van de aannemelijkheid dat grondstoffen worden vervangen. Vervanging en recycling worden door sommigen gezien als een manier om de leveringsrisico's voor grondstoffen te verminderen. In paragraaf 4.5 komt prijsvolatiliteit aan de orde als aanwijzing voor een leveringsrisico en wordt de prijsvolatiliteit voor de geselecteerde grondstoffen beschreven.

Tot slot worden in paragraaf 4.6 verscheidene van de hier geïntroduceerde indicatoren gebruikt voor de berekening van de aanwijzing voor leveringsrisico's, zoals ingevoerd door de ad hoc werkgroep definiëring van kritieke grondstoffen van de Europese Commissie. Tot deze indicatoren behoren: productieconcentratie, stabiliteit en betrouwbaarheid van bronlanden, vervanging en mogelijkheden voor recycling.

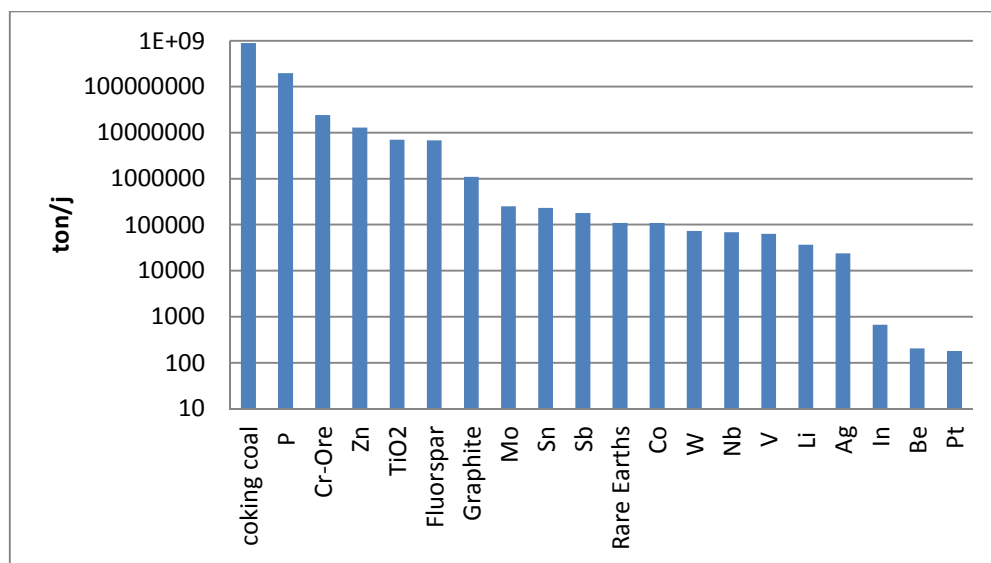
4.1 Productie en reserves

4.1.1 Wereldproductie

Het bepalen van het leveringsrisico begint met gegevens over de feitelijke mijnbouwproductie en schattingen van de overblijvende reserves. Als bron wordt de jaarlijkse mijnbouwproductie tussen 2000-2012 op basis van de Overzichten Minerale Grondstoffen van de Amerikaanse Geologische Inspectiedienst (USGS Mineral Commodity Summaries) gebruikt. De gegevens van deze dienst zijn de bekendste en meest gebruikte wanneer het gaat om informatie over algemene productie en reserves; ze geven inzicht in de geografische verdeling van de in het onderzoek opgenomen grondstoffen.

De geselecteerde grondstoffen verschillen sterk wat betreft de absolute jaarlijkse productiehoeveelheden (zie Figuur 14; gegevens gebaseerd op de USGS Mineral Commodity Summaries).

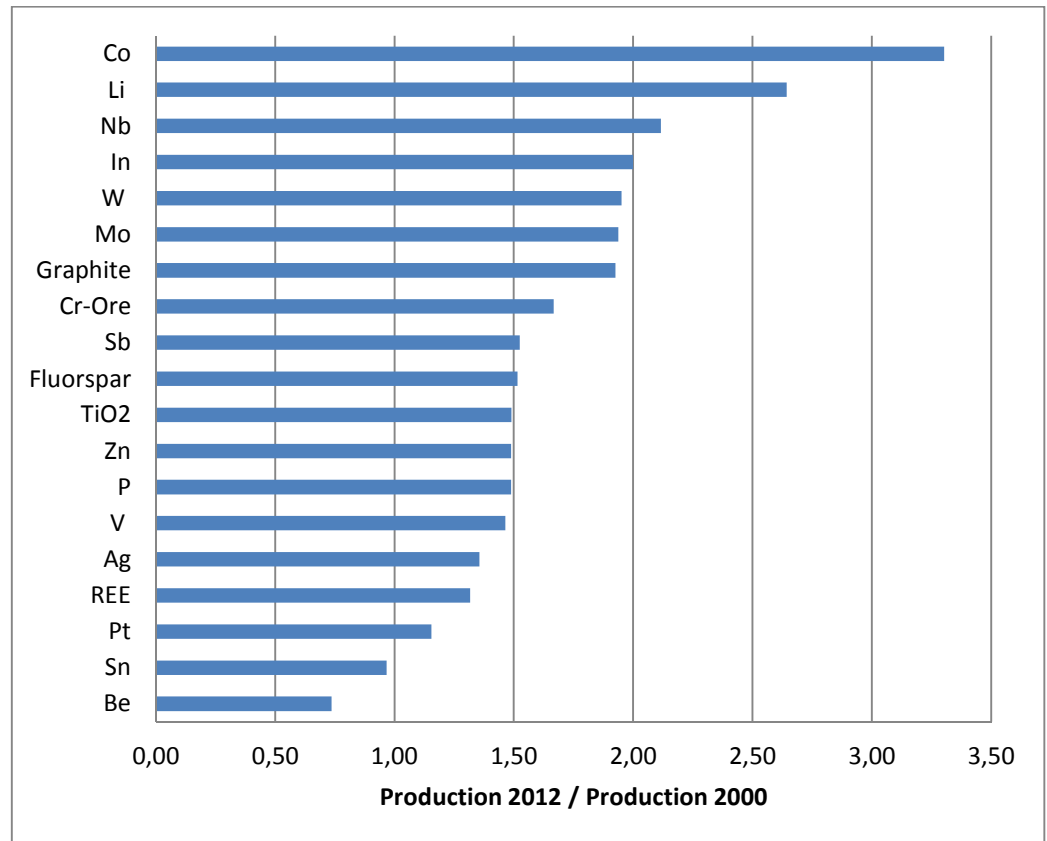
Let op: in deze grafiek wordt voor de y-as, waarmee de productie wordt weergegeven, een logaritmische schaal gebruikt. De productie van cokeskool is het grootst en van platina (als onderdeel van de platinametalen) het kleinste in 2012: 179 ton.



Figuur 14 Jaarlijkse productie van geselecteerde grondstoffen

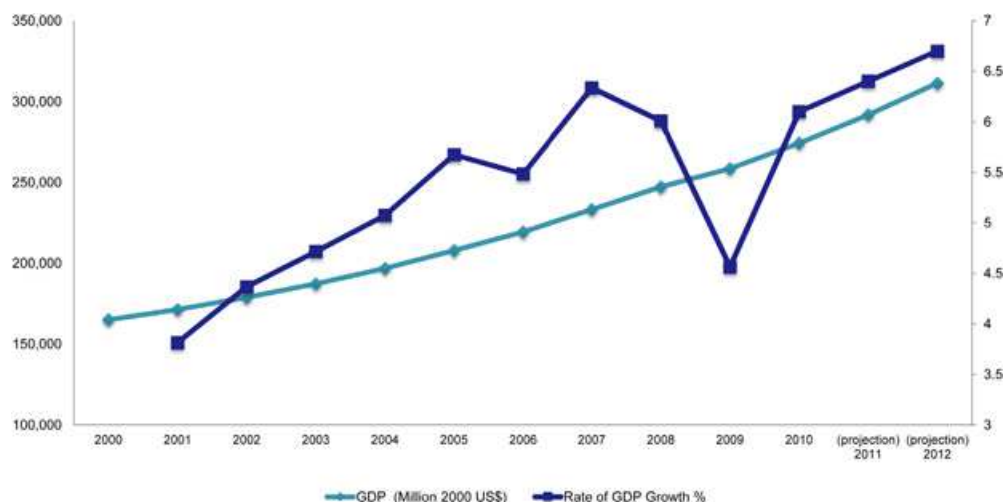
Ook kunnen op grond van informatie uit de USGS Mineral Commodity Summaries cijfers voor het verloop in de productie van de geselecteerde grondstoffen gedurende de laatste tien jaar geanalyseerd worden. De dynamische trends in deze gegevens kunnen een aanwijzing zijn voor het toekomstige verloop van de in dit onderzoek betrokken mineralen. Ook kunnen zij een aanwijzing zijn voor de soorten toepassing die in de afgelopen tien jaar zijn ontstaan.

De ontwikkeling van de jaarproductie tussen 2000 en 2012 wordt weergegeven in Figuur 15.



Figuur 15 Ontwikkeling van jaarproductie sinds 2000

Op twee na vertonen alle van de hier geplote grondstoffen een stijging in de jaarproductie sinds 2000. In dezelfde periode is mondiaal het BBP 93% gestegen (zie Figuur 16). Vergeleken met de mondiale toename van het BBP zijn er slechts drie grondstoffen die een grotere groei kennen: niobium, lithium en kobalt. Ondanks het feit dat dit onderzoek ook grondstoffen voor duurzame energietechnologie (indium, zeldzame aarden) omvat, lijkt deze nogal bescheiden groei erop te wijzen dat efficiënt gebruik van grondstoffen een drijvende kracht voor de verwerkende industrie is. De grondstoffen die de sterkste groei ondervinden, zijn niet toevallig lithium en kobalt; dit lijkt verband te houden met de nog altijd groeiende hoeveelheid mobiele apparaten waarvoor LiCo-batterijen de voornaamste energiebron is.



Figuur 16 Wereldwijde BBP-groei sinds 2000 (bron: Global CCS Institute/Wereldbank)

4.1.2

Verloop van minerale reserves

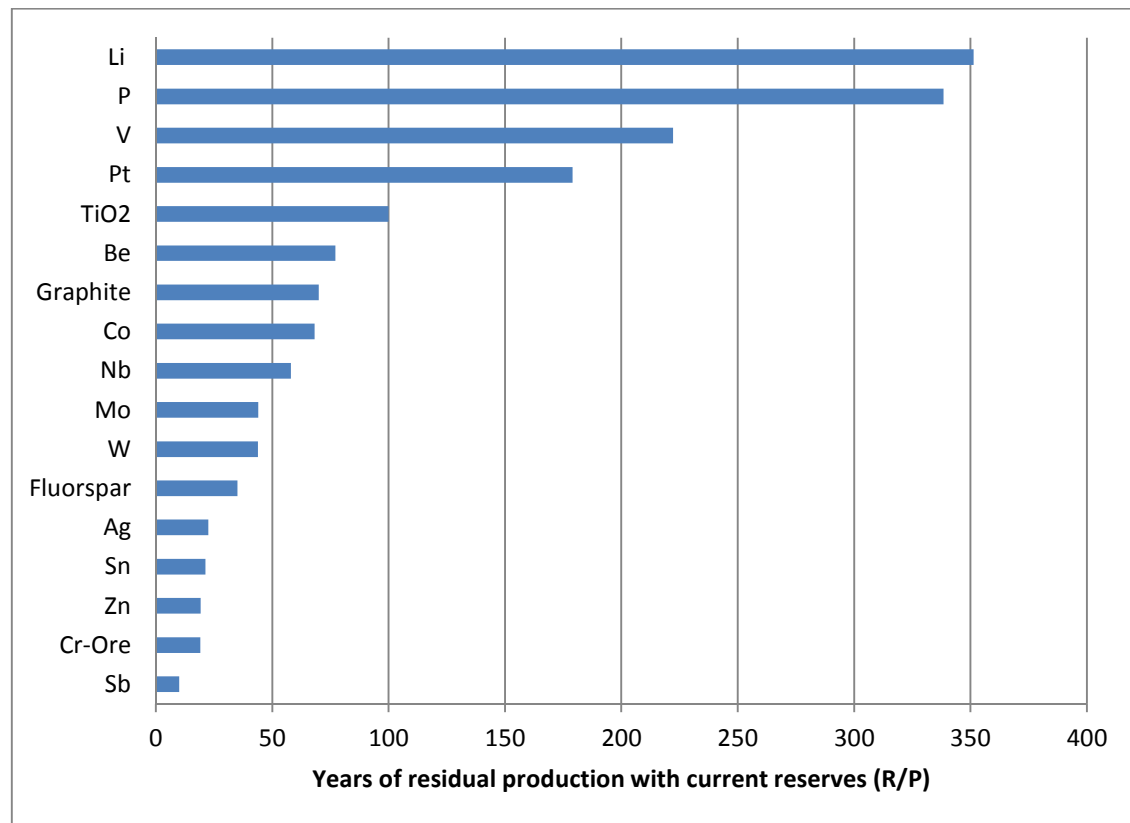
De R/P-verhouding, de verhouding tussen reserve en productie (of anders gezegd: het aantal jaar dat er nog kan worden geproduceerd onder de huidige omstandigheden) wordt vaak aangehaald en gebruikt als een relevant criterium, maar wordt even zo vaak als relevant criterium verworpen.

Enerzijds laat de R/P zich eenvoudig 'meten', aangezien de gegevens van de USGS (en andere geologische inspectiediensten) gemakkelijk voorhanden zijn. Een laag getal (bijv. minder dan 20 jaar aangetoonde bewezen productie bij het huidige verbruik) is een aanwijzing dat de markt relatief eenvoudig verstoord zou kunnen worden en dat er activiteit van uit de markt nodig is voor ongestoorde levering. Dat is ook de reden dat T.E. Graedel voorstelt om de R/P-verhouding als aanwijzing voor leveringsrisico's te hanteren.

Anderzijds is er vaak kritiek op de gegevens van de USGS dat ze onnauwkeurig zijn of administratief worden gecorrigeerd. Voor veel grondstoffen blijven de gegevens over reserves constant ondanks het feit dat er aanzienlijke productie plaatsvindt en er geen opmerkelijk nieuwe mijnbouwreserves worden opgewaardeerd. Mijnbouwbedrijven zijn niet geneigd om te investeren in exploratie (wat een essentiële voorwaarde is om vermeende bronnen naar het niveau van 'reserves' te 'tillen'; dit wordt bepaald door de hoeveelheid ontginbare productie naar de huidige technologische en economische normen), indien toename van de bewezen reserves niet bijdraagt tot toegenomen beurswaarde van deze ondernemingen.

Ondanks de argumenten tegen het gebruik ervan voeren we de R/P-verhouding toch in en gebruiken deze in de volgende hoofdstukken als instrument voor kwetsbaarheidsanalyses.

De R/P-verhouding voor de geselecteerde grondstoffen (waarvoor gegevens beschikbaar zijn uit de USGS Commodity Summaries) is weergegeven in Figuur 17.



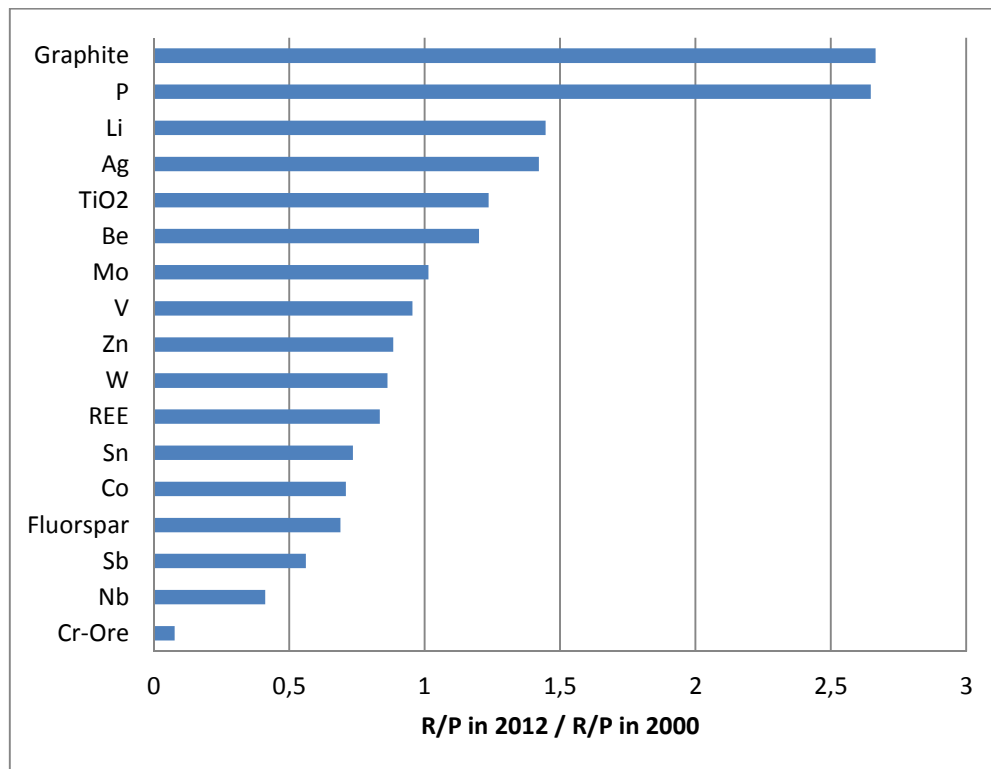
Figuur17 R/P van de geselecteerde grondstoffen (in 2012) (bron: USGS Mineral Commodity Summaries)

Ondanks de relevante kritiek op de absolute waarde van de R/P-verhouding verdient de situatie met betrekking tot antimoon (Sb), chroom, zink, tin en zilver (met allemaal een R/P-verhouding van 20 jaar of minder) aandacht. Het lijkt erop dat er de komende jaren marktactiviteit nodig is om verdere uitputting van reserves te voorkomen.

In dezelfde periode is sinds 2000 de reserve/productie verhouding over het algemeen gedaald (Figuur18). Dit kan samenhangen met de uitputting van mijnen of het opraken van hoge ertsgraden. Vooral voor grondstoffen met een aangetoonde korte reserve (een lage R/P-verhouding) vraagt een sterke daling in de R/P-verhouding om aandacht. De situatie voor antimoon (Sb), chroomerts, fluoriet en niobium verdient onze aandacht, omdat er sprake is van een daling in hun toch al lage R/P-verhouding.

De opvallendste uitzonderingen zijn fosfaat en grafiet, waarvoor het aantal productiejaar sterk is gestegen. Vooral de situatie voor fosforiet heeft enorm veel aandacht gekregen en er is een heftige discussie ontstaan over de manier waarop de reserves in 2010 plotseling zijn opgewaardeerd.¹²

¹² J. D. Edixhoven, J. Gupta, en H. H. G. Savenije, Recent revisions of phosphate rock reserves and resources: reassuring or misleading? An in-depth literature review of global estimates of phosphate rock reserves and resources, Earth Syst. Dynam. Discuss., 4, 1005–1034, 2013



Figuur18 Ontwikkeling van de reserve/productie-verhouding sinds 2000 (bron: USGS)

Tot nu toe hebben vooraanstaande auteurs in het veld deze trends nog niet meegenomen in de analyses. Men erkent echter wel dat vooruitzien als boeiend onderdeel van een risicobeoordeling essentieel is, maar niet vaak wordt gedaan. Bij het vooruitzien kan men profiteren van de tendensen die deze gegevens weergeven en het onderzoek zal naar deze gegevens verwijzen bij het bespreken van de zgn. stresstest voor bedrijven en overheden in de volgende hoofdstukken.

4.2 Ontwikkeling van vraag en aanbod

Graedel¹³ erkent dat in alle huidige methodieken kritikaliteit als momentopname wordt beschreven, zonder feitelijk een voorspelling te doen ten aanzien van toekomstige aanbod- of kwetsbaarheidsaspecten. Slechts enkele onderzoeken bevatten kritikaliteitsanalyses die een tijdsdimensie kennen, d.w.z. analyses van de ontwikkeling van kritikaliteit in (bijv.) de komende 15 jaar. De bekendste daarvan zijn de rapporten die worden uitgegeven door het Amerikaanse Ministerie van Energie (Department of Energy (DoE))¹⁴. In deze rapporten wordt gebruik gemaakt van vraag- en aanbodramingen op basis van scenario's voor het doordringen van technologieën resp. schattingen van geplande uitbreidingen van de productiecapaciteit.

In de geactualiseerde versie van het EU-onderzoek naar kritieke grondstoffen worden ook schattingen gegeven van de voorspelde groei in vraag en aanbod voor

¹³ T. E. Graedel c.s., Methodology of Metal Criticality Determination, Environ. Sci. Technol., 2012, 46 (2), p. 1063–1070

¹⁴ Critical Materials Strategy, Amerikaans Ministerie van Energie (DoE), december 2011

de komende tien jaar en kwalitatieve gegevens gepresenteerd over de te verwachten balans of disbalans in de leveringsketen.

In tabel 3 worden gegevens over trends in vraag en aanbod gepresenteerd. In de tabel staat de voorspelde jaarlijkse toename in de vraag tot en met 2020 en een voorspelling of vraag en aanbod in evenwicht zijn tot en met 2020 (boven de nul betekent dat het verwachte aanbod groter is dan de verwachte vraag)¹⁵. Daarnaast geeft de tabel de jaarlijkse groeicijfers van 2000 tot en met 2012 (zoals afgeleid uit de USGS Mineral Commodity Summaries). In de laatste kolom wordt de jaarlijkse toename in de vraag uit het verleden vergeleken met de voorspelde toename. Al bieden resultaten uit het verleden geen garantie voor de toekomst, toch kan men hieruit afleiden dat wanneer de vroegere toename de voorspelde toename overtreft, het risico op tekorten in het aanbod kleiner is dan wanneer de toename in het verleden minder hard ging dan de geraamde toename.

Tabel 3 Gegevens over het evenwicht tussen vraag en aanbod

	geraamde groei in de vraag	geraamd evenwicht tussen vraag en aanbod in de markt	jaarlijkse groei tussen 2000 en 2012	vroegere toename > geraamde
Lithium	8,7	>>0	13,7	>0
Niobium	8,3	>>0	9,3	>0
Zeldzame aarden	7,0	0	2,6	<0
Kobalt	6,1	>0	19,2	>0
Indium	5,1	<0	8,3	>0
Cokeskool	4,7	0		
Wolfraam	4,4	0	7,9	>0
Chroom	4,3	0	5,6	>0
Platinametalen	4,2	<0	1,3	<0
Natuurlijk grafiet	3,3	>>0	7,7	>0
Antimoon	2,7	<0	4,4	>0
Silicium	2,7	0		
Fluoriet	2,3	>0	4,3	>0
Fosforiet	2,0	>>0	4,1	>0
Beryllium	1,8		-2,2	<0

De auteurs van het herziene EU-rapport denken dat vraag en aanbod niet in evenwicht zullen zijn voor antimoon, indium en de platinametalen. Naar verwachting kan de grote toename in de vraag naar (bijv.) lithium, kobalt, zeldzame aarden en kobalt worden opgevangen door nieuwe mijnbouw- en raffinage-activiteiten.

¹⁵ Deze gegevens zijn afkomstig uit de geactualiseerde versie van het EU-rapport

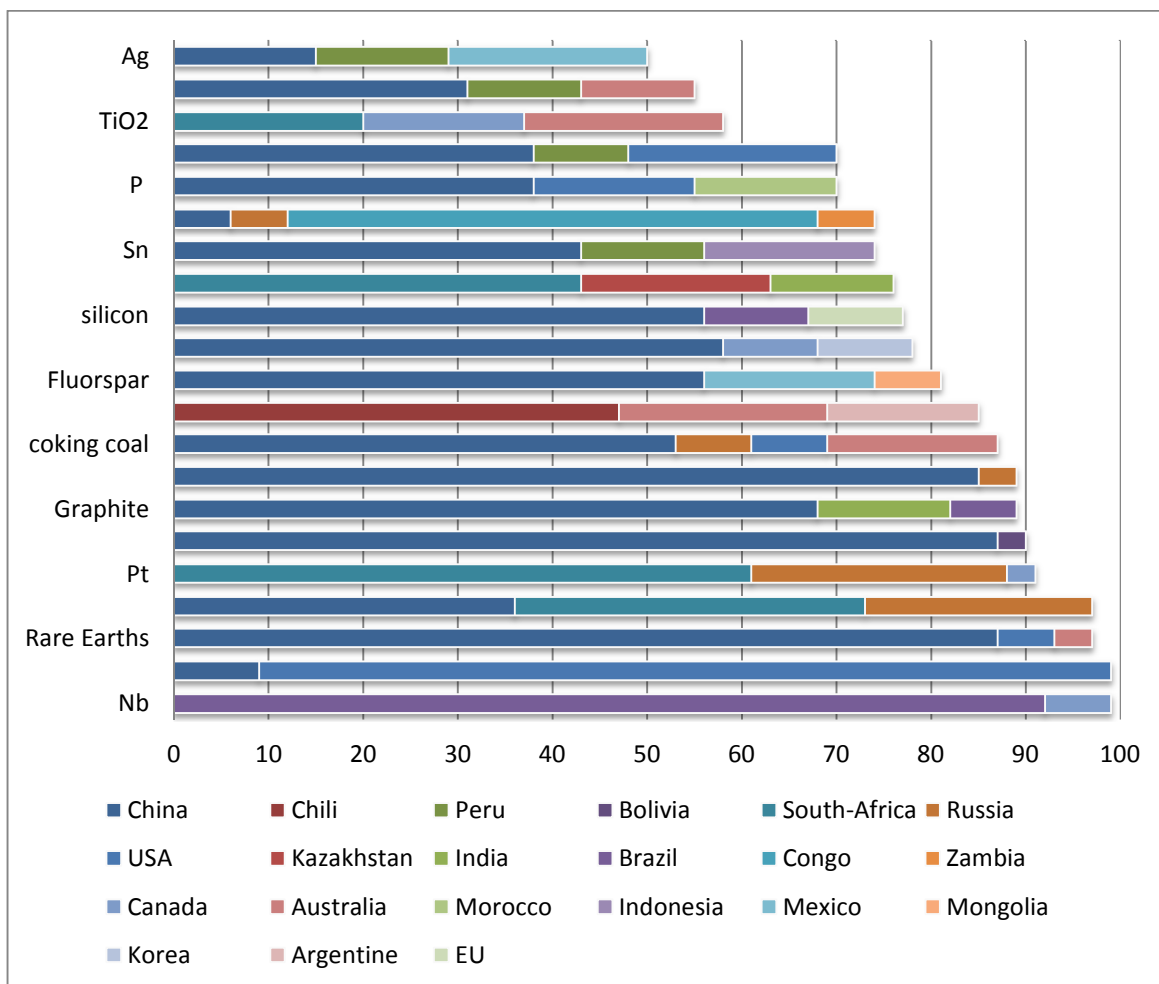
De voorspelde toename in de vraag is alleen voor zeldzame aarden, platinametalen en beryllium groter dan voorheen.

Door deze gegevens in perspectief te plaatsen, kan het toekomstige aanbod zeker ten aanzien van zeldzame aarden en platinametalen in twijfel worden getrokken en wellicht ook wat betreft beryllium, antimoon en indium.

4.3 Bronlanden en de invloed van de stabiliteit in een land

Een van de belangrijkste kenmerken van de in dit onderzoek opgenomen grondstoffen is dat ze slechts in een paar landen voorkomen. Deze landconcentratie kan leiden tot extra druk op de vraag indien de betreffende bronlanden geen betrouwbare handelspartners blijken te zijn. De invloed van het bestuur in een land komt later aan de orde.

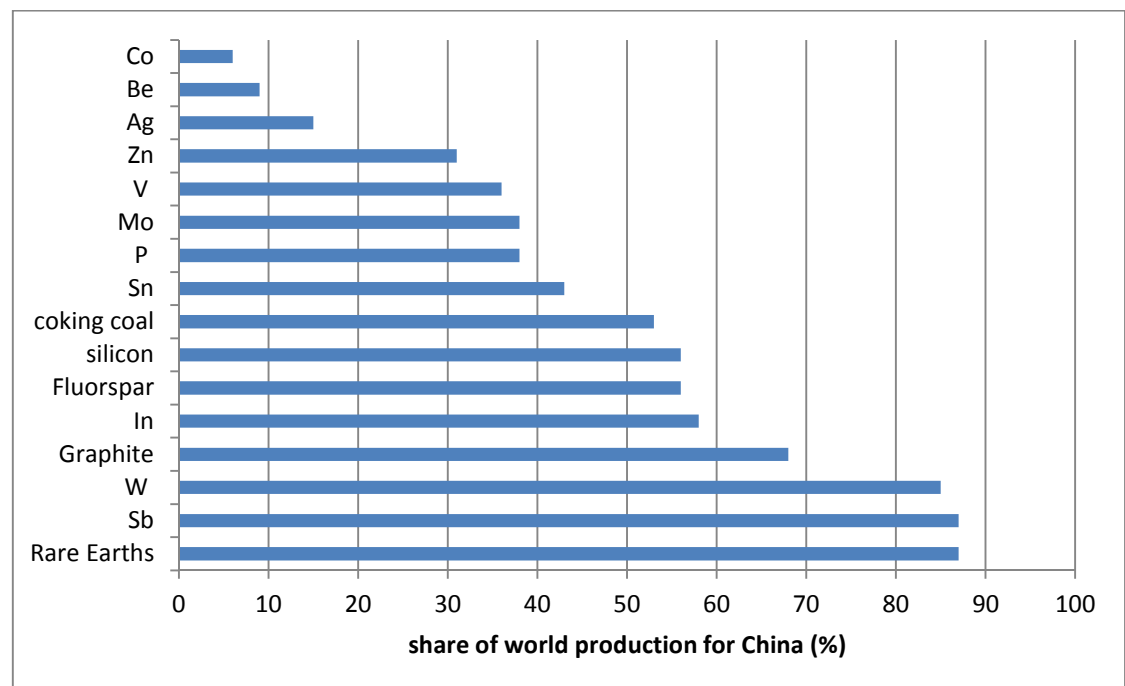
De geografische concentratie van de geselecteerde grondstoffen is duidelijk weergegeven in de figuur hieronder.



Figuur 19 Top-3 producerende landen per grondstof

Wanneer alleen de productie van de **Top-3 producerende landen** wordt uitgezet, varieert de productie van 50% (zilver) tot 99% (beryllium en niobium). Afgezien van de plaats die China inneemt, wordt een belangrijke plaats ingenomen door Brazilië (voor niobium, Nb), de V.S. (voor beryllium, Be), Zuid-Afrika (voor platina, Pt), Chili (voor lithium, Li) en de Democratische Republiek Congo (voor kobalt, Co).

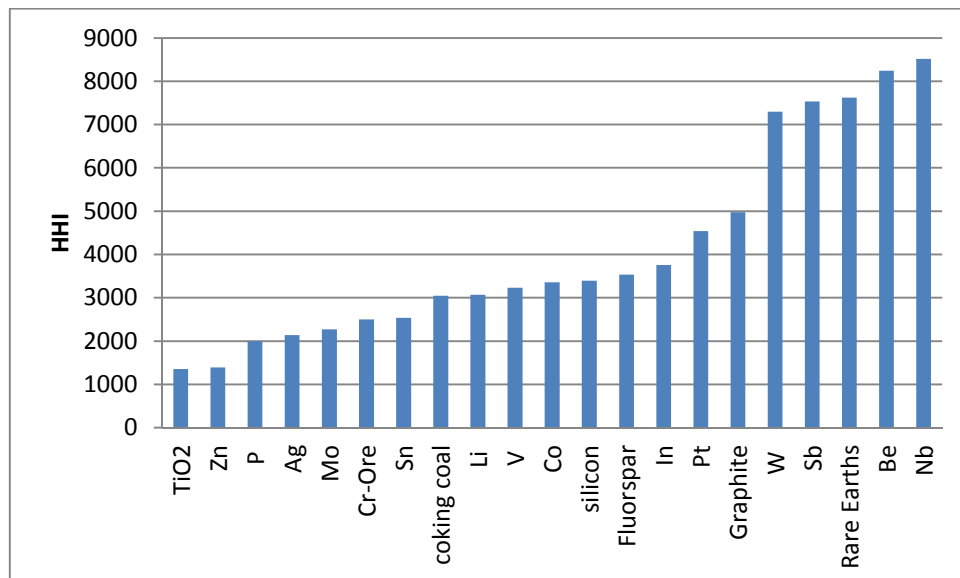
De positie van China als 's werelds grootste producent van mineralen is opvallend. Het productieaandeel van China voor de 22 in dit onderzoek betrokken grondstoffen staat weergegeven in Figuur 20. Voor acht van de geselecteerde grondstoffen produceert China meer dan 50% van het aanbod wereldwijd.



Figuur 20 China's aandeel in de wereldproductie van de geselecteerde grondstoffen

Een gangbare maat voor concentraties in een bedrijfstak (in dit geval bronlanden) is de Herfindahl-Hirschmann index, HHI. 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).

Het overzicht van de HHI voor de grondstoffen in dit onderzoek wordt gegeven door Figuur 21 (bron: EU-rapport inzake kritieke grondstoffen).



Figuur 21 Landconcentratie: de HHI

De plaats die zeldzame aarden innemen verdient enige aandacht: tot voor kort was China een quasi-monopolist (met 97% van het aanbod wereldwijd); recente ontwikkelingen in Australië en de V.S. hebben geleid tot een daling van de HHI naar een (nog altijd respectabele) waarde van 7600.

De invloed van een hoge concentratie van een grondstof in een bronland kan groter geacht worden in geval het bestuur in het bronland minder betrouwbaar is. Om de door de EU ontwikkelde en gehanteerde methodologie voor dergelijke aspecten te corrigeren, wordt de Herfindahl-Hirschmann-Index gewogen voor 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 Indicators vermelden totale en afzonderlijke indicatoren voor de vorm van bestuur voor 215 economieën tussen 1996 en 2012¹⁶, waarbij zes bestuursdimensies worden gemeten:

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

Wanneer deze WGI's worden gebruikt om de landconcentratiefactor van extra diepgang te voorzien, stijgen de factoren die het leveringsrisico bepalen ten aanzien van grondstoffen uit minder goed bestuurd landen.

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

Met deze methode worden beryllium en titaniumdioxide geacht een relatief lager toeleveringsrisico te hebben, hetgeen blijkt uit het feit dat de V.S., Canada en Australië hun bronlanden zijn. Op grond van deze methode wordt het risico voor kobalt veel groter geacht, hetgeen tot uitdrukking komt in de belangrijke rol van de Democratische Republiek Congo.

4.4 Substitutie: verwachtingen ten aanzien van grondstofvervanging

Vervangbaarheid, ofwel substitutie, wordt door verscheidene auteurs als relevante parameter gezien. De EU-methode ziet gemakkelijke vervangbaarheid als een element waarmee het leveringsrisico wordt verkleind; Graedel en zijn medewerkers zien gemakkelijke vervangbaarheid als element dat de kwetsbaarheid voor leveringsrisico's vermindert. De vervangbaarheidsgegevens (tabel 3) zijn gebaseerd op oordelen van deskundigen voor de diverse toepassingen van de geselecteerde grondstoffen. Los van de analyse in het EU-rapport is in een recente publicatie van de Amerikaanse Yale University¹⁷ een diepgaande analyse gegeven van het potentieel voor vervanging voor alle grondstoffen, op basis van een uitgebreide enquête onder wetenschappers en bedrijven.

Een hoger getal geeft een geschatte hogere drempel voor vervangbaarheid aan.

Tabel 4 Vervangbaarheidsindices

	EU-methode	methode van Graedel
Antimoon	0,66	0,571
Beryllium	0,85	0,719
Chroom	0,96	0,760
Kobalt	0,71	0,444
Fluoriet	0,80	
Fosforiet	0,98	
Indium	0,82	0,598
Lithium	0,78	0,413
Natuurlijk grafiet	0,72	
Niobium	0,69	0,416
Platinametalen	0,83	0,652
Zeldzame aarden	0,79	
Silicium	0,81	
Wolfraam	0,70	0,527
Tin	0,60	0,364
Molybdeen	0,92	0,699
Zilver	0,72	0,443
Titanium (als TiO ₂)	0,33	0,625
Vanadium	0,46	0,625
Zink	0,66	0,375

De groene cellen vertegenwoordigen de grondstoffen die (relatief) eenvoudig te vervangen zijn, de rode cellen staan voor het tegenovergestelde. Het is duidelijk dat de methodieken aanzienlijke verschillen opleveren. Vervangbaarheid meewegen bij

¹⁷ T.E. Graedel, E.M. Harper, N.T. Nassar, B.K. Reck, On the materials basis of modern society, PNAS.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1312752110

de bepaling van toeleveringsrisico's brengt dan ook het risico met zich mee dat de risico-evaluatie op niet-transparante wijze wordt beïnvloed.

4.5 Prijzen en prijsvolatiliteit

Verscheidene auteurs hebben aangegeven dat prijsvolatiliteit een belangrijke aanwijzing kan zijn voor leveringsrisico's. Prijsvolatiliteit kan duiden op een imperfecte markt en kan dus een kwalitatieve aanwijzing voor leveringsrisico's zijn. Aan de aanbodzijde kan een sterke prijsvolatiliteit ertoe leiden dat mijnbouwbedrijven niet investeren in de exploratie van nieuwe grondstoffen omdat het rendement ervan onzeker is. Dit kan leiden tot tekorten in het aanbod op de middellange termijn.

Voorts kan een sterkere prijsvolatiliteit problemen geven voor productiebedrijven in geval plotselinge prijswijzigingen een kleinere marge opleveren (wanneer prijswijzigingen niet aan klanten kunnen worden doorberekend). Deze effecten hangen uiteraard samen met de hoeveelheid van een bepaalde grondstof die in het eindproduct is verwerkt en met de marges op het eindproduct. Analyse van het effect van prijsvolatiliteit is dus een potentieel krachtig instrument om prioriteit te geven aan kwetsbaarheden.

Prijsvolatiliteit wordt uitgebreid besproken in het recente EU-rapport, maar is nog niet opgenomen in de kwetsbaarheidsbeoordeling. Zoals het herziene EU-rapport stelt: *“de analyse van prijsvolatiliteit (...) kan rechtstreeks worden toegepast op de totaalanalyse. Dit zou de metrische “economische betekenis” aanvullen door een schatting te geven van de invloed van prijsverstoringen op de economie”*. In het rapport staat ook: *“Een concentratie aan de aanbodzijde is vaak gekoppeld aan toenemende concurrentie tussen grondstoffen uit opkomende economieën en verspreiding van nationalisme zowel economisch als ten aanzien van de natuurlijke bronnen. De daaruit volgende prijsstijgingen en prijsvolatiliteit van grondstoffen zijn een constante bron van zorg voor de EU Lidstaten, aangezien dit de concurrentiepositie van de economie voor productiebedrijven vergeleken met andere economieën verzwakt.”*

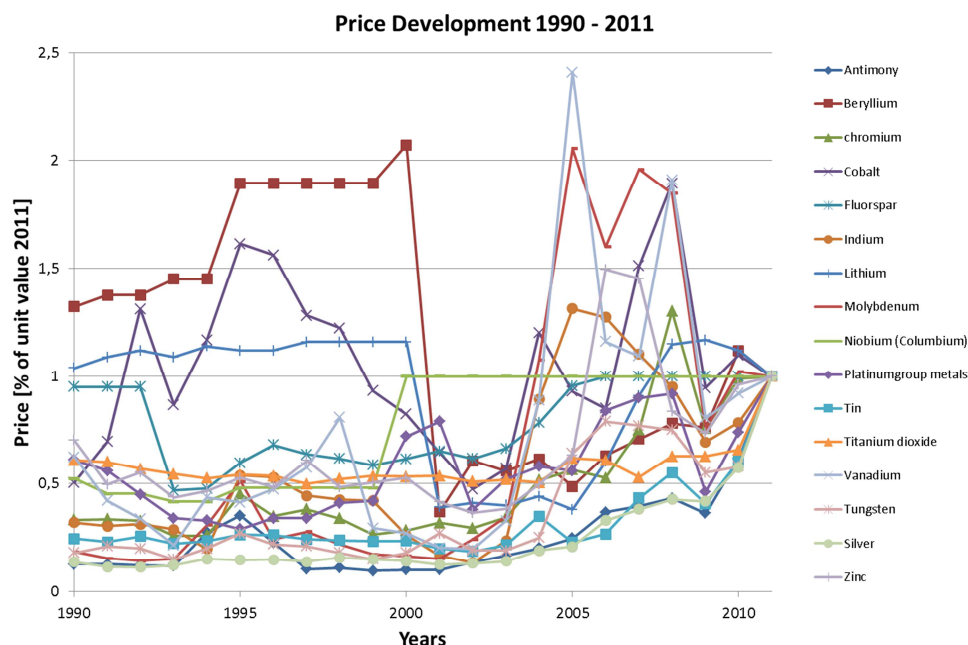
General Electric heeft onderzoek gedaan naar haar kwetsbaarheid voor toeleveringsproblemen met betrekking tot grondstoffen en gebruikt de prijsvolatiliteit (naast verscheidene andere indicatoren) om de invloed op haar bedrijf, de toeleveringsrisico's en de prijzen te beoordelen.¹⁸ De invloed op de bedrijfsvoering van GE wordt groot geacht tenzij een aanzienlijke prijsstijging kan worden doorberekend aan klanten. De historische prijsvolatiliteit geldt als één van de indicatoren voor het bepalen van het toeleveringsrisico en prijsrisico tezamen: een historische prijsvolatiliteit (over een periode van maximaal 5 jaar) hoger dan 500% wordt geacht het risico aanzienlijk te verhogen, een volatiliteit lager dan 50% wordt geacht heel weinig aan het risico bij te dragen.

In dit stadium analyseren wij de prijsvolatiliteit van de geselecteerde grondstoffen om daarmee in hoofdstuk 5 een analyse te geven van de invloed op de Nederlandse economie.

¹⁸ S.J. Duclos, J.P. Otto, D.G. Konitzer, MECHANICAL ENGINEERING, 2010 Vol. 132 Nr. 9, 36-40

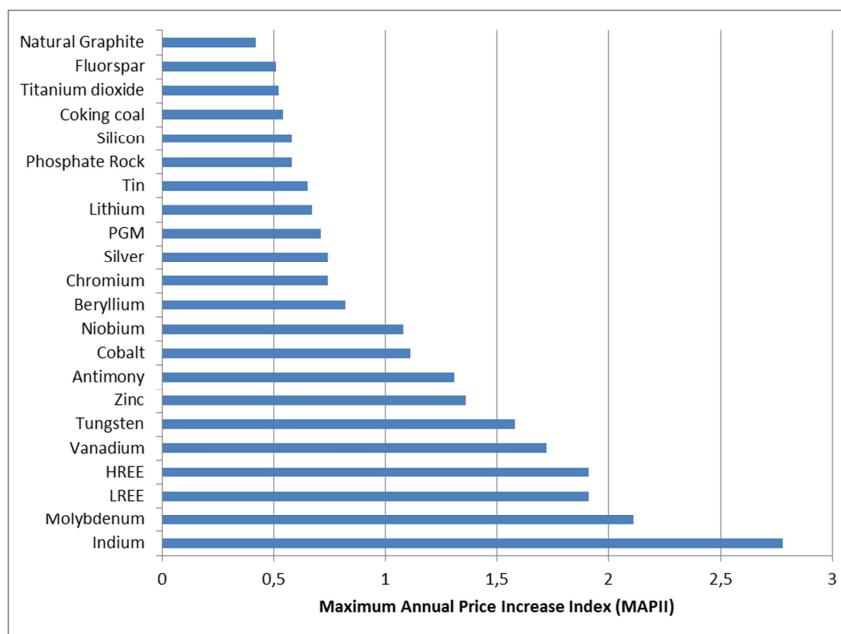
Prijsontwikkelingen van de geselecteerde grondstoffen verschillen sterk over de afgelopen twintig jaar. Figuur 22 brengt de prijsontwikkeling van de meeste geselecteerde grondstoffen tussen 1990 en 2011 in kaart (o.m. de zeldzame aarden zijn niet opgenomen). Om verschillende prijsniveaus van de grondstoffen te kunnen vergelijken, wordt de prijsontwikkeling weergegeven ten opzichte van de prijs in 2011. Terwijl de meeste grondstoffenprijzen gestegen zijn vergeleken met 1990, zijn er twee uitzonderingen: beryllium en lithium. Voor deze twee grondstoffen is de prijs gemiddeld gedaald over de afgelopen twintig jaar. Van veel andere grondstoffen is de prijs verdubbeld. Voorbeelden zijn vanadium, platinametalen, titaniumdioxide en kobalt. Voor sommige grondstoffen geldt zelfs een drievoudige of vijfvoudige stijging: indium, tin, wolfram, antimoon en zilver. In feite is een afwijking van 2,5 maal de gemiddelde prijs geen zeldzaamheid.

Zie voor meer informatie over de prijsontwikkeling van een bepaalde grondstof bijlage E.



Figuur 22 Prijsontwikkeling van geselecteerde grondstoffen tussen 1990 en 2011 De prijzen zijn grafisch weergegeven als relatief aandeel in de waarde van de grondstof per eenheid in 2011.

De prijsvolatiliteit van geselecteerde grondstoffen vertoont ook sterke verschillen. Als maat voor prijsvolatiliteit introduceren we hier de Maximum Annual Price Increase Index (MAPII): de MAPII bestrijkt de periode 1990 – 2011, en geeft de hoogste prijsstijging per jaar in die periode, gedeeld door de grondstoffenprijs aan het begin van het jaar met de hoogste prijsstijging. Een overzicht van de MAPII staat in figuur 23.



Figuur 23 MAPII van de geselecteerde grondstoffen

Sinds 2000 geldt voor natuurlijk grafiet de laagste jaarlijkse prijsstijging: toch was er in deze periode nog sprake van een maximaal jaarlijkse stijging van ongeveer 40%. Indium kent de sterkte jaarlijkse prijsstijging: in een bepaald jaar bedroeg de prijsstijging 280%. De invloed van dergelijke prijsstijgingen op industriële bedrijfstakken komt in paragraaf 5.3 aan de orde.

4.6 Samenvatting van indicatoren voor het leveringsrisico en toepassing van de EU-methodiek

Tabel 5 geeft een overzicht van indicatoren voor leveringsrisico's die in dit hoofdstuk zijn behandeld. Daarnaast wordt de zgn. Recycling Input Rate getoond, die in EU-rapportage wordt gebruikt ter vaststelling van het leveringsrisico. Deze parameters worden in hoofdstuk 5 gebruikt om de kwetsbaarheid voor grondstoffen afgezet tegen hun economische waarde te bepalen. Het bepalen van die economische kwetsbaarheid wordt voorafgegaan door een inleiding in de EU-methodiek, berekend en grafisch weergegeven voor de geselecteerde grondstoffen.

Tabel 5 Samenvatting van indicatoren voor leveringsrisico's

Grondstof	HHI-WGI (naar evenredigheid)	Vervangbaarheidsindex	Recycling Input Rate	Index voor leveringsrisico's (EU-methode)	MAPII	R/P
Antimoon	4,65	0,57	0,11	2,36	1,31	10
Beryllium	2,11	0,72	0,19	1,23	0,82	77
Chroom	1,21	0,76	0,13	0,80	0,74	35
Kobalt	2,72	0,44	0,16	1,01	1,11	68
Cokeskool	1,73	0,68	0	1,18	0,54	
Fluoriet	2,14	0,80	0	1,71	0,51	35
Fosforiet	1,11	0,98	0	1,09	0,58	338
Indium	2,19	0,60	0	1,31	2,78	15
Lithium	0,83	0,41	0	0,34	0,67	350
Molybdeen	1,13	0,70	0,17	0,66	2,11	44
Natuurlijk grafiet	3,06	0,72	0	2,20	0,42	70
Niobium	4,01	0,42	0,11	1,48	1,08	58
Platinametalen	2,19	0,65	0,35	0,93	0,71	100
Zeldzame aarden	6,06	0,79	0	4,79	1,91	100
Silicium	2,01	0,81	0	1,63	0,58	70
Zilver	1,36	0,44	0,24	0,46	0,74	12
Wolfraam	4,51	0,53	0,37	1,50	1,58	44
Tin	1,54	0,36	0,11	0,50	0,65	20
Titaniumdioxide	0,43	0,63	0,06	0,25	0,52	100
Vanadium	1,79	0,63	0	1,12	1,72	220
Zink	0,77	0,38	0,08	0,27	1,36	19

In het EU-rapport inzake kritieke grondstoffen wordt een **toeleveringsrisico** beschouwd als een gevolg van een combinatie van factoren, namelijk:

- de concentratie in het bronland (gekwantificeerd door de Herfindahl-Hirschmann Index HHI¹⁹), potentieel verzaagd door de regeringsstructuur of stabiliteit van dat land (bijv. door gebruik te maken van de World Governance Indicator van de Wereldbank);
- een gebrek aan alternatieven;
- lage recyclingpercentages.

¹⁹ $HHI = \sum_{k=1}^n (\%share)^2$ voor alle bronlanden van een grondstof; maximum is derhalve 10.000

Het totale leveringsrisico wordt dan berekend als

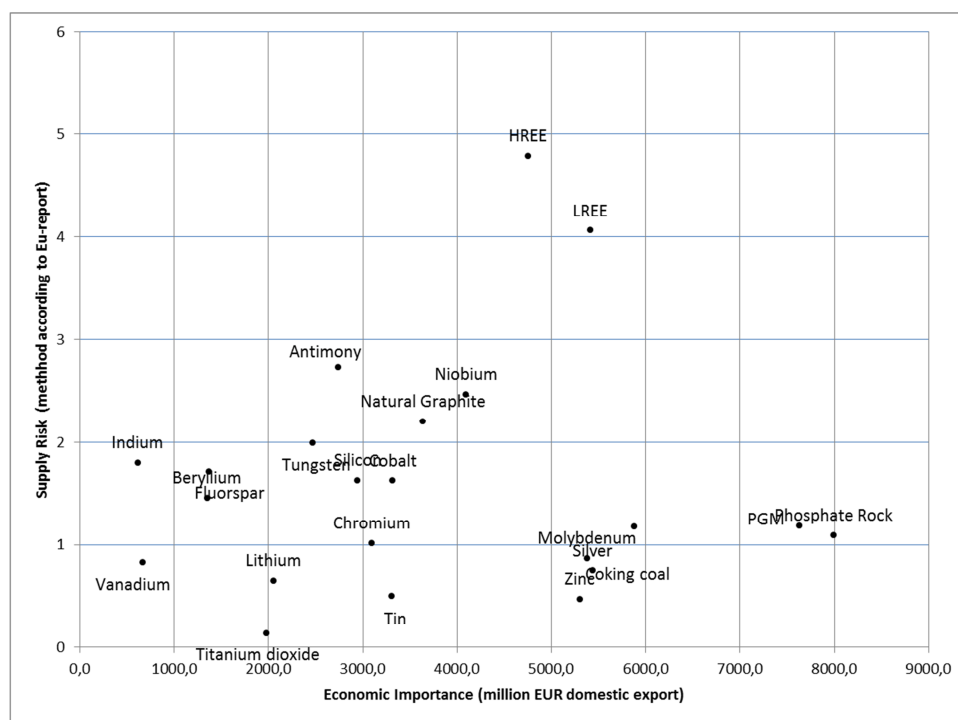
$$SR_i = \sigma_i(1 - \rho)HHI_{WGI}$$

waarbij σ_i staat voor het gebrek aan mogelijkheden om de grondstof te kunnen vervangen, ρ 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). Het algehele beeld dat ontstaat voor de leveringsrisico's volgens de EU-methodiek wordt weergegeven in tabel 5: zeldzame aarden vormen het grootste leveringsrisico en titaniumdioxide (direct gevolgd door zink) het kleinste.

5 Invloed van de geselecteerde materialen op de Nederlandse economie - een kwetsbaarheidsbeoordeling op nationaal niveau

5.1 Leveringsrisico per materiaal volgens de EU-methodologie

In navolging van de procedure die door de EU-ad hoc werkgroep (EU, 2014) is voorgesteld, wordt het economische belang van de geselecteerde materialen (economisch belang wordt hier gedefinieerd als de bijdrage aan de binnenlandse export) uitgezet tegen de leveringsrisico-index (samengesteld uit landconcentratie, recyclingpercentage en vervangbaarheid). Deze leveringsrisicometriek werd gedetailleerd toegelicht in paragraaf 4.6. Het economisch belang van deze materialen werd toegelicht en aangegeven in paragraaf 3.1.



Figuur 24 Kwetsbaarheidsbeoordeling voor de Nederlandse economie: leveringsrisico versus economisch belang van 22 geselecteerde materialen

Voor de Nederlandse exportpositie zijn platinagroepmetalen (PGM) en fosfaat het belangrijkste. Volgens deze systematiek zijn (lichte en zware) zeldzame aardmetalen het meest onderhevig aan leveringsrisico's.

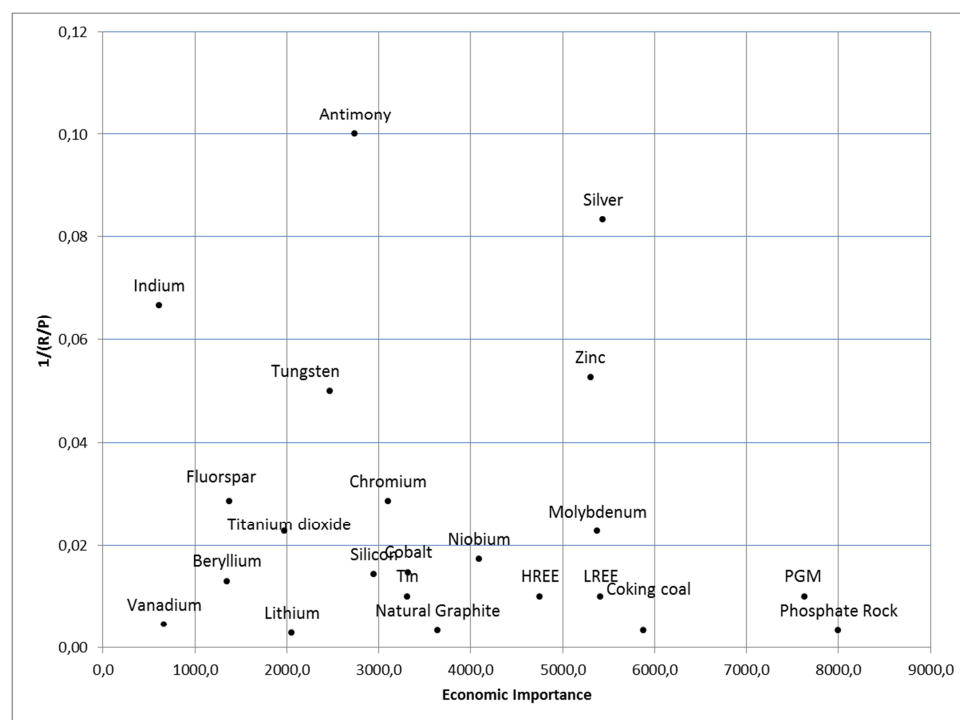
5.2 Alternatieve kwetsbaarheidsbeoordelingen

De methodologie die door de EU wordt gebruikt, heeft het voordeel dat deze als leidraad voor EU-beleid op het gebied van grondstoffen wordt geaccepteerd. Er kan ook een aantal nadelen worden genoemd: het is de vraag of de vervangbaarheid van een materiaal kan worden gebruikt om een leveringsrisico te verkleinen. Men

zou kunnen stellen dat vervanging nooit een eenvoudige optie is en dat in het geval van een leveringsbeperking, vervanging één van de wegen is die een bedrijf kan bewandelen om risico's te matigen. Een recyclingpercentage als zodanig geeft evenzo de mogelijkheid aan van extra aanbod, maar dit kan worden opgenomen in de HHI. Bij indium gebeurt dit al; het Belgische recyclingbedrijf Umicore levert een aanzienlijk deel van het indium in de wereld, en beïnvloedt dus de HHI.

Er kunnen natuurlijk andere indicatoren voor het leveringsrisico worden bedacht, zoals in hoofdstuk 4 is besproken. In paragraaf 6.2 worden de door Graedel voorgestelde indicatoren op bedrijfsniveau geïntroduceerd; hij stelt voor om een gewogen gemiddelde van de voorgestelde indicatoren voor het leveringsrisico te gebruiken. Omwille van de transparantie zullen we 2 andere indicatoren voor het leveringsrisico uitzetten tegen het economische belang van het materiaal.

In Figuur 25 wordt het economische belang van de materialen tegen $1/(R/P)$ getoond. $1/(R/P)$ kan worden beschouwd als de fractie van de bekende voorraden die (onder statische omstandigheden) jaarlijks wordt gewonnen. Een hoge waarde kan derhalve als een leveringsrisico worden beschouwd.

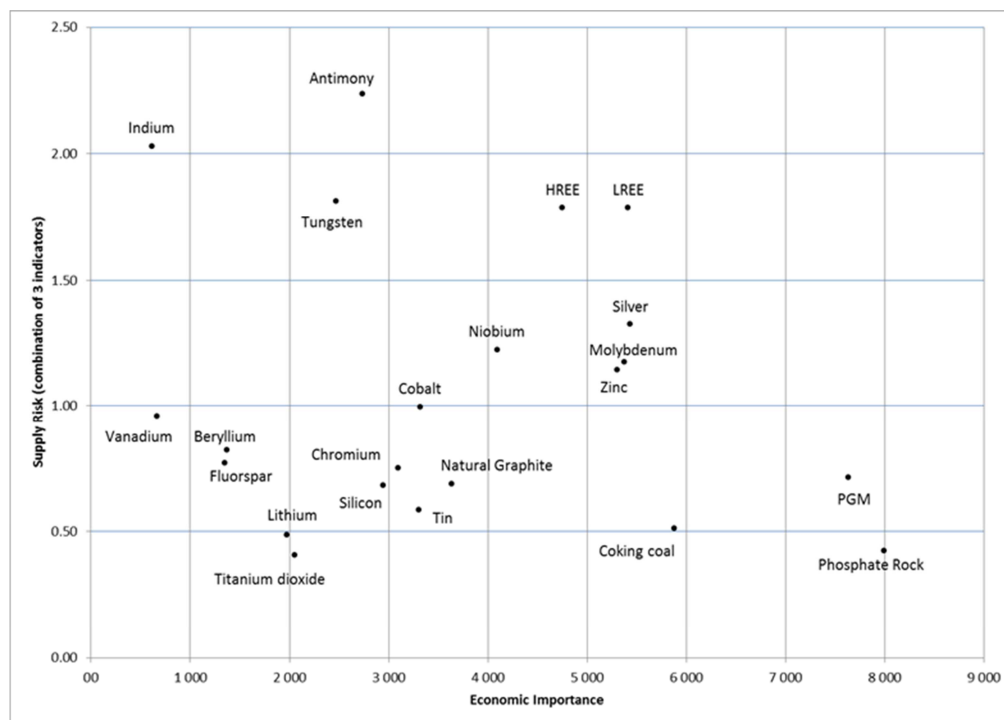


Figuur 25 Kwetsbaarheidsbeoordeling: economisch belang versus voorraden van mineralen

Door leveringszekerheid te koppelen aan reservewaardering wordt de kritikaliteit van zeldzame aarden aanzienlijk verlaagd en wordt zichtbaar voor welke materialen een geringe voorraad bestaat, zoals molybdeen, zilver en zink.

Een meer gebalanceerde kritikaliteitsanalyse zou kunnen bestaan uit de relatie tussen het economische belang en een indicator van het leveringsrisico, die bestaat uit een (genormaliseerde) som van de EU-risico-indicator, de $1/(R/P)$ en de

prijsvolatiliteitsindex MAPII. Elke indicator wordt genormaliseerd tussen 0 en 1 (1 is de hoogste score) en vervolgens worden de indicatoren opgeteld.



Figuur 26 Kwetsbaarheidsbeoordeling: economisch belang versus leveringsrisico (gedefinieerd door drie indicatoren te combineren, zie tekst)

Door het gecombineerde gebruik van indicatoren gerelateerd aan landconcentratie (en betrouwbaarheid), tekorten in de voorraden en de prijsvolatiliteit, worden het leveringsrisico voor indium, antimoon en wolfram nu als gelijk of hoger beschouwd dan dat voor zeldzame aarden.

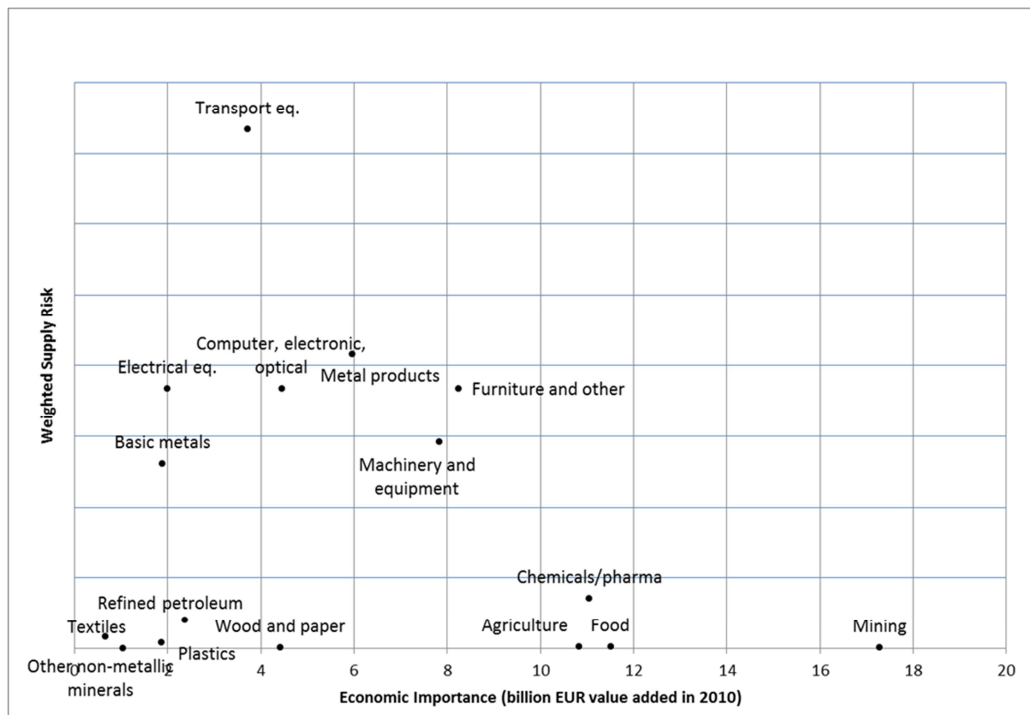
5.3 Kwetsbaarheid van sectoren voor de geselecteerde materialen

De kwetsbaarheidsbeoordelingen in de vorige paragrafen waren gericht op de economische waarde van de geselecteerde materialen en hun kwetsbaarheid. In deze paragraaf zullen we ons richten op de kwetsbaarheid van sectoren.

Met de koppelmatrix hebben we vastgesteld welke materialen relevant zijn voor industriële sectoren, en we hebben bovendien vastgesteld welk deel van de sector kan worden gekoppeld aan het gebruik van een bepaald materiaal (zie paragraaf 3.2.1).

Omdat elk materiaal wordt gekenmerkt door een specifiek leveringsrisico, kunnen we nu een gewogen schatting van het leveringsrisico voor de industriële sectoren geven. Hierbij maken we gebruik van de gewogen risico-indicator die geïntroduceerd werd in figuur 26.

Het resultaat van deze analyse wordt in de figuur hieronder weergegeven.



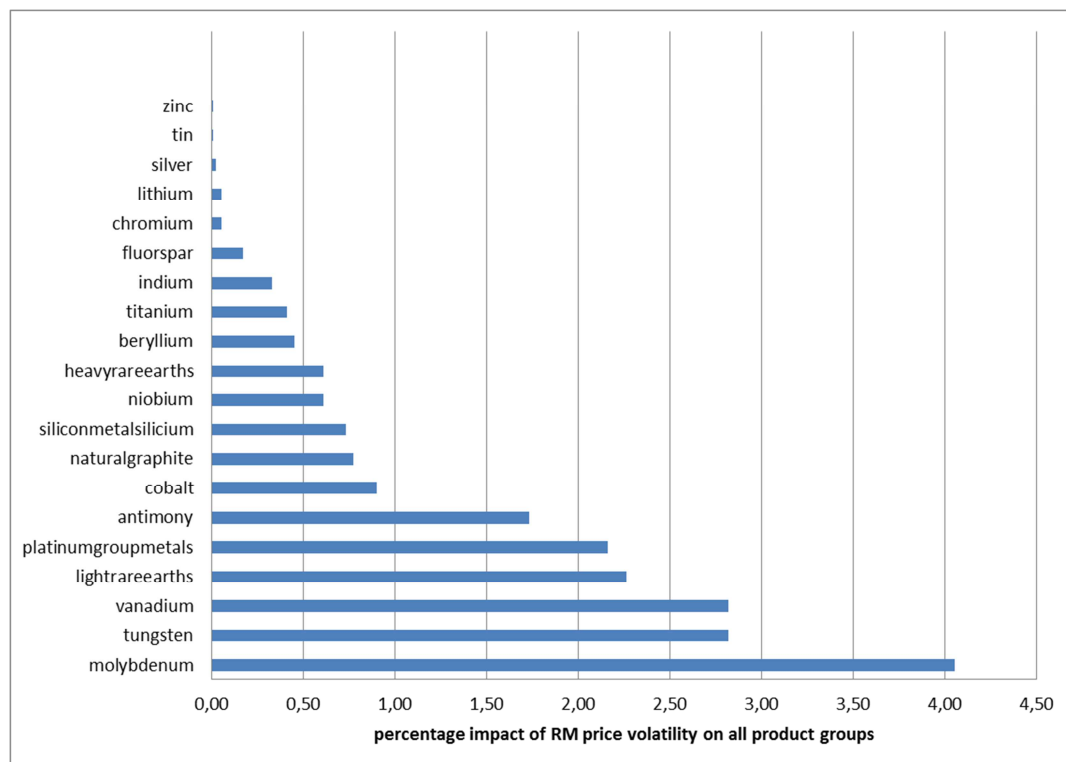
Figuur 27 Kwetsbaarheidsbeoordeling van industriële sectoren: economisch belang versus gewogen leveringsrisico

Een aantal sectoren lijkt niet te lijden onder ernstige leveringsrisico's, met name de mijnbouw en de productie van ander niet-metaalhoudende mineralen, rubber en kunststoffen, hout en papier, textiel, landbouw en voedingsmiddelen. Dit sluit niet uit dat verscheidene concrete productgroepen die onder deze sectoren vallen, veel hogere leveringsrisico's kunnen ondervinden.

De productie van vervoermiddelen is sterk verbonden met het gebruik van veel materialen die duidelijk een groter leveringsrisico hebben. De productie van meubelen, van metalen producten, computers, elektronische en optische apparatuur, van elektrische apparatuur, machines en apparatuur, en basismetalen hebben vergelijkbare leveringsrisicoprofielen.

5.4 Effect van prijsvolatiliteit op de economische waarde van producten en sectoren

Alle materialen die hier worden onderzocht, hebben een bepaalde prijsvolatiliteit (uitgedrukt door de MAPII, de index voor de maximale jaarlijkse prijsverhoging, die in paragraaf 4.5 werd geïntroduceerd). Aangezien materialen door kenmerkende aandelen aan productgroepen kunnen worden gekoppeld, kunnen we een schatting maken van de invloed van de prijsvolatiliteit van materialen op elke sector waarin deze materialen worden gebruikt.



Figuur 28 Invloed van de prijsvolatiliteit van grondstoffen op prijsstijging in alle productgroepen..

Deze data geven aan dat een maximale prijsstijging van molybdeen ($MAPII = 2,1$) resulteert in een algemene prijsstijging van meer dan 4% bij alle productgroepen die molybdeen gebruiken.

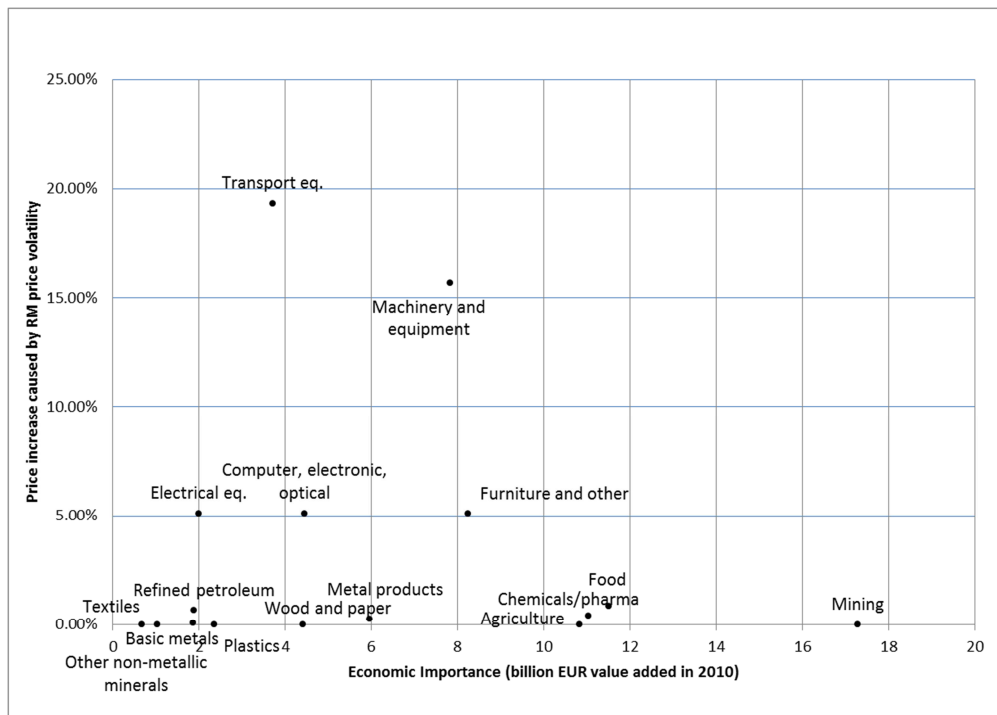
De invloed van de prijsvolatiliteit van de grondstoffen op elke sector kan ook worden berekend op basis van de koppelmatrix en afzonderlijke data voor prijsniveaus en $MAPII$.

Voor elke productgroep wordt de invloed van $MAPII$ op mogelijke prijsstijgingen gegeven door de volgende formule:

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

In deze formule is $MAPII_x$ de procentuele maximale jaarlijkse prijsstijging van een grondstof, is $P2011_x$ het prijsniveau in 2011 van dat materiaal, 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.

Door de gegevens over deze productgroepen te koppelen aan industriële sectoren ontstaat de volgende figuur.



Figuur 29 Invloed van prijsvolatiliteit van grondstoffen op prijsstijgingen in een sector

Gezien het relatief kleine aandeel van materialen in eindproducten, is de invloed van de prijsvolatiliteit op de meeste sectoren zeer klein (< 1%) tot klein (< 5%). Volgens deze methode is de invloed van prijsvolatiliteit van grondstoffen groter bij de sectoren 'productie van machines en apparatuur' en 'productie van vervoermiddelen'. Deze sectoren gebruiken veel van de materialen die in dit onderzoek zijn geselecteerd. De prijsvolatilitetsberekening is gebaseerd op het slechtste scenario: er wordt vanuit gegaan dat de maximale prijsstijging die elk materiaal in de laatste tien jaar 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.

6 Gebruik van onderzoeksresultaten door industriële belanghebbenden

In de voorgaande hoofdstukken van dit rapport lag de nadruk op het belang van een geselecteerde groep materialen voor de Nederlandse economie, en specifiek voor de Nederlandse exporterende industrie. In het geval dat sectoren geacht worden kwetsbaar en gevoelig te zijn voor problemen in de toeleveringsketen, kunnen zowel brancheorganisaties als de overheid beslissen over collectieve acties. De gevoeligheid van de Nederlandse economie voor problemen met grondstoffen is echter sterk afhankelijk van het besef, de kennis, de mate van activiteit en de bereidheid tot actie van individuele bedrijven. Veel lessen die zijn geleerd en veel van de data die zijn verzameld en verwerkt in voorgaande hoofdstukken, kunnen nuttig zijn voor dergelijke afzonderlijke acties van bedrijven. Dit hoofdstuk is gewijd aan de beoordeling van de kwetsbaarheid voor afzonderlijke bedrijven en zal een stresstest voor de afhankelijkheid van grondstoffen voorstellen.

6.1 Beschouwingen voor een stresstest met betrekking tot materialen voor de Nederlandse economie

Elke activiteit op het gebied van de beoordeling van de levering begint met het besef van een belanghebbende dat er een kans is op leveringsproblemen. Dit onderzoek is er niet op gericht om dit besef te vergroten. Consistente activiteiten van de overheid, brancheorganisaties en kennisinstellingen zijn essentieel voor het verkrijgen van dat besef. In een onderzoek in opdracht van FME (en uitgevoerd door TNO en M2I) werd geconcludeerd dat 24 van de 30 bedrijven in een enquête acute en hardnekkige verstoringen van leveringen ondervinden. Al deze bedrijven kwamen vanzelfsprekend in actie na een dergelijke gebeurtenis. Het doel van het besef stimuleren is om proactief te zijn en preventieve maatregelen te nemen en niet overvallen te worden door grondstofissues.

Zodra dat besef er is, kan het zijn dat bedrijven begeleiding nodig hebben bij het vaststellen van het niveau van het risico (op de korte of lange termijn) dat het bedrijf kan lopen. Een stresstest moet inzicht geven in de risico's en kwetsbaarheden, waardoor risico's kunnen worden geprioriteerd en een selectie en prioritering kan plaatsvinden van acties die kunnen worden genomen door de belanghebbende om ofwel deze risico's te beperken of de kansen te grijpen die ontstaan door vroegtijdige risicoanalyse. Met deze risicobeoordeling in zijn ideale vorm zouden zowel de huidige situatie als toekomstige ontwikkelingen kunnen worden beoordeeld en zouden bijvoorbeeld strategische beslissingen over investeringen in R&D-portfolio's beïnvloed kunnen worden. Een dergelijke stress-test kan van pas komen voor kleine bedrijven die kennis en tijd ontberen voor diepgaande analyse van hun leveringsrisico's, maar ook voor grote(re) bedrijven met een complex productenpakket, om op transparante wijze issues m.b.t. deze producten in kaart te kunnen brengen.

Het resterende deel van dit hoofdstuk is gewijd aan een voorstel voor een dergelijke transparante stresstest voor industriële belanghebbenden. Hoewel kan worden aangevoerd dat risico's met betrekking tot materialen steeds belangrijker worden, dient men niet te vergeten dat er naast de levering van materialen vele andere stressfactoren zijn die in de meeste zakelijke besluitvormingsprocessen prevaleren.

Bijvoorbeeld arbeidsmarktkwesties, milieuwetgeving, productrichtlijnen, energiekosten, transportkosten, grondkosten.

Door een stresstest met betrekking tot materialen te ontwikkelen en gebruiken, kunnen belanghebbenden op een eerlijke en transparante wijze de kwetsbaarheden door leveringsproblemen samen met de andere hierboven genoemde stressfactoren beoordelen. Daarna kunnen ook evenwichtige besluiten worden genomen over investeringen in maatregelen ter bestrijding van deze stressfactoren. De stresstest dient stimulerend te zijn en actie te bevorderen in bedrijven, onderzoeksinstituten, NGO's en overheden in plaats van managers in de Nederlandse en Europese industrie op te zadelen met een nieuw probleem. Technische en institutionele innovaties zijn de gewenste uitkomst van een stresstest, geen extra stress.

6.2 Stresstest-indicatoren uit de literatuur

De literatuur over kritikaliteitsbeoordelingen en gerelateerde stresstests breidt zich geleidelijk uit. Deze beoordelingen zijn echter bijna uitsluitend gericht op het beoordelen van risico's op een nationaal economisch niveau, wat in hoge mate vergelijkbaar is met wat in de vorige hoofdstukken in dit rapport is gedaan.²⁰ Enkele auteurs geven indicatoren aan die nuttig kunnen zijn voor risicobeoordeling op bedrijfsniveau.

Graedel et al.²¹ geven aan dat de relevante tijdlijn op bedrijfsniveau maximaal 5 jaar is en dat inzicht in geopolitieke kwesties, de intensiteit van de concurrentie en komende technologische veranderingen cruciaal zijn. Hij stelt een werkwijze voor die schematisch is afgebeeld in tabel 6.

²⁰ L. Erdmann and T. Graedel, Criticality of Non-Fuel Minerals: A review of major approaches and analyses, *Env. Sci & Techn.* 2011, 45, 7620-7630

²¹ 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

Tabel 6 Graedels voorstel voor een stresstest op bedrijfsniveau

	Onderdelen	Indicatoren
Leveringsrisico	Geologisch, technologisch, economisch	Uitputtingstijd (R/P)
		Vergezellende metaalfraction
	Maatschappelijk en regelgeving	Index beleidspotentieel
		Index menselijke ontwikkeling
	Geopolitiek	WGI
Kwetsbaarheid voor leveringsbeperkingen	Belang	Wereldwijde aanbodconcentratie
		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)²² 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.

De indicatoren voor het leveringsrisico hebben betrekking op aspecten op de middellange termijn, waardoor ze nuttig zijn voor zowel overheden als bedrijven. Graedel suggereert indicatoren met betrekking tot geologische beschikbaarheid, maatschappelijk risico's en risico's met betrekking tot regelgeving, en geopolitieke kwesties (met gebruikmaking van de methodologie die door de EU is voorgesteld).

De kwetsbaarheid op bedrijfsniveau wordt (volgens Graedel et al.) gekwantificeerd door het belang voor het bedrijf (het niveau van de inkomsten die worden beïnvloed, het belang voor de strategie en het vermogen prijsstijgingen door te berekenen), de mogelijkheid om materialen te vervangen en om te innoveren (is een bedrijf innovatief genoeg om met de veronderstelde risico's om te gaan?). Deze onderzoeken leveren belangrijke input op voor de bedrijfsstresstest voor dit onderzoek.

²² S.J. Duclos, J.P. Otto, D.G. Konitzer, MECHANICAL ENGINEERING, 2010 Vol. 132 Nr. 9, 36-40

6.3 Voorstel voor een stresstest voor Nederlandse industrieën

Een stresstest moet leiden tot een beoordeling van de kwetsbaarheid van een bedrijf onder de huidige omstandigheden en volgens de huidige inzichten. Als er een prioriteit is die groot genoeg is om actie te ondernemen, zal een succesvolle test ook leiden tot een handelingsperspectief teneinde de risico's van huidige en toekomstige activiteiten te beperken.

Wij stellen een test voor waarin drie verschillende dimensies met de bijbehorende indicatoren worden gebruikt. De dimensies geven de logische reeks vragen weer die elk bedrijf zich kan stellen bij de beoordeling van de kwetsbaarheid met betrekking tot grondstoffen:

- Is er een mogelijk probleem met de levering van (de juiste kwaliteit) grondstoffen?
- Zijn er ontwikkelingen (die verband houden met leveringsproblemen) die invloed hebben op mijn winstgevendheid?
- Zijn er aspecten die verband houden met externe effecten of aspecten van maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO) die invloed hebben op mijn vrijheidsgraden of op de leveringszekerheid?

Verskillende waarden voor deze indicatoren kunnen worden afgeleid uit data die eerder in dit rapport zijn gepresenteerd, of kunnen op een andere wijze tamelijk gemakkelijk worden verzameld. Verscheidene andere indicatoren zijn sterk afhankelijk van de exacte situatie van een afzonderlijk bedrijf: technologische kwesties (kwaliteitspecificaties van grondstoffen, de aanwezigheid en het gemak van implementatie van vervangingsopties) en zakelijke kwesties (voor welk deel van de bedrijfsvoering is de kwestie relevant en kunnen kostenaspecten worden doorgegeven aan klanten) dienen per geval te worden gedefinieerd.

De in tabel 7 gepresenteerde indicatoren worden geacht een relevante en uitgebreide reeks indicatoren te vertegenwoordigen voor de eerste beoordelingen van het risico door bedrijven.

Tabel 7 Voorstel voor een stresstest voor Nederlandse industriële ondernemingen

Dimensie	Indicator	Direct aan database gekoppeld
Aanbod	Voorraad/productie	Ja
	Concentratie van materialen (gemeten door HHI) van de landen van oorsprong	Ja
	Stabiliteit en bestuur (gegeven door WGI) van bronlanden	Ja
	Vervangingsopties per product	Nee
	Voldoende kwaliteit van de ingekochte materialen	Nee
	Toekomstige ratio aanbod/vraag	Ja
	Inzicht in volledige toeleveringsketen?	Nee
Gevolgen voor winstgevendheid	Vermogen om kostenstijgingen door te berekenen	Nee
	Percentage van de inkomsten dat beïnvloed wordt	Nee
	Invloed van de prijsvolatiliteit van grondstoffen/materialen op product- en/of bedrijfsniveau	Ja
Maatschappelijk verantwoord ondernemen	Prestaties van bronlanden wat betreft ecologische en menselijke ontwikkeling (gemeten door EPI en HDI)	Ja
	Ecologische voetafdruk van verbruikte grondstoffen	Ja
	Hinderlijke beleidsregels aanwezig (voor vraag of aanbod)	Nee

Het gebruik en het relatieve gewicht van deze dimensies en indicatoren is vanzelfsprekend voor de verantwoordelijkheid van het bedrijf zelf en kan variëren van bedrijf tot bedrijf en van product tot product. In afwijking van het voorstel dat Graedel (zie paragraaf 6.2) naar voren bracht, brengen we alle elementen die relevant zijn voor vervangingsopties samen onder een element: Vervangingsopties per product. Graedel's suggestie om het vermogen van de onderneming om te innoveren op te nemen wordt hier niet overgenomen. Het suggereert dat alleen (technologische) innovatie de oplossing is voor mogelijke problemen, terwijl vooral besef en actief management essentieel zijn voor succesvolle acties.

De relevantie van deze indicatoren kan worden aangetoond door de reeks bedrijfsvragen die hieronder worden voorgesteld.

Indicator	Verhalende vraag vanuit het gezichtspunt van het bedrijf
Voorraad/productie	Moeten we dit materiaal voor een nieuw product gebruiken?
Concentratie van materialen (gemeten door HHI) van landen van oorsprong	Bij wie kan ik verder terecht als een leverancier wegvalt?
Stabiliteit en bestuur (gegeven door WGI) van bronlanden	Hoe betrouwbaar zijn de leverende landen in mijn waardeketen?
Vervangingsopties per product	Moeten we ons innovatievermogen benutten?
Voldoende kwaliteit van de inkoop van materialen	Wat is het verschil tussen producten x uit land y of z
Toekomstige ratio aanbod/vraag	Moeten we dit materiaal voor een nieuw product gebruiken?
Inzicht in de volledige toeleveringsketen	Kan ik knelpunten verwachten die niet primair samenhangen met een stabiele levering van grondstoffen?
Vermogen om kostenstijgingen door te berekenen	Kunnen we kostenstijgingen aan onze klanten doorberekenen?
Percentage van de inkomsten dat beïnvloed wordt	Hoeveel van onze productportfolio is kwetsbaar voor leverings- en prijsproblemen?
Invloed van de prijsvolatiliteit van grondstoffen/materialen op product- en/of bedrijfsniveau	Moeten we onze toeleveringsketen veranderen of gewoon wachten tot de prijzen dalen?
EPI en HDI van bronlanden	Kunnen we maatschappelijke tegenstand tegen onze activiteiten verwachten?
Hinderlijke beleidsregels aanwezig	Heeft de Dodd-Frank Act invloed op de 'license-to-operate'?

Het doorlopen van deze kwetsbaarheidsdimensies en indicatoren voor de productportfolio en voor de materialen in deze portfolio zou moeten leiden tot een prioritering van kwesties en mogelijk tot hierop aansluitende acties. Geen van de hierin besproken indicatoren heeft een zeer volatiel karakter: ze variëren van jaar tot jaar, maar veranderen niet van de ene op de andere dag. Dat houdt in dat voor de meeste indicatoren een grondige beoordeling van de portfolio van een bedrijf jaarlijks moet worden bijgewerkt. Elementen die zeer cruciaal worden geacht, zullen een frequentere update vereisen. Als bijvoorbeeld de mogelijkheid om kostenstijgingen door te berekenen beperkt is en de invloed op de kostprijs van een grondstof groot wordt geacht, zal de fluctuatie van de kostprijs vaker moeten worden gecontroleerd. De tijdschaal van de acties voor bedrijven dient de snelheid waarmee de situatie kan veranderen te weerspiegelen. We zullen de reikwijdte van acties van bedrijven nader bespreken in de volgende paragraaf.

Het spreekt vanzelf dat er inzicht moet zijn in de samenstelling van ingevoerde halffabricaten en goederen voordat de analyse kan worden uitgevoerd. Deze kennis is echter niet alom aanwezig in de industrie. Inzicht in de toeleveringsketen is vaak beperkt tot de relaties met de directe leverancier en de nomenclatuur van de

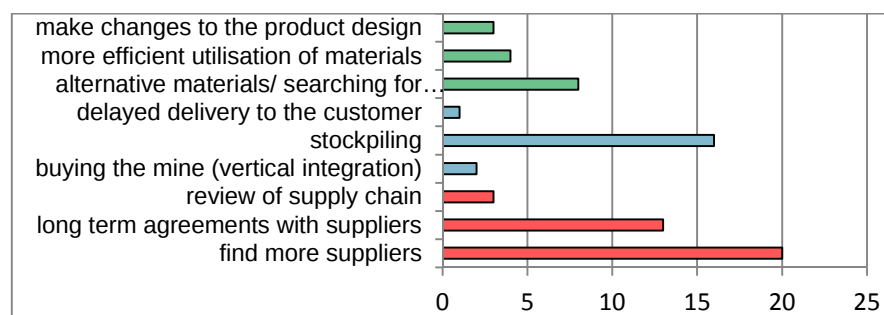
halfabricaten en goederen die worden ingekocht. Elementaire samenstellingen zijn vaak niet bekend, zelfs niet bij de directe leveranciers (bedrijven kunnen een elektromotor van een bepaalde kwaliteit kopen zonder zich ervan bewust te zijn dat die kwaliteit gebaseerd is op permanente magneten waarvoor verschillende zeldzame aarden zijn gebruikt). Het aanleggen van een lijst waarin een koppeling wordt gemaakt tussen materialen en de meest voorkomende toepassing zou kunnen helpen om het bewustwordingsproces te stimuleren en toepassing van een stress-test te vereenvoudigen. Een dergelijke taxonomische koppeling is opgezet t.b.v. de hier ontwikkelde koppelmatrix, en kan derhalve worden ingezet door industriële gebruikers. Door interactie met gebruikers op een WIKI-achtige manier zou die koppeling in de loop der tijd aan kwaliteit en diepgang kunnen winnen.

Een ander element dat hier kan worden toegevoegd is dat dit rapport zich, evenals de meeste kwetsbaarheidsbeoordelingen die zijn gepubliceerd, richt op aspecten van de leveringskwetsbaarheid van grondstoffen en –op zijn hoogst– op de eerste stappen van bewerking van die grondstof (tot wat we in dit rapport 1^e halfabricaten noemen). Uit de FME-enquête²³ bleek dat in alle gevallen waarin zich acute verstoringen van de levering voordeden, deze verderop in de waardeketen plaatsvonden. Er werd melding gemaakt van gevallen waarin natuurrampen (overstromingen, tsunami) de levering van harde schijven, andere elektrische componenten en specifieke verven verstoorden.

Hoewel de kwetsbaarheid met betrekking tot grondstoffen nu algemeen is aanvaard, onderzocht en in overheidsbeleid is opgenomen, is het veel moeilijker de kwetsbaarheid in de hele waardeketen aan te pakken en te onderzoeken. Vervolgonderzoeken naar de kwetsbaarheid van toeleveringsketens en de economische invloed zouden zich meer moeten richten op manieren om de kwetsbaarheid van de hele waardeketen te beoordelen.

6.4 Mogelijke acties van bedrijven op basis van een stresstest

Uit een onderzoek van de FME-CWM (FME), een vertegenwoordigende organisatie voor bedrijven in de technologische industrie in Nederland, naar kwetsbaarheden van toeleveringsketens bij 30 van hun leden bleek dat 24 van deze bedrijven recentelijke acute verstoringen van leveringen hadden ondervonden.²⁴ De getroffen maatregelen worden samengevat in Figuur 30.



Figuur 30 Ondernomen acties van bedrijven na verstoring van de levering (bron: FME-enquête)

²³ 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

²⁴ Zie bovenstaande verwijzing.

De acties kunnen worden onderverdeeld in acties gericht op leveranciers (rood), eigen voorraadbeheer (blauw) en productaanpassingen (groen).

Driekwart van de acties van deze bedrijven was gericht op het waarborgen van de levering door de leveranciers of door het eigen voorraadbeheer. Minder dan een kwart van de acties was gericht op aanpassing van het eigen product of proces. Deze verdeling is begrijpelijk, gezien het feit dat de leveringsproblemen onverwacht zijn ontstaan. Het aanleggen van voorraden of het sluiten van nieuwe overeenkomsten met leveranciers zijn geschikte acties voor een snelle reactie, terwijl het zoeken naar substituten of het efficiënter maken van het productieproces veel onderzoek en ontwikkeling vereist.

Het vermogen om producten of processen aan te passen is afhankelijk van de plaats van het bedrijf in de keten en de rol die de R&D-afdeling heeft in het bedrijf. Kopers van basiscomponenten of onderdelen hebben minder invloed op een radicale aanpassing van de materiaalinhoud van de eigen producten. Bedrijven met actieve R&D-afdelingen zijn meer geneigd tot vervanging of een andere aanpassing van producten of processen als onderdeel van de continue productontwikkeling.

Acties die volgen op bewustmaking en op het uitvoeren van een kwetsbaarheidsbeoordeling (een stresstest) hebben een karakteristieke complexiteit en tijdschaal voordat ze invloed hebben op het bedrijf. Een acuut en ernstig probleem zal moeten worden aangepakt met oplossingen voor de korte termijn, eventueel vergezeld van structurelere maatregelen voor de langere termijn. Onderzoek en ontwikkeling gericht op het vinden van substituten die de behoefte aan een bepaald materiaal verminderen, of zelfs het zoeken naar alternatieve scenario's en bedrijfsmodellen die de afhankelijkheid van de constante beschikbaarheid van grondstoffen verminderen, kan de juiste actie zijn. De omvang van de investeringen bij deze benaderingen wordt bepaald door de veronderstelde grootte van het risico (vergeleken met andere risico's die een bedrijf kan lopen).

Een ruwe en voorlopige classificatie van acties naar aanleiding van de uitvoering van een stresstest kan er als volgt uitzien :

Tijdsbestek	Actie
Korte termijn (<1 jaar)	<i>De 2^e leverancier van grondstoffen of halffabricaten zoeken, mogelijk in een ander land</i>
	<i>Overeenkomsten met leveranciers voor lange(re) termijn sluiten</i>
	<i>Grotere voorraden van grondstoffen of halffabricaten aanleggen in perioden waarin de prijs relatief laag is</i>
Middellange termijn (1-3 jaar)	<i>Procesefficiëntie verbeteren om de behoefte aan grondstoffen te verminderen</i>
	<i>Samenwerkingen binnen de waardeketen of met bedrijven met een vergelijkbare problematiek opzetten om koopkracht te creëren of anderszins gemeenschappelijke actie te ondernemen (zie bv. Deutsche Rohstoff Allianz)</i>
	<i>Nieuwe bedrijfsmodellen creëren die minder afhankelijk zijn van de levering van goederen en materialen, bijvoorbeeld door de kringloop sluitend te maken en onderdelen en grondstoffen terug te winnen.</i>
Lange termijn (>3 jaar)	<i>Bedrijfsactiviteiten verplaatsen ('verhuis de fabriek') naar gebieden met stabiele levering</i>
	<i>Grondstoffen of halffabricaten in de toeleveringsketen vervangen door ander materialen (zonder leveringsbeperkingen) door middel van technische innovatie, d.w.z. R&D-uitgaven</i>
	<i>Productie van grondstoffen of halffabricaten verticaal integreren ('doe het zelf')</i>
	<i>Actief deelnemen aan publieke besluitvorming ('lobbyen') over onderzoeksprogramma's (Horizon2020) of beleidsmaatregelen</i>

Over het algemeen lijken de maatregelen te verschuiven van inkoopmanagement voor de maatregelen op de korte termijn naar R&D-management voor de maatregelen op de langere termijn, waarmee wordt erkend dat de kwetsbaarheidsbeoordeling als geheel een algemeen managementprobleem is.

Een algemeen probleem bij deze acties is dat een duidelijke prioritering vereist dat het betreffende risico in het geval dat er geen actie wordt ondernomen, in geld wordt uitgedrukt en dat de kosten van de voorgestelde actie worden geraamd. Evenals bij andere acties om de kwetsbaarheid van hulpbronnen te beperken zijn investeringen nodig (bijv. voor het aanleggen van voorraden, extra R&D-investeringen, aankoop van aandelen stroomopwaarts in de waardeketen). Ook in dit geval bieden algemene methodologieën geen oplossing en dienen bedrijfsspecifieke beoordelingen te worden uitgevoerd.

6.5 Mogelijke maatregelen van de nationale overheid op basis van een kwetsbaarheidsbeoordeling

Zoals de stresstest is afgestemd op de behoefte van afzonderlijke bedrijven, is ook het bepalen van mogelijke maatregelen die de overheid kan nemen van belang. De fundamenteën van zowel Europees als Nederlands beleid met betrekking tot grondstoffen zijn de volgende: zorgen voor transparante handelsbetrekkingen, zorgen voor stabiele leveringen (eventueel met behulp van binnenlandse bronnen) en het stimuleren van onderzoek en innovatie voor recycling, vervanging en andere middelen om de afhankelijkheid van grondstoffen te verkleinen. De indicatoren en beoordelingen die in dit rapport worden gepresenteerd, kunnen de overheid in een aantal gevallen faciliteren. De volgende lijst is niet bedoeld om uitputtend of exclusief te zijn, maar is bedoeld als inspiratie voor het verdere gebruik van de resultaten van het rapport. Deze (en andere) maatregelen dienen vanzelfsprekend te worden uitgewerkt door deskundigen op het gebied van overheidsbeleid en relevante belanghebbenden. De acties kunnen als volgt in groepen worden ingedeeld:

- Internationale diplomatie
 - Voorkom extreme prijsschommelingen bij materialen waarvoor de Nederlandse economie kwetsbaar blijkt te zijn en waarvan is gebleken dat ze in het verleden onderwerp van marktmanipulatie zijn geweest door middel van voorraadvorming, marktplaatscoördinatie en wetgeving tegen strategische opslag.
 - Verbeter actief handelsbetrekkingen met landen die bekend staan om een goed bestuur en die als toplanden worden vermeld in lijsten van landen van oorsprong met betrekking tot producten die een of meer van de geselecteerde grondstoffen in deze studie bevatten.
 - Ontwikkel sterke banden met landen waarmee Nederland een sterke exportrelatie heeft om hen bewust te maken van het Nederlandse standpunt met betrekking tot deze kwestie; Nederland kan een betrouwbare partner blijken te zijn als deze problemen onder controle zijn.
 - Bereid je voor op actie op een geopolitiek niveau met landen die een twijfelachtige reputatie hebben met betrekking tot goed bestuur en mensenrechten en toch een aanzienlijk deel van de Nederlandse import leveren.
 - Creëer een duidelijk aanspreekpunt voor organisaties waartoe zij zich kunnen wenden wanneer er problemen zijn met de toeleveringsketen.
 - Controleer regelmatig de handhaving van exportquota door alle landen, met name met betrekking tot goederen die bestemd zijn voor andere 'westerse' economieën.
- Het verbeteren en onderhouden van de kwaliteit van onderliggende data
 - Moedig inkoopmanagers in Nederland aan om een gemeenschappelijke database op te bouwen die de set van toeleveringsketens met betrekking tot een bepaalde sector illustreert.
 - Ondersteun de verzameling en verspreiding van kennis over de inhoud van productgroepen.
 - Verbeter de kwaliteit van de gegevens van afvalstromen.
 - Verbeter in samenwerking met relevante sectoren de mogelijkheid voor CBS om data te publiceren die nu om redenen van vertrouwelijkheid worden achtergehouden.

- Informeer naar problemen van inkoopmanagers van industriële bedrijven en kennisinstellingen met grote R&D-afdelingen.
- Een onderzoeks-, ontwikkelings- en innovatieprogramma opzetten:
 - R&D-activiteiten met betrekking tot recycling en vervanging van kwetsbare en relevante producten stimuleren
 - Het Europese R&D-programma (bv. Horizon2020) en de beleidsagenda beïnvloeden.
 - Gunstige voorwaarden voor de verwerving van octrooien bewerkstelligen in sectoren waarin sprake is van een sterk 'kennismonopolie' van enkele spelers.

6.6 Verspreiding en openbaar gebruik van onderzoeksresultaten

Dit onderzoek resulteerde in een uitgebreide dataset, die in samenhang met materiaal- en landspecifieke informatie een top-down, uitgebreid overzicht van de geschatte samenstellingsgegevens van producten en productgroepen geeft. Veel van deze laatstgenoemde informatie is toegankelijk in open en vaak bekende bronnen. De kracht van de uitgebreide en gecombineerde dataset is dat (industriële en niet-industriële) belanghebbenden een eerste, maar gedetailleerd, inzicht kunnen krijgen in leveringsrisico's en de effecten ervan. Het gebruik leidt niet alleen tot kennis van economische kwetsbaarheden, maar ook tot beoordelingen met betrekking tot kwesties die gerelateerd zijn aan maatschappelijk verantwoord ondernemen (zoals ecologische voetafdruk, het bestuur in bronlanden, etc.). Hoewel een groot deel van die informatie in dit rapport wordt gebruikt, kan men zich voorstellen dat er veel andere toepassingen en vragen zijn. Het is daarom essentieel om een eenvoudige en duurzame manier te vinden om de resultaten te verspreiden, uit te breiden met specialistische informatie (vergelijkbaar met een WIKI -achtige opbouw van informatie) en het gebruik van de informatie te ondersteunen voor vervolgacties.

De dataset is momenteel zodanig opgezet dat zij compatibel is met de bestaande openbare databanken (zoals de 'MVO-risicochecker') en bestaande concordantietabellen van Eurostat bieden de mogelijkheid om informatie aan een gedetailleerd productgroepsniveau (HS/GN-niveau: zie kader in paragraaf 3.1.2 en de SITC-classificatie) toe te voegen.

Alle gegevens die in deze projecten worden gebruikt, zijn openbaar. Sommige delen van de gegevens worden samengevoegd door het Nederlands Bureau voor de Statistiek (CBS), waardoor consolidatie binnen het CBS-kader mogelijk wordt gemaakt. Voor alle data gelden momenteel de basisjaren 2011 of 2012.

7 Slotopmerkingen en vooruitzichten

7.1 Het onderzoek resulteert in een model dat (de leveringszekerheid van) materialen koppelt aan de Nederlandse economie

Dit onderzoek resulteerde in een top down model van de distributie van grondstoffen in de maatschappij, een koppelmatrix en een uitgebreide database waarmee een kader wordt geboden voor een gedetailleerdere en verdere analyse van het belang van materialen voor de Nederlandse economie. Dit kader kan eenvoudig worden uitgebreid naar meer materialen, meer economische sectoren in de maatschappij en meer perspectieven (economisch, ecologisch, maatschappelijk, veiligheid, R&D). Door het resulterende model te koppelen met de CBS-resultaten uit de 'Monitor Materiaalstromen' wordt synchronisatie bereikt van resultaten van grondstofonderzoeken met betrekking tot de Nederlandse economie²⁵.

Het onderzoek en het resulterende model kunnen bijdragen aan een verdere bewustwording van de risico's verbonden aan leveringszekerheid. Het werk geeft aan dat het mogelijk is om op nationaal, sectoraal en zelfs bedrijfsniveau kwetsbaarheidsanalyses uit te voeren, die richtinggevend zijn voor handelingsperspectief.

Bovendien geeft het onderzoek, binnen de gekozen range aan materialen, een beeld over welke sectoren relatief gezien het meest kwetsbaar zijn voor leveringsproblemen, voor welke materialen dat geldt en wat het economisch belang voor Nederland is dat daarmee is gemoeid.

De rest van dit hoofdstuk is gewijd aan overwegingen voor het gebruik, de uitbreiding en verbetering van deze methodologie.

7.2 Hoe kunnen de onderzoeksresultaten nog meer worden ingezet?

7.2.1 *Gebruik door individuele bedrijven implementeren*

Het onderzoek en het daaruit voortkomende model leiden tot de gesuggereerde stress-test; de eventueel daaruit voortvloeiende lijst acties kan alleen worden geformuleerd in samenspraak met particuliere belanghebbenden. De acties zullen sterk verschillen en afhankelijk zijn van het type, de grootte en de sector van een bedrijf en zijn positie in de waardeketen. Dit onderzoek is niet bedoeld om een algemeen advies te geven. Het definitieve kader van de stresstest dient te worden gevalideerd door vertegenwoordigers van productiesectoren.

Hoewel grondstoffen aandacht verdienen, zouden risicobeoordelingen op basis van grondstoffenkwesaties afgewogen moeten worden in het kader van risicobeoordelingen van andere relevante aspecten voor een individueel bedrijf. Samenwerking met partijen die meer risico-aspecten in kaart brengen (zoals bijvoorbeeld de NEVI (Nederlandse Vereniging voor Inkoopmanagement) zou overwogen moeten worden.

²⁵ Delahaye, R en Zult, D, (2013) "Monitor Materiaalstromen", CBS, Heerlen/Den Haag; CBS (2013), "Environmental accounts of the Netherlands 2012", Hoofdstuk 7, CBS, Heerlen/Den Haag

De koppelmatrix biedt kwalitatieve indicaties van de toepassing van grondstoffen in halffabricaten en eindproducten. Deze applicaties zullen in het algemeen goed bekend zijn bij bedrijven, terwijl de kennis van de exacte elementaire samenstelling van geïmporteerde componenten vaak schaars is. Daarom kunnen deze koppelingen tussen materialen en producten worden gebruikt om een database te creëren die gemakkelijker kan worden geraadpleegd door eindgebruikers die graag iets over hun kwetsbaarheid willen weten maar zich niet bewust zijn van hun directe materiële afhankelijkheid (men kan bijvoorbeeld weten dat permanente magneten een rol spelen in een productieproces, maar zich er niet bewust van zijn dat neodymium of dysprosium een rol spelen in die toepassing).

7.2.2 *Analyseren van kansen voor bedrijfsleven in Nederland*

Het gebruik van studies naar kritikaliteit worden tot nu toe gedomineerd door de identificatie van leveringsrisico's en de op de korte termijn gerichte of defensieve acties die kunnen worden ondernomen. Studies als deze kunnen echter ook gericht zijn op de kansen die ontstaan door goede en vroegtijdige informatie (bijvoorbeeld ontwikkeling van alternatieve materialen, meer circulariteit, robuustere toeleveringsketens) die zich aandienen door een beter inzicht in de Nederlandse levering van goederen. De resultaten kunnen leiden tot R&D-agenda's voor die gebieden waar een dreigend leveringsrisico wordt waargenomen. Zoals besproken in hoofdstuk 1 kan de algemene observatie van leveringsrisico's intrinsiek gekoppeld worden aan activiteiten op het gebied van de circulaire economie. Activiteiten op het gebied van onderhoud en hergebruik van producten, componenten en materialen kunnen leiden tot het verkleinen van leveringsrisico's. Om hier een afgewogen beeld van te verkrijgen zouden kosten en baten van verschillende korte en lange-termijnmaatregelen in kaart moeten worden gebracht en afgezet worden tegen de verwachte kosten van het niet nemen van mitigerende maatregelen.

7.2.3 *Verbeteren van het voorspellend vermogen*

Beoordeling van toekomstige vraag- en aanbodvraagstukken zijn een zwak punt in alle onderzoeken naar kritikaliteit. Toch kan een beoordeling van de nabije toekomst van groot belang zijn voor bedrijven die besluiten moeten nemen over strategische ontwikkelingen. Een deskundig oordeel over het toekomstige gebruik van bepaalde materiaal-/productgroep-toepassingen is een haalbaar maar tijdrovend proces, want het is kwalitatief en omvat allerlei soorten informatie (bijvoorbeeld resultaten van prognosestudies, R&D-rapporten, onderzoeken naar substituten voor materialen). In de onderstaande tabel worden enkele suggesties gedaan voor de beoordeling van toekomstgerichte activiteiten:

Tabel 8 Suggesties voor toekomstgerichte indicatoren

Dimensie	Mogelijke indicator voor prognoses
Aanbod	Trends in de productiviteit van hulpbronnen (bv. CBS)
	Investerings in mijnbouwexploratie (als voorwaarde voor daadwerkelijke mijnbouw)
	Roadmaps voor de technologie die verandering in groei en vraag aangeven
	Gedetailleerd inzicht in investeringen in bijproducten
Gevolgen voor de winstgevendheid	Updaten (en het proactief onderzoeken) van beleid inzake exportbeperkingen (bv. door de OESO)
	Beoordeling van de prijselasticiteit (interactie tussen prijs en aanbod)
	Sectorvisie op de ontwikkeling van de winstmarge in de sector
Maatschappelijk verantwoord ondernemen	Proactieve kijk op beleidsveranderingen in de bronlanden
	Analyse van ontwikkelingen op de lange termijn door ratingbureaus

Een toekomstgerichte activiteit vereist een actieve gemeenschap van mensen die samenwerken om deze informatie te verbeteren. De breedte en verscheidenheid van bronnen zal de betrokkenheid van vele belanghebbenden uit de overheid, het bedrijfsleven en kennisinstellingen vereisen.

7.2.4

Van kwetsbaarheid grondstoffen naar kwetsbaarheid in de hele waardeketen

Hoewel de koppelmatrix toepassing van grondstoffen in alle productiefasen toont, wordt geen verdere analyse verricht aan de kwetsbaarheid van (de productie van) producten in de toeleveringsketen. Dit onderzoek beschrijft geen waardeketens. In wezen is dit een tekort in de ontwikkelde systematiek: de beoordeling van de kwetsbaarheid van levering van halffabrikaten en eindproducten is economisch gezien belangrijker dan het identificeren van grondstoffen in productgroepen. Dit komt omdat bijna de gehele waarde van geïmporteerde, geproduceerde en geëxporteerde goederen gerelateerd is aan halffabricaten en eindproducten en niet aan grondstoffen.

Dit is kenmerkend voor alle bekende kritikaliteitsstudies. Verrijking van de database met gegevens over die waardeketen zou een enorme verrijking van deze database betekenen. Door intensief en interactief gebruik door industriële stakeholders zou deze informatie in de loop van de tijd toegevoegd kunnen worden. Dit zal nieuwe gebruikers extra waardevolle informatie over bedreigingen van waardeketens en de mogelijkheden daarop te anticiperen.

Uit eerder in deze studie aangehaald FME-onderzoek naar ervaringen van bedrijven met leveringsonderbrekingen bleek al dat grote risico's bestaan doordat niche-producten in de waardeketen in veel gevallen slechts door enkele producenten worden gemaakt. Een geweldige aanvulling op de test zou zijn als een bedrijf bepaalde knelpunten in termen van het aantal leveranciers in de gehele toeleveringsketen zou kunnen identificeren. Dit is met name relevant in het geval van een tijdelijk uitval van het aanbod vanwege politieke onrust, natuurrampen en opslagproblemen. Toekomstige onderzoeken waarbij internationale zakelijke databases worden gebruikt, zouden deze informatie kunnen bieden.

7.3 Verbetering en uitbreiding van model en onderliggende database

Om maximaal te kunnen profiteren van de resultaten van dit onderzoek moet worden getracht om de koppelmatrix en de database te verbeteren met de kennis van een breed scala van deskundigen en belanghebbenden met behulp van de methode van **'user generated content'**. Deze aanpak lijkt op de wijze waarop de inhoud van de online encyclopedie Wikipedia wordt verzameld. Er is bijvoorbeeld nog steeds een lijst van verdachte productgroepen die een of meer van de geselecteerde materialen kan bevatten. Deskundigen die erbij worden betrokken, zullen meehelpen aan de verbetering van deze koppelmatrix.

Een **bottom-up validatie** op basis van SimaPro/Ecoinvent databases laat zien dat de inschattingen van de 'kenmerkende aandelen' (de aanwezigheid van bepaalde grondstoffen in productgroepen, uitgedrukt in g/ton) gebaseerd op de wereldwijde Material Flow Analysis (MFA) een aanvaardbare nauwkeurigheid hebben, gezien de zeer uiteenlopende aard van LCA-data van SimaPro aan de ene kant en een top-down MFA op basis van handel aan de andere kant. Er zijn echter meer validaties nodig om de consistentie van de resultaten die aan de berekening van het kenmerkende aandeel zijn verbonden, te verbeteren.

In dit rapport is geen set van **ecologische en kwaliteitsindicatoren** geïntroduceerd zoals de kwaliteit van een bepaald materiaal, (bijvoorbeeld ertsgehalten, insluiting van toxisch materiaal etc.) en milieueffecten zoals de ecologische voetafdruk, verbruik van blauw en grijs water en uitstoot van schadelijke stoffen in het milieu. Deze informatie kan worden opgenomen in de database met behulp van bestaande externe methoden en databases.

Validatie door Material Flow Analysis en Environmental Accounts technieken zou overwogen moeten worden. Zowel het concept van de koppelmatrix als de berekening van het kenmerkende aandeel zijn gebaseerd op technieken die door bureaus voor de statistiek worden toegepast. Deze technieken worden jaarlijks gebruikt voor de Environmental Accounts en worden regelmatig gebruikt voor specifieke MFA's en onderzoeken zoals de 'Monitor Materiaalstromen'. Verdere onderlinge beoordelingen zullen de aanvaarding van de resultaten van dit onderzoek echter verhogen.

Het model zou aan waarde en kracht winnen door **koppeling aan gegevens van Eurostat**. De methodologieën in dit onderzoek zijn zoveel mogelijk gebaseerd op de officiële classificaties van producten en sectoren. Vooral door de classificaties van CPA/NACE/Prodcom te gebruiken wordt geanticiperd op de betrokkenheid van Europese onderzoeksinstellingen. Het identificeren van de aanwezigheid van een bepaalde grondstof in een productgroep is bovendien een relatief onbetwiste statistische inspanning, hoewel hiervoor een aanzienlijke onderzoeksinspanning vereist is. Dit maakt het mogelijk dat het concept koppelmatrix wordt geïntroduceerd in officiële statistische databases in Europa met op de eerste plaats Eurostat. Het niveau van gedetailleerdheid van de zescijferige CPA- en GN-codes zal de grootste uitdaging zijn: als het niveau van gedetailleerdheid te laag is, zal de koppelmatrix een overvloed aan koppelingen zien en als gevolg daarvan resultaten produceren die te veel bijeengevoegd zijn om een bijdrage te kunnen leveren aan relevante onderzoeksthema's.

Het concept van de koppelmatrix moet worden ontwikkeld tot een instrument dat in heel Europa of wereldwijd wordt gebruikt, aangezien het is gebaseerd op officiële wereldwijde classificaties en gemakkelijk controleerbare methoden.

Literatuur en overige bronnen

statline.cbs.nl
www.eurostat.com
www.sciencedirect.com
www.e-to-china.com
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>
www.pep-ecopassport.org
www.ecoinvent.com
www.ipa-news.com
www.mbendi.com
www.iom3.org
<http://beryllium.eu>
<http://www.chromium-asoc.com/>
<http://www.thecdi.com/index.php>
<http://www.imoa.info/>
<http://www.silverinstitute.org/site>
<http://www.itri.co.uk/index.htm>
<http://www.titanium.org/>
<http://www.itia.info/>
www.ilzsg.org

RPA (2012) *Data Needs for a Full Raw Materials Flow Analysis*, Risk & Policy Analysis Ltd.

Bade, R. (2010) *Rare Earths Review, Is the hype justified?*, Libertas, Londen

Cameron, D.S. (2009) *Chemistry, electrochemistry and electrochemical applications* | *Silver Encyclopedia of Electrochemical Power Sources*, onder hoofdredactie van Jürgen Garche, Amsterdam, 2009, p. 876–882

Dittrich, M. (2010), Bringezu S. *The physical dimension of international trade Part 1: Direct global flows between 1962 and 2005*, Ecological Economics 69 (2010) 1838–1847, Wuppertal Institute for Climate

EU (2001) *Economy-wide material flow accounts and derived indicator*, ISBN 92-894-0459-0, Luxemburg

EU (2014) *Critical Raw Materials for the EU*,

Eurostat (2001) *Methodological guide called economy-wide material flow accounts and derived indicators*, Luxemburg

Huisman, J., (2012), van der Maesen, M., Eijsbouts, R.J.J., Wang, F., Baldé, C.P., Wielenga, C.A., *The Dutch WEEE Flows*. United Nations University, ISP – SCYCLE, Bonn, Duitsland, 15 maart 2012.

Metal Powder Report (1997) *Global cobalt production totals 26 500 tonnes in 1996* Volume 52, Issue 9, september 1997, p. 6

Oeko institute (2011) Schüler, D. *Study on Rare Earths and their recycling*, Final Report for The Greens/EFA Group in the European Parliament, Berlijn

Ziemann, S. (2010) *Tracing the fate of lithium, the development of a material flow model Resources, Conservation and Recycling* 63 (2012) 26–34, Karlsruhe Institute of Technology

Fraunhofer ISI (2009), Angerer, G., Erdmann, L. e.a. *Rohstoffen für zukunftsstechnologien*, ISI Schriftenreihe „innovationspotenziale“

EU (2014), Fraunhofer ISI, Roskill, Oakdene & Hollins, DG ENTR, Study on Critical Raw Materials at EU Level

Eurostat (1997) *The Capital Stock in the European Union: Structural Diagnosis and Analytical Aspects*; Cambridge Econometrics; CBS (1998) *Perpetual Inventory Method*. CBS

UNEP (2011) *Recycling Rates of Metals: A Status Report*. UNEP International Resource Panel.

Willems, M. en Weterings, R. (2011) *Eindnotitie Duurzaam Materiaalbeheer*, TNO-060-DTM-2011-02308-WSR-PEM-21683. TNO.

IFEU (2012). Schoer, K. Weinzettel, J., Kovanda, J. *Raw Material Consumption of the European Union – Concept, Calculation Method, and Results*. Environmental Science & Technology 2012 46 (16), (8903-8909)

L. Erdmann (2011) *Criticality of Non-Fuel Minerals: A Review of major Approaches and Analyses*, Env. Sc. & Techn. 2011, 45, 7620 - 7630

T. E. Graedel (2012) 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

A Woordenlijst met economische concepten

- Toegevoegde waarde (waarde): winst in de ruimste zin van het woord. Het betreft de omvang van de productie (d.w.z. omzet of economische output) van een sector minus de waarde van de door de sector gebruikte input (grondstoffen, energie en halffabricaten). Vanuit de toegevoegde waarde worden vervolgens de kosten 'betaald' voor investeringen in kapitaalgoederen (zoals gebouwen, machines en computers), arbeid (bijv. salaris) en andere marginale zaken.
- Productie (waarde): de uiteindelijke waarde van geproduceerde artikelen (dit is niet de toegevoegde waarde van een land, aangezien de importwaarde eveneens wordt meegenomen in de productiewaarde). 'Omzet' en 'opbrengst' zijn termen die betrekking hebben op productiewaarde.
- Import(waarde): de waarde van geïmporteerde goederen. Als een land producten importeert, dan betekent dit dat de kwaliteit en/of prijs van dat product beter is dan dat wat in eigen land kan worden geproduceerd. Het land van oorsprong heeft een 'relatief' voordeel aangezien het voor andere economieën aantrekkelijk is om het betreffende product aan te schaffen.
- Grondstof: een materiaal dat rechtstreeks uit de aarde wordt gewonnen.
- Halffabricaat: alle goederen die geen grondstof of eindproduct zijn. In dit onderzoek gebruiken we de term '1^e halffabricaat' voor de goederen die de eerste schakel in de waardeketen vormen. Het is het product van de eerste bewerking van de grondstof.
- Eindproduct: alle goederen die worden verkocht voor uiteindelijke consumptie of als kapitaalgoed.
- Export(waarde): de waarde van geëxporteerde goederen. Als een land producten exporteert, dan betekent dit dat de kwaliteit en/of prijs van dat product beter is dan wat in het land van bestemming kan worden geproduceerd. Het land van oorsprong heeft een 'relatief' voordeel aangezien het voor andere economieën aantrekkelijk is om het betreffende product aan te schaffen.
- Binnenlandse export(waarde): de waarde van geëxporteerde goederen die in het land van oorsprong een aanzienlijke toegevoegde waarde hebben gekregen.
- Wederexport(waarde): waarde van producten die onderdeel vormen van een economie, maar waar zeer weinig waarde aan wordt toegevoegd alvorens deze producten weer worden geëxporteerd. Als de exportwaarde groter is dan de productie, kunnen bepaalde geïmporteerde artikelen weer in aanmerking komen voor wederexport. Over het algemeen geldt dat een land betrokken is bij wederexport wanneer het een belangrijke hub heeft in een transportnetwerk dat wordt gebruikt om goederen naar buurlanden te distribueren. Wederexport kan ook voortvloeien uit handelsposities, bijvoorbeeld als gevolg van strategische voorraadvorming. Wederexport en binnenlandse export vormen tezamen de totale export. Import minus wederexport is de binnenlandse import: geïmporteerde goederen die daadwerkelijk gebruikt worden in een waardeketen van een land in tegenstelling tot importgoederen die gebruikt worden voor wederexport.

- Toeleveringsketen: de reeks activiteiten waarmee grondstoffen, halffabricaten en eindproducten van de ene locatie naar de andere worden overgebracht. Deze term heeft vooral betrekking op transport.
- Waardeketen: de inputactiviteiten die een marktdeelnemer verricht om waarde aan een product toe te voegen. Deze term heeft vooral betrekking op het economische stelsel.
- Actiebereik: de mogelijke acties die een organisatie (bijv. een bedrijf, NGO of overheid) kan ondernemen. Deze term beschrijft expliciet welke bevoegdheden een organisatie heeft.

B Longlist van materialen

Het Ministerie van Economische Zaken heeft een longlist van materialen voorgesteld, gebaseerd op de oorspronkelijke lijst van materiaalonderzoeken door de ad-hocgroep van het Grondstoffeninitiatief, aangevuld met bevindingen uit rapporten opgesteld door FME en het Platform Landbouw, Innovatie en Samenleving (gericht op de uitputting van micronutriënten).

Aluminium	Veldspaat	Mangaan	Strontium
Antimoon	Fluoriet	Molybdeen	Talk
Bariet	Gallium	Nikkel	Tantaal
Bauxiet	Germanium	Niobium	Telluur
Bentoniet	Goud	Perliet	Tin
Beryllium	Grafiet	Fosfor	Titaniumdioxide
Boraten	Gips	Platinagroepmetalen	Wolfraam
Chroom	Indium	Zeldzame aarden	Uranium
Klei (en kaolien)	IJzererts	Renium	Vanadium
Kobalt	Kalksteen	Selenium	Zink
Koper	Lithium	Silicazand	Zirkoon
Diatomeeënaarde	Magnesiet	Silicium	
EPDM (basis voor rubber)	Magnesium	Zilver	

C Beoordeling van de economische relevantie van de geselecteerde materialen door koppeling van grondstoffen aan producten

Om de relevantie van materialen voor een economie te beoordelen, moet een koppeling worden gelegd tussen grondstoffen en de toepassing daarvan in materialen, halffabricaten en eindproducten. Het wordt algemeen onderkend dat over de volledige toeleveringsketen en de levensduur van de meeste producten gedetailleerde gegevens ontbreken. Terwijl er wel gedetailleerde informatie beschikbaar is (zowel vanuit openbare als commerciële bronnen) over mijnbouwproducten en derhalve over de wereldwijde beschikbaarheid van grondstoffen, zijn er geen consistente, uitgebreide en regelmatige geactualiseerde informatiebronnen beschikbaar over het product, het gebruik en (derhalve) de einde-leven-fase van materialen.²⁶

Wanneer men betrouwbare gegevens op productniveau probeert te verkrijgen, is het belangrijkste probleem de enorme heterogeniteit van producten en productsamenstellingen binnen de verschillende productgroepen, die zelf weer de basis vormen voor de wereldwijde handelsstatistieken. In deze bijlage wordt de voor dit onderzoek gehanteerde methodologie beschreven die is toegepast om dergelijke gegevens voor dit onderzoek in voldoende detail te verzamelen.

Deze methodologie kent twee hoofdresultaten. Ten eerste een benaderende kwantitatieve matrix waarin 22 grondstoffen worden gekoppeld aan productiegroepen (bijv. producten) en economische sectoren. Ten tweede het kenmerkende aandeel van een materiaal in een productgroep, in g/ton (deeltjes per miljoen). Onderstaande tabel laat zien hoe deze hoofdresultaten worden gebruikt om de economische relevantie per indicator te beoordelen.

²⁶ Dit werd bevestigd door 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

Tabel: overzicht van methodes, belangrijkste resultaten en gegevens

Indicator	Toegepaste gegevens en/of mogelijk hoofdresultaat o.b.v. de methodologie
Economisch belang (binnenlandse export, in miljoenen EUR)	Gegevens van CBS en koppelmatrix
Voorraad/productie (jaar)	Gegevens van USGS
Omvang 1e halffabricaat (000 EUR)	Gegevens van CBS en koppelmatrix
Omvang van internationale handelsstromen (in miljoenen EUR)	Gegevens van CBS en koppelmatrix
Materiaalstromen internationale handel (kg)	Gegevens van CBS, koppelmatrix en kenmerkend aandeel
Omvang stadsmijnbouw (Kton)	Gegevens van CBS, koppelmatrix en kenmerkend aandeel
Geschaalde WGI-HDI-EPI	Gegevens van CBS/Eurostat en koppelmatrix
Prijsvolatiliteit	Gegevens van USGS, koppelmatrix en kenmerkend aandeel
Toekomstige vraag (aantal belangrijke toepassingen waardoor vraag naar bepaald materiaal toeneemt)	Koppelmatrix
Recyclingspercentage (aandeel van totaal gebruik)	Gegevens van USGS
Toegevoegde waarde en banen	Gegevens van CBS en koppelmatrix
RME (Kton)	Gegevens van Eurostat en koppelmatrix
Substitutie-index (hogere score betekent moeilijker vervangbaar)	Gegevens uit literatuur

Samenstellen koppelmatrix

Geharmoniseerd systeem als geselecteerd classificatiesysteem

In de koppelmatrix worden grondstoffen aan bepaalde productgroepen gekoppeld, zoals gedefinieerd in officiële statistieken. Nadat de 22 grondstoffen zijn geselecteerd, moet er een classificatie gekozen worden waarin producten worden beschreven. Aangezien er in de moderne economie enorm veel productsoorten bestaan, moeten er productgroepen worden samengevoegd met verschillende producten. Mogelijke kandidaten voor een productclassificatie zijn het GGE8-systeem van de afdeling Nationale rekeningen van het Centraal Bureau voor de Statistiek, CPA (de classificatie van producten, gekoppeld aan de economische activiteiten), HS (geharmoniseerd systeem) en SITC (standaardclassificatie voor de internationale handel). Zie tekstkader voor de relatie tussen de verschillende classificaties. Voor de koppelmatrix is gekozen voor het geharmoniseerde systeem HS, vanwege de gegevenskwaliteit over internationale handel en de daaraan gerelateerde wereldwijde dekking.

Een groot voordeel van het samenstellen van een koppelmatrix is de voortdurende samenhang tussen officiële gegevens, economische en ecologische modellen en kritische grondstoffen. Het geeft toegang tot een grote reeks aan nationale rekeningmodellen (inclusief milieuaspecten), LCA-modellen en arbeidsmarktmodellen. Daarnaast bevorderen officiële statistieken het gebruik van duidelijke terminologie en methodologie.

Alle koppelingen toevoegen

Nu volgt de omvangrijke taak om grondstoffen heel precies te koppelen aan de HS-productgroepen. Bij dit proces kunnen drie hoofdactiviteiten worden onderscheiden.

Aangezien de HS-productgroepen gekoppeld zijn aan sectoren, kunnen we eerst een geschatte verdeling over sectoren maken op basis van literatuur en eerdere TNO-onderzoeken. Deze 'belangrijkste toepassingen' worden op detailniveau weergegeven voor ongeveer vijftig productgroepen. Een andere bron voor de belangrijkste toepassing per grondstof is afkomstig van branche-organisaties voor specifieke metaalsectoren²⁷.

Classificatie en concordantietabellen

Op basis van gegevensbeschikbaarheid en -compatibiliteit zijn in dit onderzoek drie verschillende classificaties gebruikt. HS, GGE8 en SITC bieden verschillende voordelen voor verschillende gewenste resultaten. Het is belangrijk op te merken dat alle classificaties gekoppeld kunnen worden met behulp van concordantietabellen, waarin de koppeling wordt aangegeven tussen productgroepen in verschillende classificaties. Het detailniveau van HS en SITC maakt het mogelijk om ongeveer 800 productgroepen te gebruiken die relevant zijn voor een of meer van de 22 geselecteerde grondstoffen. Binnen de GGE8-classificatie zijn ongeveer 180 productgroepen mogelijk, wat deze classificatie minder gedetailleerd maakt.

²⁷ International Copper Study Group ICSG, International Lead and Zinc Study Group, International Platinum Group Metals

Websites waarop in voldoende detail productgroepen worden beschreven zijn een tweede belangrijke bron om op een accurate manier materialen aan productgroepen te koppelen. Een goed voorbeeld hiervan is de handelswebsite 'e-to-china', of verschillende LCA-websites²⁸ waar de kenmerken van specifieke producten voldoende uitgebreid worden beschreven. Aangezien het raadplegen van LCA-databanken tijdrovend is, wordt dit alleen toegepast voor de op basis van waarde binnenlandse handel²⁹ ongeveer dertig grootste groepen in Nederland. Dit betekent dat een aantal koppelingen in de koppelmatrix nog niet geïdentificeerd is.

Ten derde wordt het stadium van een productgroep vastgesteld op basis van een deskundig oordeel, aangezien het labelen van de verschillende stadia in officiële classificaties onderwerp van discussie is. TNO heeft op basis van expertise productgroepen ingedeeld naar de drie belangrijkste productstadia: grondstoffen, halffabricaten en eindproducten. Daarnaast introduceert TNO 'activerend materiaal' als label voor productgroepen die geen onderdeel zijn van het daadwerkelijke materiaal in de toeleveringsketen, maar waarvan het gebruik 'activerend' of 'dissipatief' van aard is. Dit eigen label wordt gebruikt om het kenmerkende aandeel vast te stellen, bijvoorbeeld het gebruik van cokeskool bij de productie van basismetalen. Gezien de heterogene aard van productgroepen geeft dit label het belangrijkste stadium in een productgroep weer. Er zal altijd een gering aandeel van halffabricaten aanwezig zijn in groepen die als eindproduct aangemerkt zijn en vice versa.

Toepassing van de koppelmatrix op sectoren

Met behulp van de koppelmatrix kunnen we nu niet alleen de grondstoffen koppelen aan productgroepen, maar ook aan de belangrijkste sectoren. We hebben hiervoor de zogenoemde CPA-productcodes gebruikt. Op basis van de gebruikstabel in de CBS Monitor Materiaalstromen wordt de jaarlijkse vraag naar een materiaal in Nederland weergegeven als tweecijferig CPA-product en eencijferige NACE-sectoren. De jaarlijkse vraag omvat binnenlands tussentijds gebruik, eindverbruik en ophoping. De respectieve tweecijferige CPA-productgroepen worden in de volgende tabel weergegeven:

²⁸ PEP, SimaPro

²⁹ Gebaseerd op GGE8-productgroepen³⁰ Let op, we maken gebruik van de volgende aanname: we gebruiken het aandeel PRODCOM-productgroepen als weeginstrument voor sectoren. We gaan daarbij uit van een "perfecte diagonaal" in de aanlevering van goederen. Dit betekent dat er wordt aangenomen dat producten die gerelateerd zijn aan een bepaalde sector (bijv. de productgroep "personenauto's" is gerelateerd aan de sector "vervaardiging van auto's") alleen door die sector worden aangeleverd. In sommige gevallen (minder dan 5% van de totale geleverde waarde aan de Nederlandse economie) leveren sectoren producten die een tweecijferige CPA-code hebben van een andere sector, maar bij deze aanpak wordt dat buiten beschouwing gelaten.

Tabel Tweecijferige CPA-sectoren uit de CBS-publicatie 'monitor materiaalstromen'

Nummer	Omschrijving
1	Landbouw-, bosbouw- en visserijproducten
2	Veeteeltproducten
3	Fossiele energiedragers
4	Overige mijnbouwproducten
5	Vis- en vleesproducten
6	Aardappel- groente- en fruitproducten
7	Zuivelproducten
8	Maalderij- en zetmeelproducten
9	Overige voedingswaren
10	Dranken en tabaksproducten
11	Textiel, kleding en lederwaren
12	Houtproducten met uitzondering van meubilair
13	Drukwerk- en papierproducten
14	Cokes en geraffineerde aardolieproducten
15	Chemische en farmaceutische producten
16	Rubber- en kunststofproducten
17	Overige niet-metaalhoudende minerale producten
18	Basismetalen
19	Metaalwaren met uitzondering van machines
20	Machines
21	Vervoermaterieel
22	Meubilair en overige productiegoederen

Bij de belangrijke methodologische stap om grondstoffen aan sectoren te koppelen, wordt gebruik gemaakt van de zescijferige PRODCOM/CPA-lijst. Deze PRODCOM-lijst geeft aan de ene kant min of meer hetzelfde detailniveau als de koppelmatrix en maakt aan de andere kant een duidelijke koppeling mogelijk met NACE-sectoren. We gebruiken deze om het economische belang te wegen van bepaalde grondstoffen in verschillende tweecijferige CPG-groepstotalen en tweecijferige NACE-sectoren³⁰.

Een concordantietabel maakt het mogelijk om op basis van de koppelmatrix (in HS/CN-classificering) wegingsfactoren op te stellen alsmede een zescijferige CPA-code. Met behulp van de Prodcom-statistieken van Eurostat wordt de productiewaarde van zescijferige CPA-productgroepen samengevoegd zodat deze aansluit bij de 22 productgroepen in bovenstaande tabel. Hierdoor kunnen we de relatieve omvang van productgroepen meten die het specifieke materiaal uit de samengevoegde tweecijferige CPA-gegevens bevatten. Deze productgroep

³⁰ Let op, we maken gebruik van de volgende aanname: we gebruiken het aandeel PRODCOM-productgroepen als weeginstrument voor sectoren. We gaan daarbij uit van een "perfecte diagonaal" in de aanlevering van goederen. Dit betekent dat er wordt aangenomen dat producten die gerelateerd zijn aan een bepaalde sector (bijv. de productgroep "personenauto's" is gerelateerd aan de sector "vervaardiging van auto's") alleen door die sector worden aangeleverd. In sommige gevallen (minder dan 5% van de totale geleverde waarde aan de Nederlandse economie) leveren sectoren producten die een tweecijferige CPA-code hebben van een andere sector, maar bij deze aanpak wordt dat buiten beschouwing gelaten.

gegevens kunnen vervolgens worden gekoppeld aan de 16 belangrijkste sectoren, hetgeen resulteert in een definitieve koppelmatrix.

Zie onderstaande tabel voor een uitsnede van de koppelmatrix.

[illegible]

Wereldwijde handelsanalyse, resulterend in een 'kenmerkend aandeel'

Voor een aantal analyses is niet alleen de koppeling en de frequentie van belang, maar meer specifiek de geschatte hoeveelheid materiaal in een productgroep. Met behulp van een koppelmatrix is het mogelijk het kenmerkende aandeel van een specifiek materiaal in een specifieke productgroep vast te stellen. Dit kan door op mondiale schaal een materiaalstroomanalyse uit te voeren. Het kenmerkende aandeel biedt zowel de mogelijkheid om de koppelmatrix te valideren als de materiaalstroom te berekenen. Met een geschatte materiaalstroom kunnen we ook de specifieke kwetsbaarheid voor prijsvolatiliteit en de ophoping van een bepaald materiaal binnen de Nederlandse maatschappij schatten, hetgeen inzicht geeft in het Nederlandse hergebruik (de zogenoemde stadsmijnbouw).

Een beknopte beschrijving van berekenen van het kenmerkende aandeel van grondstoffen in productgroepen gebaseerd op internationale handel kan zijn:

- We weten op gedetailleerd niveau (COMTRADE, COMEXT) hoe de belangrijke economieën in de wereld hun goederen verhandelen, geclassificeerd naar productgroep in volume en waarde.
- We weten welke grondstoffen aanwezig zijn in de productgroepen.
- Als we de wereldwijde productie van materialen toewijzen aan productgroepen, kunnen we de verhouding bepalen tussen het volume van de productgroepen en het volume van de specifieke grondstof binnen het betreffende materiaal.

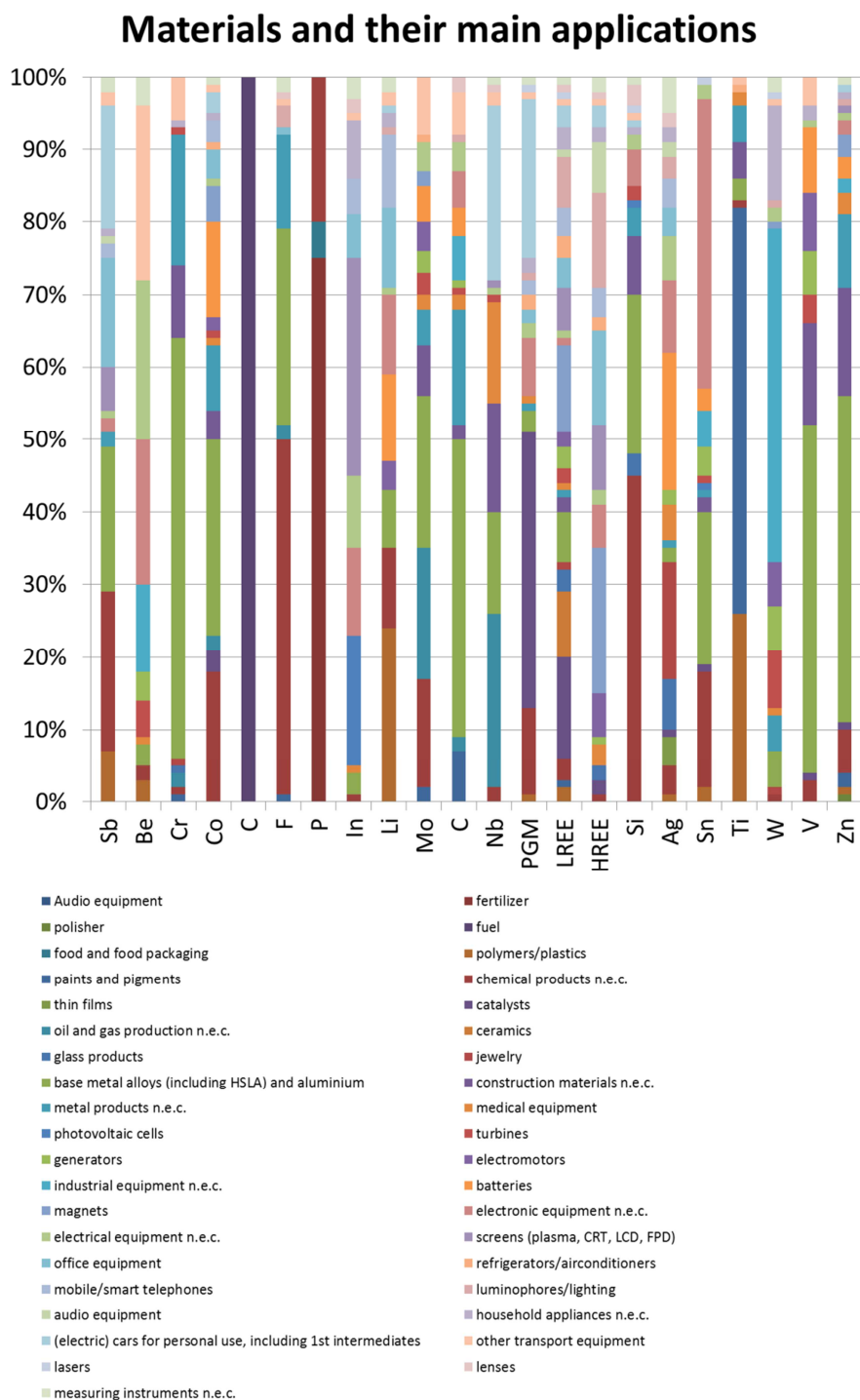
Schatting van het kenmerkende aandeel op basis van de door TNO ontwikkelde MFA-methode

De methode om het kenmerkende aandeel te berekenen bestaat uit het stapsgewijze verzamelen en toepassen van gegevens over de metaalsamenstelling van producten. Het begint met de aanname dat een metaal uit een primaire bron (mijn of smelterij) dat op de markt is gebracht, in dat bepaalde jaar zal worden gebruikt. Wanneer de jaarlijkse primaire productie wordt gecombineerd met kennis over de metaal massa in verschillende productcategorieën, kan aan producten het productievolume worden toegewezen. Wanneer we van producten die in een economie worden gebruikt de fysische hoeveelheid kennen, kan een schatting gemaakt worden van het totale metaalgebruik in een land.

Praktisch gezien omvat deze methodologie de volgende stappen:

- Het compileren van informatie over mijnbouw en over het gebruik van metalen (meestal afkomstig van USGS) in 43 belangrijke toepassingen (percentages: *hoeveel van het zilverterbruik is bestemd voor sieraden?*).
- Herverdeling van het gezamenlijk gebruik van de jaarlijkse mijnbouwproductie in belangrijke toepassingen over de ongeveer 850 relevantie HS-productgroepen, gebaseerd op de verkregen metaalinhoud in gram per ton product (deeltjes per miljoen). De BACI-handelsdatabase wordt gebruikt om het totale gewicht van de producten vast te stellen. Onderstaand figuur is een grafische weergave van het relatieve aandeel van het totale materiaalgebruik in belangrijke toepassingen. Voor een beter beeld is het aantal belangrijke toepassingen beperkt tot 43. Kleinere toepassingen zijn samengevoegd tot grotere hoofdtoepassingen. Zo omvat industriële apparatuur niet elders geclassificeerd ook ovens,

verkoopautomaten, pompen, voorraadtanks, weefmachines, elektrisch gereedschap etc.



Figuur: Materialen en hun belangrijkste toepassingen

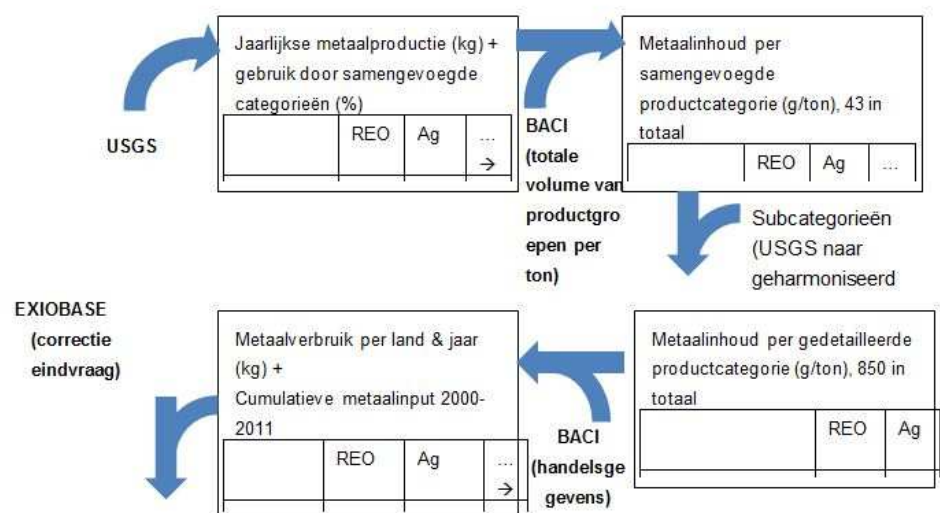
Dit overzicht is niet voldoende gedetailleerd om het exacte aandeel van elk materiaal te bestuderen. Het laat zien dat bepaalde materialen worden gebruikt in een grote verscheidenheid aan toepassingen (bijv. zware en lichte zeldzame aarden) terwijl andere materialen slechts voor enkele toepassingen worden gebruikt (bijv. cokeskool dat als reductiemiddel wordt gebruikt in de staalproductie).

Bij herverdeling wordt ervan uitgegaan dat 80% van de metalen in het eindproduct terechtkomt om problemen van dubbeltelling te vermijden (bijv. materialen die zowel in batterijen als mobiele telefoons aanwezig zouden zijn). Slechts 20% wordt toegewezen aan HS-productgroepen die veelal gedefinieerd kunnen worden als halffabricaten. De rationale achter deze toekenning van materialen is dat deze productgroepen een gering aantal producten kunnen bevatten die voor eindgebruik zijn aangemerkt.

Op basis van handelsstromen uit de BACI-database en EXIOBASE kan vervolgens de jaarlijkse stroom naar Nederland van metalen uit 42 landen worden geschat. De stroom vanuit Nederland kan buiten beschouwing gelaten worden, aangezien de focus van de indicatoren meer op het aanbodrisico ligt dan op kansen. Dit is de enige keer dat de COMTRADE/BACI-gegevens worden gebruikt ten behoeve van de op de EU gerichte COMEXT, aangezien COMTRADE/BACI geacht wordt een betere wereldwijde dekking te hebben.

De jaarlijkse stroom van een specifiek materiaal naar Nederland (import) van de wereldwijde MFA (stap 1 t/m 4) kan gerelateerd worden aan volumes van geïdentificeerd productgroepen die het betreffende materiaal bevatten. Dit resulteert in een kenmerkend aandeel van gram/ton.

Onderstaand schema geeft de stappen weer om het kenmerkende aandeel te berekenen.



Figuur: Illustratief schema met de schatting van een kenmerkend aandeel per productgroep van een materiaal op basis van een wereldwijde MFA

Deze methodologie levert uiteraard ruwe resultaten op van het kenmerkende aandeel van grondstoffen/materialen in eindproducten. Eerste validatie van de schattingen vond plaats door middel van de volgende stappen:

- Er werden steekproeven genomen (drie per belangrijkste toepassingen, gebruikmakend van bronnen als elders beschreven) voor een gedetailleerde beschrijving teneinde de nauwkeurigheid van de koppelmatrix te beoordelen.
- De jaarlijkse productie van grondstoffen werd effectief gebruikt als wereldwijde beperking op materiaalgebruik.
- Gegevens werden gecorrigeerd voor binnenlandse verticale integratie (met name China).
- Het recyclingpercentages zijn buiten beschouwing gelaten.
- Diepgaande analyse en vergelijking van de schattingen van het kenmerkende aandeel met de SimaPro/EcoInvent-database.

De methode om het kenmerkende aandeel te bepalen is intercollegiaal getoetst door andere Europese onderzoekscentra die toonaangevend zijn op het gebied van onderzoek naar kritische grondstoffen³¹.

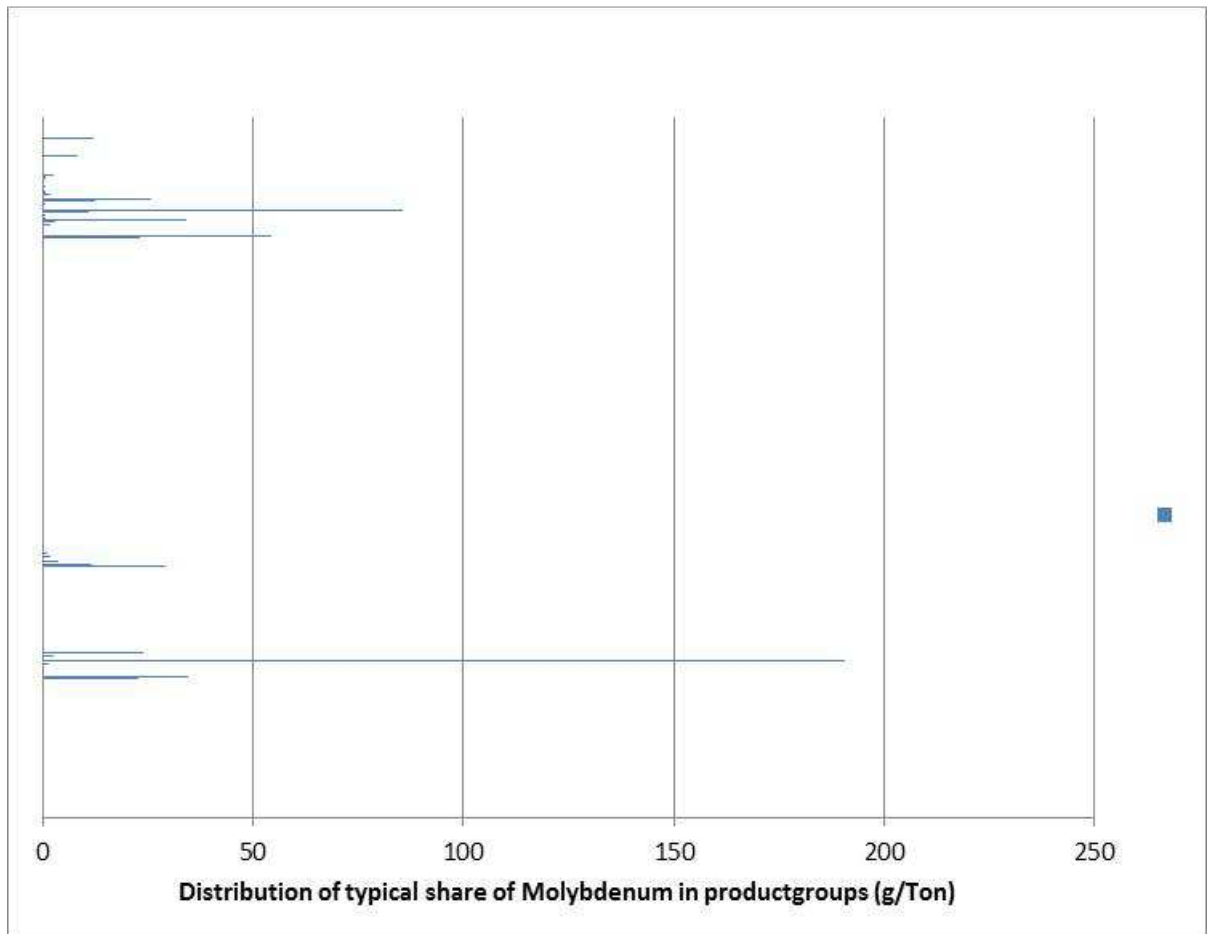
Het resultaat laat een grote overeenkomst zien tussen de bottom-up gegevens van EcoInvent en de top-down verkregen kenmerkende aandelen (zie bijlage E). Hoewel er gevallen zijn waar een uitstekende overeenkomst wordt verkregen (bijv. de hoeveelheid chroom in gelaste stalen buizen en zilver in katalysatoren), zijn er ook gevallen waar de top-down analyse een te hoge raming lijkt te laten zien van het materiaalniveau in vergelijking met de EcoInvent-database. Over het algemeen kan gesteld worden dat de top-down benadering een bevredigend resultaat oplevert. De resultaten van de koppelmatrix en de berekening van het kenmerkende aandeel zijn nog steeds in hoge mate afhankelijk van de productgroepclassificatie. Een totaal van meer dan 5000 productgroepen lijkt zeer gedetailleerd, maar levert nog steeds ruwe resultaten op. Daarnaast is het onduidelijk hoe in officiële statistieken wordt vastgesteld welk individueel product is ingedeeld bij een productgroep.

De drie stappen zoals beschreven in paragraaf 3.2 zijn zeker niet volledig. Van de meer dan 5000 productgroepen in het geharmoniseerde systeem hebben we productgroepen geselecteerd waarover grote zekerheid bestaat dat deze de onderzochte grondstoffen bevatten. Het zou goed kunnen dat er nog honderden aanvullende productgroepen zijn die een of meer van de 22 voor dit onderzoek geselecteerde grondstoffen bevatten. Om praktische redenen laten we deze verdachte productgroepen voor dit moment buiten beschouwing. Het zou kunnen dat in de nabije toekomst bronnen aantonen dat een aantal van deze verdachte productgroepen toch onderdeel van de koppelmatrix moeten worden. Wanneer het zescijferige HS nog niet gedetailleerd genoeg is, kan het totale aantal productgroepen met betrekking tot de 22 geselecteerde grondstoffen uitkomen op meer dan 1500. In dat geval worden nauwkeurige onderzoeksresultaten

³¹ TNO heeft in 2012 en 2013 samengewerkt met (onder andere) Fraunhofer ISI, SP (Zweden), SINTEF (Noorwegen), CEA (Frankrijk) en Tecnalia (Spanje) in het Value From Waste-project; de in dit onderzoek voorgestelde en toegepaste methodologie is aan deze partners voorgelegd en werd door hen kritisch bekeken.

gefrustreerd door de simpele waarheid dat wanneer alles relevant is, er geen relevante conclusies getrokken kunnen worden.

Een resultaat van de distributie van kenmerkende aandelen van molybdeen is weergegeven in onderstaande figuur:



Figuur: Illustratieve distributie van kenmerkende aandelen van molybdeen over productgroepen.

Omgaan met activerend gebruik

Met betrekking tot activerend of dissipatief gebruik worden er drie uitzonderingen gemaakt bij het bepalen van de toegevoegde waarde alsmede banen met betrekking tot een specifiek materiaal. Dit betekent in essentie dat we een aantal van de waardeketenrelaties in onze beoordeling meenemen, relaties die we doelbewust in alle andere gevallen buiten beschouwing hebben gelaten om complexe intersectorale effecten te vermijden.³²

³² Deze effecten zouden in de toekomst kunnen worden geëvalueerd met CGE-instrumenten, maar dit valt buiten de reikwijdte van dit onderzoek.

- Cokeskool: aangezien dit materiaal duidelijk verbonden is met de sector 'productie van basismaterialen', kennen we 75% van de banen en de toegevoegde waarde van die sector toe aan cokeskool.
- Fosforiet: aangezien dit materiaal duidelijk verbonden is met 'landbouw, bosbouw en visserij', kennen we 75% van de banen en de toegevoegde waarde van die sector toe aan fosforiet.
- Platinagroepmetalen: aangezien dit materiaal duidelijk verbonden is met de sector 'productie van cokeskool en geraffineerde aardolieproducten', kennen we 10% van de banen en de toegevoegde waarde van die sector toe aan platinagroepmetalen.

D Voorbeeld van EcolInvent-validatie

EcolInvent-product	Materiaal	EcolInvent		Kenmerkend aandeel, gebaseerd op MFA TNO		Afwijking (resultaat TNO MFA als aandeel van EcolInvent)
Aluminiumframe, bouwmetaal	Molybdeen	0,002839863	kg	0,002617266	kg	109%
Aluminiumframe, bouwmetaal	Kobalt	0,000004754	kg	0,000338055	kg	1%
Aluminiumframe, bouwmetaal	Tin	0,000953747	kg	0,002231873	kg	43%
Aluminiumframe, bouwmetaal	Silicium	0,000000000		0,000008700	kg	0%
Aluminiumframe, bouwmetaal	Vanadium	0,000000000		0,000000034	kg	0%
Zinkpoeder/-afval	Indium	871,921040154	ng	0,000000000	ng	
Zinkpoeder/-afval	Zink	3,630433727	mg	10,653000000	mg	34%
Katalysator (platina)	Platina	15,404312397	g	48,700000000	g	32%
Katalysator (platina)	Cerium	50,440318633	mg	22,307000000	mg	226%
Katalysator (platina)	Palladium	7,737452267	g	48,700000000	g	16%
Katalysator (platina)	Yttrium	0,000000000		0,000000009	kg	0%
Katalysator (platina)	Zilver	46,482466652	mg	34,800000000	mg	134%
Glas voor lenzen	Fluoriet	37,949193000	mg	101,580000000	mg	37%
Glas voor lenzen	Silicium	0,000000000		0,000000006	kg	0%
Katalysator (geen platina)	Cerium	12,607812000	mg	6,170200000	mg	204%
Gelaste stalen buis	Chroom	244,281340000	g	265,358428845	g	92%
Gelaste stalen buis	Kobalt	54,179850000	µg	165,500000000	µg	33%
Converter elektrische auto	Beryllium	0,000000000		0,000000013	kg	0%
Converter elektrische auto	Vanadium	0,000000000		0,000000223	kg	0%
Nylon	Antimoon	0,000000000		0,000001172	kg	0%
LED	Lithium	9,632494100	mg	59,700000000	mg	16%
LED	Cerium	4,674321000	mg	104,367865567	mg	4%
Verf	TiO2	445,978659000	g	164,939753067	g	270%
PMMA	Zink	1,608447692	mg	61,870568193	mg	3%
Aminohars	TiO2	82,990439400	mg	245,000000000	mg	34%

E Gegevensfiches per materiaal en volledige Koppelmatrix

De gegevensfiches, waarin gedetailleerde gegevens per materiaal worden samengevat, worden afzonderlijk gerapporteerd, evenals een volledige weergave van de koppelmatrix.