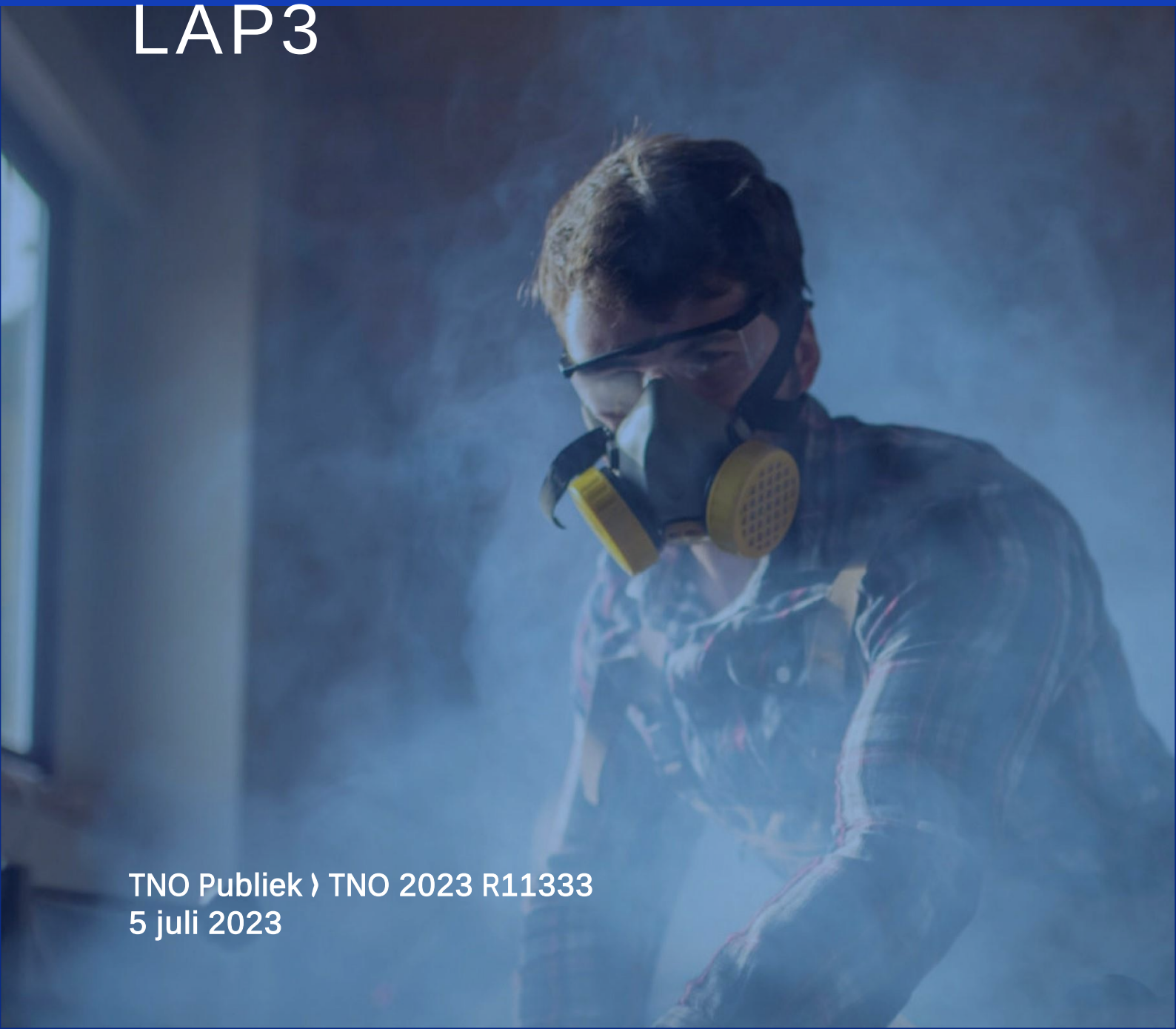


Terugwinpotentieel secundaire kritieke grondstoffen op basis van sectorplannen in het LAP3



TNO 2023 R11333 – 5 juli 2023

Terugwinpotentieel secundaire kritieke grondstoffen op basis van sectorplannen in het LAP3

Auteurs	E. (Elmer) Rietveld, A.G.T.M. (Ton) Bastein TNO T. (Thijs) van de Winckel UMS A. (Arnout) Sabbe, K. (Kozmo) Meister TUD
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	TNO Publiek
Rapporttekst	TNO Intern
Bijlagen	ja
Aantal pagina's	139 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	5
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat Rijkswaterstaat
Projectnaam	Inventarisatie kritieke materialen
Projectnummer	060.53726

Alle rechten voorbehouden

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

© 2024 TNO

Samenvatting

Er wordt op dit moment gewerkt aan een overgang van het huidige Landelijk Afvalbeheer Plan (LAP3) naar een Circulair Materialenplan (CMP). Behalve dat Europese regelgeving vereist dat in een dergelijk plan ook aandacht is voor kritieke grondstoffen, is het ook van wezenlijk belang om kritieke (secundaire) grondstoffen in afval te begrijpen als het gaat om een circulaire economie en het tegengaan van onnodig waardeverlies.

De minimumstandaarden in het LAP3 (en het toekomstige CMP) geven aan wat de praktijk als een minimale hoogwaardigheid van de verwerking van afvalstof zou moeten hanteren. De standaarden zijn bedoeld om te voorkomen dat afvalstoffen op een laagwaardiger wijze worden verwerkt dan wenselijk is. Bij het vaststellen van de minimumstandaarden zijn de volgende aspecten in beschouwing genomen: milieueffecten, kosten, haalbaarheid, uitvoerbaarheid, consequenties voor grensoverschrijdend transport van afvalstoffen, de hanteerbaarheid en effectiviteit bij vergunningverlening en de stimulans die uitgaat voor de afvalverwerkingssector tot het verhogen van het milieurendement van de verwerking en de ontwikkeling van nieuwe technieken voor verwerking. Dit betekent dat de minimumstandaard de maatstok is waarmee IenW recycling op Nederlandse bodem kan beïnvloeden.

Een koppeling van kritieke grondstoffen aan afvalstromen laat diverse verbindingen zien die wijzen op potentie voor recycling. Deze potentie volgt uit de (significante) aanwezigheid van grondstoffen in afvalstromen die in Nederland vrijkomen. Sectorplannen 12, 13, 27, 51 en 71 blijken de meest kansrijke sectorplannen te zijn voor recycling met oog op het mogelijk terugwinnen van kritieke secundaire grondstoffen.

Wereldwijd is het terugwinnen van kritieke grondstoffen duidelijk verder ontwikkeld dan in Nederland. Het verschil tussen (relatief schoon) industrieel schroot en post-consumptie schroot, en de aanwezigheid van specifieke industrie, speelt hierbij een belangrijke rol.

Naast sectorplannen zijn er nog groepen productgroepen met een duidelijk recyclingpotentieel voor kritieke grondstoffen, waarvoor thans naar het “A.4, § A.4.2 van het beleidskader” wordt verwezen. Bovendien zijn er enkele kansrijke productgroepen, zoals bepaalde medische apparaten, die helemaal buiten het LAP3 vallen (ook buiten hoofdstuk A.4).

Scope recycling	Metalen
Industrieel schroot en post-consumptie afval	Antimoon (loodaccu), Kobalt (batterijen en legeringen), Lithium (batterijen), Magnesium (basismetaleel), PGM (autokatalysatoren), Silicium, Tantaal (vliegtuigonderdelen en condensatoren), Titanium (legeringen), Vanadium, Wolfram (oud en nieuw schroot van ferrowolfram), Lichte ZAM
Alleen industrieel schroot	Beryllium, Gallium, Germanium, Indium
Geen commerciële recycling activiteiten bekend	Bismut, Hafnium, Niobium, Strontium, Zware ZAM

Voor de dikgedrukte metalen geldt dat industriële schroot in Nederland aanwezig kan zijn, gegeven de aanwezigheid van industriële bedrijven. Dit betekent dat voor deze metalen nog potentie aanwezig is voor terugwinning. Industrieel schroot met terugwinpotentie bevindt zich doorgaans in afvalstromen die vallen onder sectorplan 12. Voor terugwinpotentie uit post-consumptie afval geldt dat deze ook kunnen vallen onder sectorplan 13. De sectorplannen 27, 51 en 71 worden nauwelijks genoemd in de literatuur. Dit betekent dat de aanwezigheid van kritieke metalen in shredderafval, autowrakken en Afval van Elektronica en Elektrisch Afval (AEEA) wel op potentie duidt, maar dat die potentie in de huidige recyclingpraktijken nog nauwelijks door academische bronnen wordt beschreven.

Een belangrijke conclusie luidt dat de inherente onzekerheid wordt gecreëerd door het gebruik van EURAL-afvalcodes. Naast onzekerheden in de data is er de heterogeniteit van die groepen die conclusies over terugwinpotentieel onzeker maken.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Inhoudsopgave	5
1 Achtergrond en doel van het onderzoek: kritieke grondstoffen in afvalstromen.....	6
1.1 Waarde van bepalen recyclingpotentieel van afvalstromen binnen LAP3	6
1.2 Onderzoeksvraag en doel project	6
1.3 Van materialen in de Nederlandse economie naar recyclingpotentie kritieke secundaire grondstoffen	7
2 Relatie kritieke grondstoffen-productgroepen-afvalstromen	10
2.1 Wat zijn kritieke grondstoffen.....	10
2.2 Welke kritieke grondstoffen zitten in welke EURAL-code.....	11
2.3 Conclusies.....	16
3 Afvalcategorieën in het Landelijk AfvalbeheerPlan 3.....	17
3.1 Het LAP3 en CMP	17
3.1.1 LAP3 anno 2017	17
3.1.2 De rol van minimumstandaarden in LAP3	18
3.1.3 Op weg naar een CMP.....	19
3.2 Kansrijke sectorplannen voor kritieke grondstoffen	19
3.3 Conclusies.....	26
4 Potentieel in periode 2022-2030	27
4.1 Potentie sectorplannen	27
4.1.1 Sectorplan 12 Metaalafval.....	27
4.1.2 Sectorplan 13 Batterijen en accu's.....	29
4.1.3 Sectorplan 27 Shredderafval.....	31
4.1.4 Sectorplan 51 Wrakken van auto's en tweewielige motorvoertuigen.....	32
4.1.5 Sectorplan 71 Afgedankte Elektrische en Elektronische Apparatuur (AEEA).....	32
4.2 Europese en wereldwijde recycling	34
4.2.1 Antimoon.....	35
4.2.2 Beryllium	35
4.2.3 Bismut	36
4.2.4 Gallium	36
4.2.5 Germanium	36
4.2.6 Hafnium	37
4.2.7 Indium.....	37
4.2.8 Kobalt	38
4.2.9 Lithium	39
4.2.10 Magnesium.....	40
4.2.11 Niobium.....	40
4.2.12 PGM	41
4.2.13 Silicium	42
4.2.14 Strontium.....	42
4.2.15 Tantaal	42
4.2.16 Titanium.....	43
4.2.17 Vanadium	43
4.2.18 Wolfram	43

4.2.19	LZAM en ZZAM	44
4.3	Generieke en specifieke potentie door betere verwerking: een analyse door GeoFluxus	45
4.3.1	Sectorplan 12 metalen	46
4.3.2	Sectorplan 13 Batterijen en accu's	49
4.3.3	Sectorplan 27 Shredderafval	52
4.3.4	Sectorplan 51 Wrakken van auto's	55
4.3.5	Sectorplan 71 Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	58
4.4	Specifieke potentie door betere voorbehandeling	60
4.5	Conclusies terugwinpotentieel	63
5	Aanbevelingen	65
5.1	Inhoudelijke aanbevelingen	65
5.2	Generieke aanbevelingen	67
	Referenties	68

Bijlagen		
Bijlage A:	Verbinding EURAL-codes met alle sectorplannen	73
Bijlage B:	Alternatieve vormgeving tabel 2.2 en 3.1	77
Bijlage C:	Lijst batterij recycling activiteiten wereldwijd	80
Bijlage D:	Verbeterpotentieel sectorplannen hoogwaardige verwerkingsmethodes	83
Bijlage E:	Koppeling 4-digit productgroepen (geharmoniseerd systeem) en kritieke grondstoffen	86

1 Achtergrond en doel van het onderzoek: kritieke grondstoffen in afvalstromen

1.1 Waarde van bepalen recyclingpotentieel van afvalstromen binnen LAP3

Er wordt op dit moment gewerkt aan een overgang van het huidige Landelijk Afvalbeheer Plan (LAP3) naar een Circulair MaterialenPlan (CMP). Behalve dat Europese regelgeving vereist dat in een dergelijk plan ook aandacht is voor kritieke grondstoffen, is het ook van wezenlijk belang om te begrijpen of en hoe kritieke grondstoffen in afval een rol zouden kunnen spelen als secundaire grondstoffen en daarmee bij kunnen dragen aan een meer circulaire economie en aan het tegengaan van onnodig waardeverlies.

Inzicht in de relatie tussen producten en afval is niet vanzelfsprekend. We bedoelen dan de relatie tussen de instroom van goederen (en hun materialen) naar de gebruiksfase enerzijds en de samenstelling van de uitstroom aan het einde van de gebruikscyclus anderzijds. Vaak is de materiaalcompositie van producten goeddeels een onbekende, waardoor er weinig zicht ontstaat op de beschikbaarheid van recyclingpotentieel in de afvalfase. Daarmee is dus het zicht vertroebeld op de mogelijke verwerkingsmogelijkheden. Deze studie poogt licht te werpen op de recyclingpotentie op basis van meer zicht op de verbinding tussen finaal product en het einde van de gebruikscyclus.

1.2 Onderzoeksvraag en doel project

De onderzoeksvraag van dit rapport luidt hoe kritieke grondstoffen deel uitmaken van ter verwerking aangeboden producten, geassocieerd in LAP3 sectorplannen en hoe dit inzicht kan leiden tot betere recyclingactiviteiten gericht op deze kritieke grondstoffen.

Daarmee is het doel van deze studie om het recyclingpotentieel van verschillende afvalstromen in te kunnen schatten, zodat de discussie kan starten hoe minimumstandaarden op basis van deze inschattingen kunnen worden bijgesteld.

Bij de ontwikkeling van een Circulair Materialenplan (CMP) als opvolger van het huidige Landelijk Afvalbeheerplan (LAP) zal, meer dan nu het geval is, aandacht uitgaan naar de aanwezigheid en mogelijke terugwinbaarheid van kritieke grondstoffen in de landelijke

afvalstroom. Deze studie beoogt dus een beeld te genereren van het belang van kritieke grondstoffen voor de Nederlandse samenleving in relatie tot de afvalcategorieën/sectorplannen die benoemd zijn in LAP3.

De relatie tussen de Nederlandse maakindustrie en het aanbod van secundair materiaal wordt impliciet verkend. Voor enkele in Nederland gevestigde bedrijven geldt dat de aanwezigheid van kwalitatief toereikend recycalaat een strategisch onderdeel is van hun inkoop. De beschikbare informatie over materiaalstromen is echter niet toereikend om hier een onderbouwd beeld te geven van herkomst en bestemming van materiaal. De enige analytische maatstaf is de kwaliteit/zuiverheid van het recycalaat en de verwachting dat als de kwaliteit afdoende is, een verwerkte stroom van waarde kan zijn voor de Nederlandse maakindustrie. Overigens is het wel zo dat een groot deel van de beschikbare producten op de wereldmarkt worden geconsumeerd in Nederland na import, wat betekent dat deze dus ook in het Nederlandse afval terecht kunnen komen. In die zin zijn alle producten van belang voor de Nederlandse recyclingindustrie.

Daarmee leidt dit onderzoek tot twee resultaten:

-) een overzicht van die sectorplannen uit LAP3 waarin kritieke grondstoffen kunnen voorkomen;
-) een overzicht van de stand van zaken m.b.t. terugwinning van kritieke secundaire grondstoffen uit deze afvalstromen en van mogelijke ontwikkelingen in de recycling van kritieke grondstoffen.

1.3 Van materialen in de Nederlandse economie naar recyclingpotentie kritieke secundaire grondstoffen

De basis voor de verbinding tussen kritieke grondstoffen en productgroepen (c.q. aangeboden producten aan het einde van de gebruikscyclus) is gelegd in het TNO-onderzoek naar Materialen in de Nederlandse Economie (MIDNE) uit 2015 (Bastein et al. 2015). Dit onderzoek heeft een expliciet verband gemaakt tussen 64 grondstoffen (waaronder vrijwel alle grondstoffen die door de EC als kritiek worden aangeduid) en de duizenden productgroepen die wereldwijd worden gebruikt om import- en exportstromen te definiëren. Het verband tussen productgroepen en afvalstromen wordt in dit onderzoek voor het eerst verkend via een nieuw gemaakte analyse.

Om een beeld te genereren van zowel de directe als indirecte afhankelijkheid van de economie van grondstoffen, moet het verband bekend zijn tussen grondstoffen en de toepassing in bewerkte materialen, halffabricaten en eindproducten². Om dit verband te kunnen leggen, tussen grondstoffen enerzijds en de mate van toepassing in producten/bedrijfstakken anderzijds, heeft TNO een model ontwikkeld dat beschreven en gebruikt is in het MIDNE-rapport. De individuele toetsing van de toepassing van grondstoffen in producten is gezien de enorme complexiteit van handelsstromen en producten uitdagend. De methode die werd ontwikkeld (en hier wordt ingezet voor een verbinding met LAP3-sectorplannen) wijst grondstoffen toe aan de meer dan 5000 productgroepen van het

² Strikt genomen komen secundaire grondstoffen de economie binnen als bewerkt materiaal en nooit meer als grondstof.

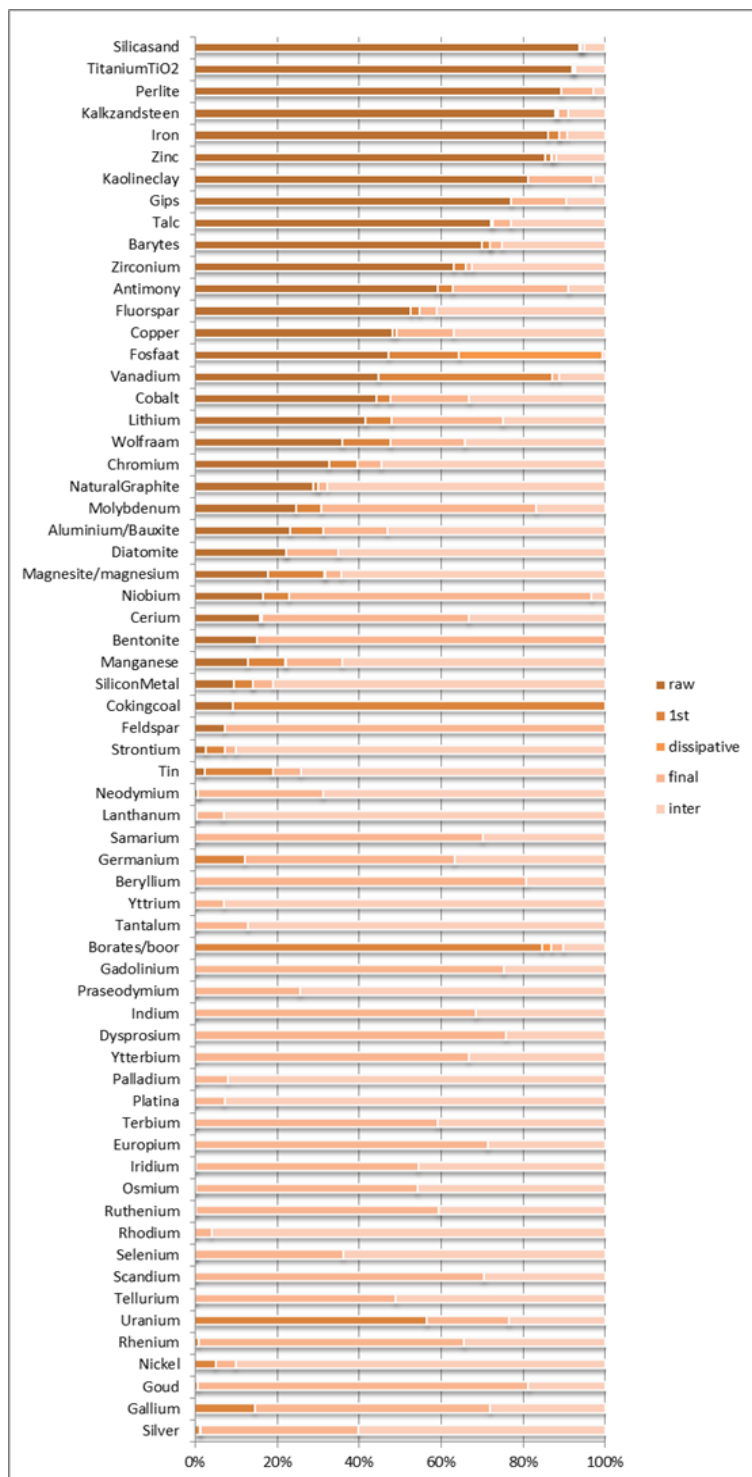
geharmoniseerde systeem² en verbindt vervolgens deze producten aan economische sectoren (de koppelmatrix).

Op basis van de analyse kan een grof beeld worden verkregen van het zogenaamde kenmerkend aandeel ('typical share') van een grondstof in een halffabricaat of eindproduct. Zo'n aandeel wordt uitgedrukt in "kg kritiek metaal per ton productgroep". Voor sommige metalen is dit aandeel zeer klein (bijvoorbeeld 0,0001 gram per ton), maar voor bijvoorbeeld staal, koper en aluminium kan dit aandeel aanzienlijk zijn (tientallen of honderden kilogrammen per ton). Voor kenmerkende of voor onze industrie belangrijke producten zijn deze grondstofaandelen in meer detail gegeven op basis van databases als EcoInvent.

Een kenmerkend resultaat van een dergelijke analyse (op het niveau van heel Nederland) is weergegeven in Figuur 1.1. Voor een groot aantal grondstoffen is weergegeven in welke vorm zij geïmporteerd worden: als grondstof ("raw"), bewerkt materiaal ("1st"), halffabricaat ("inter") of finaal product. De categorie "dissipative" is een kleine categorie en beschrijft gebruik waarbij een kritieke grondstof zodanig wordt verdund dat terugwinning praktisch gezien niet meer mogelijk is.

De verbinding naar productgroepen die in aanmerking komen voor recycling is net zo goed mogelijk. In de huidige studie worden aldus de inzichten van MIDNE vertaald naar de fase aan het einde van de levensduur, waardoor recyclingpotentieel kan worden ingeschat

² Mede op basis van productdatabases, Life Cycle Analysis databases, inzicht in wereldwijde statistieken m.b.t. applicaties en globale productiehoeveelheden.



Figuur 1.1: De fase waarin een productgroep die kritieke materialen bevat wordt geïmporteerd. Het figuur toont dat dit vaker als halffabricaat of eindproduct is dan grondstof.

2 Relatie kritieke grondstoffen-productgroepen-afvalstromen

2.1 Wat zijn kritieke grondstoffen

De groei van de wereldbevolking en de toenemende welvaart van die wereldbevolking gaan hand in hand met een sterk toenemende behoefte aan een breed scala aan grondstoffen. Die behoefte vertaalt zich in ontwikkelde economieën in een vraag naar specifieke grondstoffen, die kritiek worden geacht in het mogelijk maken van een welvarende levensstijl.

De Europese Commissie benadert kritieke grondstoffen als metalen en mineralen van significante economische waarde en waarvoor een verlaagde leveringszekerheid bestaat omdat de EU in hoge mate afhankelijk is van niet-EU landen (Europese Commissie 2020). In gewicht zijn kritieke grondstoffen vaak relatief klein in vergelijking met fossiele grondstoffen, maar voor hun functie zijn ze essentieel. Voorbeelden van die kritieke grondstoffen (“critical raw materials”) zijn kobalt, zeldzame aarde metalen, platina groep metalen, wolfram, indium etc. De absolute volumes die van deze metalen worden gebruikt in de wereldeconomie liggen dus veel lager dan de zogenaamde “major metals” zoals ijzer/staal, koper, aluminium en zink. De kritieke grondstoffen zijn echter als “vitaminen in een lichaam”: kleine hoeveelheden (wereldwijd orde grootte 1 tot 100 Kton op jaarbasis) die echter onmisbaar zijn in elektronica, voertuigen, lucht- en ruimtevaart, digitalisering en machinerie.

Mede als gevolg van de recent veranderende geopolitieke verhoudingen neemt de vanzelfsprekende leveringszekerheid van kritieke grondstoffen voor economieën die netto-importeur zijn van grondstoffen af. Het uitbreken van de COVID-pandemie en de Russische invasie van Oekraïne hebben een nieuw licht geworpen op de kwetsbaarheid van moderne toeleveringsketens. Deze twee crises hebben de verschillende uitdagingen rond de voorzieningszekerheid meer dan ooit onder de aandacht gebracht. De COVID-pandemie heeft geleid tot bezorgdheid over het vermogen van markten om vraag en aanbod in evenwicht te brengen. Deze zorgen verdwenen echter in de loop van de tijd, aangezien het aanbod werd aangepast om aan de vraag te voldoen, zij het met vertraging en tegen een prijs. De Russische invasie van Oekraïne heeft een nieuw soort impact op de schijnbaar herstellende wereldwijde toeleveringsketens: geopolitiek machtsspel, in een mate die sinds het olie-embargo van 1973 niet meer is voorgekomen. Het legt een extra druk op een mondiaal economisch systeem dat nog niet hersteld is van de schokken opgelopen tijdens de COVID-pandemie. Bovendien dook er een fundamentele dreiging op die maar weinigen zo duidelijk en urgent hadden verwacht: de mogelijkheid dat mondiale politieke beslissingen de (morele) legitimiteit van leveringsketen-transacties zouden kunnen belemmeren.

De essentiële rol van grondstoffen en fysieke materialen in een concurrerende kenniseconomie en het risico dat gepaard gaat met verminderde beschikbaarheid daarvan, worden steeds meer erkend. Om een robuust beleid te definiëren dat gericht is op het verminderen van dergelijke risico's, is een praktisch en alomvattend begrip van kritikaliteitsbeoordeling essentieel. Uitgaande van de vierde EU-lijst van kritieke grondstoffen, gedefinieerd in het actieplan kritieke grondstoffen, somt Tabel 1 de grondstoffen op die binnen de scope van deze studie zullen vallen.

Tabel 2.1: Kritieke grondstoffen op de EU-lijst in scope van deze studie (Europese Commissie 2020)

Vierde lijst van kritieke grondstoffen van de EU (2020)		
Antimoon	Hafnium	Silicium
Beryllium	Zware Zeldzame Aarde Metalen (terbium, dysprosium, yttrium etc.)	Tantaal
Bismut	Lichte Zeldzame Aarde Metalen (neodymium, gadolinium, europium, praseodymium, samarium etc.)	Wolfraam
Kobalt	Indium	Vanadium
Gallium	Magnesium	Lithium
Germanium	Niobium	Titanium
	Platinum Group Metalen	Strontium

Een aantal grondstoffen, die wel op de EU kritieke grondstoffenlijst staat, valt buiten de scope van deze studie. Ten eerste zijn er enkele kritieke grondstoffen in de categorie mineralen of biotisch materialen in de EU-kritikaliteitsstudie. Dit zijn fluorspar, bariet, natuurlijk grafiet, bauxiet, natuurlijk rubber, boraten, fosfaaterts en cokes. Deze mineralen kunnen per definitie niet in deze vorm worden teruggewonnen uit recycling en worden daarom niet behandeld. Het is mogelijk om grafiet (“zwarte massa” in batterijen) en rubber te recyclen, maar dan zullen deze secundaire grondstoffen per definitie niet de technische eigenschappen hebben die de oorspronkelijk geëxtraheerde grondstoffen hadden.

Daarnaast worden enkele geraffineerde metalen niet behandeld omdat hun gebruik in producten op de Nederlandse markt zeer klein en zeer verdund is. Dit geldt voor scandium, holmium, thulium, lutetium en promethium. Deze metalen hebben om die reden in principe een zeer klein recyclingpotentieel in de komende jaren. In specifieke producten kan er voor deze metalen wel productiepotentieel optreden (bijvoorbeeld voor scandium in bepaalde legeringen), maar deze potentie is sterk verbonden met nog te realiseren innovatie.

2.2 Welke kritieke grondstoffen zitten in welke EURAL-code

In deze paragraaf geven we voor geselecteerde afvalstromen en EURAL-codes aan welke kritieke grondstoffen in de genoemde EURAL-afvalstromen terecht kunnen komen.

In **Error! Reference source not found.** is de aanwezigheid van de verschillende combinaties van een kritiek materiaal en EURAL afval code aangegeven. Dit is gedaan door de kwalitatieve aanduiding “significant” (S), “beperkt aanwezig” (A) en “niet relevant” (I). Omdat een EURAL-code som veel producten kunnen omvatten is in deze ‘verbindingstabel’ aangegeven

welke producten in de EURAL-stromen voorkomen. De ‘kruispunten’ geven de verbinding van 1 materiaal aan 1 afvalgroep weer. Per kruispunt is aangegeven of een kritiek materiaal in secundaire vorm van belang is voor de voor de Nederlandse maakindustrie. De aanduiding “niet relevant” (I) betreft een situatie waarin een recycelaat met dit kritiek materiaal niet van belang is voor de Nederlandse maakindustrie

Tabel 2.2: Verbinding kritieke grondstoffen aan EURAL-codes

Omschrijving EURAL afvalstroom	EURAL-code	Sb	Be	Bi	Ga	Ge	Ha	In	Co	Li	Ma	PGM ³	Si	Sr	Ta	Ti	Va	W	LZA M ⁴	ZZA M
Metaalafval	020110		I	I					A	A		A	A	I		S	I	S	I	I
Walshuid	100210								A			A	A			A	I	A	I	I
Ferrometaalvijsel en -krullen	120101											A	A			A	I	A	I	I
Ferrometaalstof en -deeltjes	120102											A	A			A	I	A	I	I
Non-ferrometaalvijsel en -krullen	120103								A	A	A	A	A	I		A	I	A	I	I
Non-ferrometaalstof en -deeltjes	120104		I						A	A	A	A	A	I		A	I	A	I	I
Lasafval	120113													I		A				
Metalen verpakkingen	150104										A	A	S			A	I	A	I	I
Ferrometalen	160117											A	A			A	I	S	I	I
Non-Ferrometalen	160118	A	I	I	A	A		I	A	A	A	A	A	I		S	I	S	I	I
Bouw en sloop: Koper, brons en messing	170401												A							
Bouw en sloop: Aluminium	170402										A									
Bouw en sloop: Lood	170403																			
Bouw en sloop: Zink	170404																			
Bouw en sloop: IJzer en staal	170405																			

³ PGM staat voor platinagroepmetalen en omvat naast platina ook palladium, rhodium, osmium en ruthenium

⁴ LZAM staat voor Lichte Zeldzame Aardmetalen: dit zijn cerium, lanthanum, praseodymium, neodymium, promethium, europium, gadolinium en samarium; ZZAM staat voor Zware Zeldzame Aardmetalen: dit zijn dysprosium, yttrium, terbium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, yttrium en lutetium.

Omschrijving EURAL afvalstroom	EURAL-code	Sb	Be	Bi	Ga	Ge	Ha	In	Co	Li	Ma	PGM ³	Si	Sr	Ta	Ti	Va	W	LZA M ^d	ZZA M
Bouw en sloop: Tin	170406																			
Bouw en sloop: Gemengde metalen	170407								A	A		A	A	I		A	I	A	I	I
Bouw en sloop: Metaalafval dat met gevaarlijke stoffen is verontreinigd	170409	A							A	A		A	A	I		A	I	A	I	I
Uit bodemas verwijderde ferromaterialen	190102												A	I		A	I	A		
Niet elders genoemd afval uit afvalinstallaties	190199																			
Olie regeneratie ijzer- en staalafval	191001												I			I	I	I		
Olie regeneratie Non-Ferroafval	191002												I			I				
Niet elders genoemde mechanische afvalverwerking Ferro	191202												A			A	I	A	I	I
Niet elders genoemde mechanische afvalverwerking Non-Ferro	191203				I	I		I	A	A	A	A	A	I	A	A	I	A	I	I
Huishoudelijk afval metalen	200140				I	A		I	A	A	A			I						
Wegwerpcamera's met onder 16 06 01, 16 06 02 of 16 06 03 vermelde batterijen	90111										A									
Niet onder 09 01 11 vallende wegwerpcamera's met batterijen	90112										A									
Uit afgedankte apparatuur verwijderde gevaarlijke onderdelen	160215			I																
Loodaccu's	160601			I																
NiCd-batterijen	160602																			

Omschrijving EURAL afvalstroom	EURAL-code	Sb	Be	Bi	Ga	Ge	Ha	In	Co	Li	Ma	PGM ³	Si	Sr	Ta	Ti	Va	W	LZA M ^d	ZZA M
Kwikhoudende batterijen	160603																			
Alkalibatterijen (exclusief 16 06 03)	160604									I										
Overige batterijen en accu's	160605								S	S	A			I			I			
Onder 16 06 01, 16 06 02 of 16 06 03 vermelde batterijen en accu's alsmede ongesorteerde mengsels van batterijen en accu's die dergelijke batterijen en accu's bevatten	200133								A	A	A			I			I			
Niet onder 20 01 33 vallende batterijen en accu's	200134	A							A	A	A			I			I			
Shredder: IJzer- en staalafval	191001												A	I		A	I	A		
Shredder: Non-ferroafval	191002	A	A	A	I	A			A	A			A	I	I	A	I	A	A	I
Shredder: Lichte fractie die en stof dat gevaarlijke stoffen bevat	191003																			
Shredder: Niet onder 19 10 03 vallende lichte fracties en stof	191004								A	A			A			A	I	A		
Shredder: Andere fracties die gevaarlijk stoffen bevatten	191005	A		A					A										A	I
Shredder: Andere, niet onder 19 10 05 vallende fracties	191006	A			I	A							A			A	I	A		
Afgedankte voertuigen	160104				I	A		A	A	A		A	A			A	I	A		
Afgedankte voertuigen die noch vloeistoffen, noch andere gevaarlijke onderdelen bevatten	160106				I	A		A	A	A		A	A			A	I	A		

Omschrijving EURAL afvalstroom	EURAL-code	Sb	Be	Bi	Ga	Ge	Ha	In	Co	Li	Ma	PGM ³	Si	Sr	Ta	Ti	Va	W	LZA M ^d	ZZA M
Afgedankte apparatuur die chloorfluorkoolwaterstoffen, HCFK's en/of HFK's bevat	160211																			
Afgedankte apparatuur die vrije asbestvezels bevat	160212	A																		
Niet onder 16 02 09 tot en met 16 02 12 vallende afgedankte apparatuur die gevaarlijke onderdelen (2) bevat	160213																			
Niet onder 16 02 09 tot en met 16 02 13 vallende afgedankte apparatuur	160214																			
Uit afgedankte apparatuur verwijderde gevaarlijke onderdelen	160215			I					A	A		A								
Niet onder 16 02 15 vallende uit afgedankte apparatuur verwijderde onderdelen	160216			I									A			A	A	A		
Afgedankte apparatuur die chloorfluorkoolwaterstoffen bevatten	200123																			
Niet onder 20 01 21 en 20 01 23 vallende afgedankte elektrische en elektronische apparatuur die gevaarlijke onderdelen (6) bevat	200135			I				A	A	A				I	A				A	I
Niet onder 20 01 21, 20 01 23 en 20 01 35 vallende afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	200136	A		I	I	A		A	A	A				I	A				A	I

Om een gevoel voor gekwantificeerde volumes te krijgen leunen we andermaal op de resultaten uit (Bastein & Rietveld 2015). De hoeveelheid productgroepen die jaarlijks is aangeschaft voor gebruik op Nederlands territorium is vanuit deze studie bekend via de eerder besproken “typical share”. De jaarlijkse totale invoer van kritieke grondstoffen is daarmee bekend. Dit geeft een absolute bovengrens voor de jaarlijks terug te winnen hoeveelheden kritiek materiaal⁵. Zie tabel 2.3 voor de hoeveelheden in metrische ton.

Tabel 2.3: Jaarlijkse hoeveelheid kritieke grondstoffen die voor gebruik op Nederlands territorium worden aangeschaft (in tonnen)

Antimoon	Beryllium	Kobalt	Indium	Lithium	Niobium	Silicium	Titanium	wolfraam	Vanadium	Gallium	Germanium	Magnesium	Nikkel	Strontium	Tantaal	Tellurium	Iridium	PGM	Lichte ZAM	Zware ZAM
14 099	2	7 238	4	6 364	8 038	51 766	95 353	8 208	2 354	4	5	21 327	29 297	10 135	6	4	1	3	568	20

2.3 Conclusies

Kritieke grondstoffen zijn van groot belang voor de moderne samenleving. De gebeurtenissen in de afgelopen jaren hebben duidelijk gemaakt dat recycling van kritieke grondstoffen een noodzakelijke circulaire strategie is, zelfs als dit pas op de lange termijn (>10 jaar) in voldoende mate zou kunnen plaatsvinden. Hoewel slechts een klein deel van behoefte naar kritieke grondstoffen door secundaire metalen kan worden ingevuld, is het toch belangrijk dat de recycling van kritieke grondstoffen in de belangstelling komt te staan.

De volgende kritieke grondstoffen, afkomstig van de kritieke grondstoffen lijst van de EU, worden verder onderzocht op eventuele potentie voor materiaalrecycling: antimoon, beryllium, bismut, gallium, germanium, hafnium, indium, kobalt, lichte zeldzame aarde metalen, lithium, magnesium, niobium, platina groep metalen (PGM), silicium, strontium, tantaal, titanium, wolfraam, vanadium, zware zeldzame aarde metalen.

De koppeling van kritieke grondstoffen aan afvalstromen laat zien waar zich een potentie voor recycling zou kunnen voordoen. Deze potentie is gebaseerd op de (significante) aanwezigheid van grondstoffen in afvalstromen die in Nederland vrijkomen.

⁵ Dit is een theoretische bovengrens omdat het voorbij gaat aan zaken als voorraadvorming in de “urban mine” en thermodynamische eigenschappen die het recyclingpotentieel fundamenteel bepalen. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op deze eigenschappen.

3 Afvalcategorieën in het Landelijk AfvalbeheerPlan 3

In dit hoofdstuk worden de eigenschappen en structuren van het Landelijk AfvalbeheerPlan 3 bekeken, zodat een basis kan worden gelegd om recyclingpotentie te duiden op basis van de huidige en toekomstige standaarden.

3.1 Het LAP3 en CMP

Er wordt op dit moment gewerkt aan een overgang van het huidige Landelijk Afvalbeheer Plan (LAP3) naar een Circulair Materialenplan (CMP). De achtergrond van het LAP3, de rol van minimumstandaarden en de overgang naar het CMP worden in deze paragraaf besproken.

3.1.1 LAP3 anno 2017

Op 28 december 2017 is het Landelijk AfvalbeheerPlan 3 (LAP3) in werking getreden. Dit LAP3 biedt het beleidskader voor afvalbeheer in Nederland. Overheden op verschillende niveaus dienen bij besluiten op het gebied van afvalbeheer – zoals het verlenen van vergunningen – rekening te houden met het LAP.

Het LAP3 bestaat uit een beleidskader en daarnaast 85 specifieke sectorplannen. Het beleidskader beschrijft de algemene doelstelling voor afvalbeleid en het beleid voor preventie of afvalbeheer. Onderwerpen in het beleidskader zijn typische afvalactiviteiten zoals inzamelen, verwerken, verbranden, storten en vervoeren. Daarnaast worden ook andere onderwerpen beschreven, zoals leidende principes op basis van een circulaire economie, de vraag wanneer afval ook afval is, monitoring, toezicht en vergunningverlening. De 85 sectorplannen (zie Annex A) in LAP3 werken het beleid uit het beleidskader uit voor verschillende afvalstromen. In verband met de omvangrijke tekst zijn deze sectorplannen opgenomen in een apart document. De sectorplannen zijn niet zomaar een aanvulling, maar een volwaardig onderdeel van het LAP en met een sterke doorwerking naar de uitvoeringspraktijk. Waar het LAP als hoofddocument 419 pagina's telt, zijn de gezamenlijke sectorplannen op 622 pagina's beschreven.

De kern van ieder sectorplan is de 'minimumstandaard'. Deze geeft aan hoe een afvalstof mag worden verwerkt. Dit zorgt ervoor dat afval niet laagwaardiger wordt behandeld dan mogelijk. Indien als de minimumstandaard bijvoorbeeld recycling wordt gehanteerd, mag dat afval niet worden verbrand. Per sectorplan wordt ten eerste de afbakening van het sectorplan gegeven. Daarna wordt het verwerkingsbeleid voor de betreffende afvalstromen beschreven in de cruciale minimumstandaard, waarover later meer. Daarna worden ook specifieke aandachtspunten voor grensoverschrijdend vervoer van afvalstoffen behandeld.

Het Landelijk Afvalstoffen Plan 3 is dus gebaseerd op het principe van een meer circulaire economie, waarbij er gestreefd wordt naar waardebehoud van gebruikte materialen in producten zonder onnodige afvalcreatie. Een tactisch beleidsdoel is om de vraag naar hulpstoffen en energie te minimaliseren.

Het begrip circulaire economie bouwt weer voort op de EU-afvalhiërarchie ofwel de aloude Ladder van Lansink. In die ladder heeft recycling de voorkeur boven energietoepassing, maar hebben hergebruik en preventie weer prioriteit boven recycling. Het landelijk afvalstoffenplan 2 (LAP2) was al zodanig ingeregeld dat bij twijfel over de volgorde van technieken in de afval hiërarchie, er een Levenscyclusassessment (LCA) uitgevoerd moest worden. De LCA wordt vooral ingezet om de minimumstandaard te onderbouwen. Het biedt een mogelijkheid om gemotiveerd toch iets anders te vergunnen dan op basis van de hiërarchie noodzakelijk zou moeten zijn. In LAP3 is deze benadering verder ontwikkeld. De bewijslast van een LCA heeft bijvoorbeeld betrekking op het gescheiden houden van categorieën van afvalstoffen en het uitvoeren van een LCA, om gemotiveerd van het LAP te kunnen afwijken. Overigens is er geen sprake van afwijken als op basis van een goede LCA toch iets anders wordt vergund dan de minimumstandaard.

3.1.2 De rol van minimumstandaarden in LAP3

De minimumstandaarden geven aan wat de praktijk als een minimale hoogwaardigheid van de verwerking van afvalstof zou moeten hanteren. De standaarden zijn bedoeld om te voorkomen dat afvalstoffen op een laagwaardiger wijze worden verwerkt dan wenselijk is. De standaarden vormen op die manier een referentieniveau bij de vergunningverlening voor afvalbeheer.

Het LAP3 zegt het volgende over de rol van minimum standaarden.

De minimumstandaard is dus een invulling van de afvalhiërarchie voor afzonderlijke (categorieën van) afvalstoffen en vormt op die manier een referentieniveau bij de vergunningverlening voor afvalverwerking. Vergunningen worden in principe alleen verleend als de aangevraagde activiteit minstens even hoogwaardig is als de minimumstandaard, dat wil zeggen als de activiteit een milieudruk veroorzaakt die gelijk is aan of minder is dan die van de minimumstandaard.

Bij het vaststellen van de minimumstandaarden zijn de volgende aspecten in beschouwing genomen: milieueffecten, kosten, haalbaarheid, uitvoerbaarheid, consequenties voor grensoverschrijdend transport van afvalstoffen, de hanteerbaarheid en effectiviteit bij vergunningverlening en de stimulans die uitgaat voor de afvalverwerkingssector tot het verhogen van het milieurendement van de verwerking en de ontwikkeling van nieuwe technieken voor verwerking

Dit betekent dat de minimumstandaard de maatstok is waarmee het ministerie IenW verwerking op Nederlandse bodem kan beïnvloeden. Voor import wordt ook de minimumstandaard gebruikt als toetsingskader. Echter, de minimumstandaard is geen direct toetsingskader bij export van afval. Daarvoor moet een stroom worden getoetst aan de artikelen 11 en 12 van de verordening. De kennis van verwerkingsmogelijkheden op basis van de minimumstandaarden wordt gebruikt bij het formuleren van paragraaf II van de sectorplannen, maar er is geen artikel van het LAP3 dat aangeeft dat export niet is toegestaan als het niet in lijn is met de minimumstandaard.

3.1.3 Op weg naar een CMP

Nederland kan een majeure stap maken in afvalbeleid met de adoptie van een Circulair MaterialenPlan (CMP), verwacht in 2025. Vervolgens wordt iedere vijf jaar een nieuw CMP verwacht. Deze serie beleidsstukken zal LAP3 opvolgen. Gegeven de verwachte doorlooptijd van dit nieuwe beleidsdocument is het raadzaam om de huidige minimum standaarden in het LAP3 als uitgangspunt te nemen voor acties op korte termijn.

Verbeteren van inzameling en recycling maakt onderdeel uit van de lopende beleidsinzet via het programma Van Afval Naar Grondstof (VANG). Een hogere kwaliteit van afvalstromen vraagt inzet op o.a. het scheidingsgedrag van mensen en bedrijven, de inzamelmethodiek en de scheidingstechniek. Dit kan gerealiseerd worden door een gezamenlijke inspanning van gemeenten, inzamelaars, sorteerders en verwerkers. Hiervoor biedt wet- en regelgeving, het CMP en VANG diverse mogelijkheden. De verwachting is dat via CMP-investeringen in bronscheiding/nascheiding en mechanische of chemische recycling verder worden ondersteund. In het CMP zal ook worden geleund op het aanscherpen van zogenaamde “Extended Producer Responsibility”.

Parallel hieraan is er ook een toenemende belangstelling voor het thema leveringszekerheid en kritieke grondstoffen. Verschillende ministeries willen anno 2022 met name uit strategische overwegingen de voorzieningszekerheid vergroten. Ook ecologische doelen zijn niet uit het oog verloren (CE Delft IVAM RebelGroup 2016). Voor deze benadering wordt thans een nieuwe grondstoffenstrategie ontwikkeld die de Grondstoffenstrategie uit 2011 moet vervangen. Hoogwaardige recycling is in deze visie een middel in het grondstoffenbeleid, met de cruciale kanttekening dat voor de verwachte grondstoffenvraag recycling op zichzelf geen significante bijdrage lijkt te kunnen bieden in de EU. De toekomstige vraag naar metalen en het mogelijke aanbod van secundair metaal wordt bijvoorbeeld besproken in (EEB 2019).

3.2 Kansrijke sectorplannen voor kritieke grondstoffen

Op jacht naar kritieke secundaire grondstoffen is het logisch om te kijken naar sectorplannen met een groot aandeel (mogelijk kritieke) metalen. Een belangrijk uitgangspunt hierbij is dat de potentiële secundaire kritieke grondstoffen in het algemeen in combinatie met majeure metaalstromen ingezet worden. Dit betekent dat afvalstromen met staal, koper, aluminium en zink moeten worden onderzocht. Kritieke metalen zullen vrijwel altijd in het gezelschap van deze metalen in afvalstromen aanwezig zijn. Daarnaast zijn ook middelmatig grote stromen zoals magnesium, tin, titanium, nikkel of mangaan mogelijk interessant als drager/gastheer van metalen die in kleinere hoeveelheden aanwezig zijn.

Op basis van deze overwegingen lijken de sectorplannen 12, 13, 27, 51 en 71 de meest kansrijke sectorplannen te zijn voor wat betreft de mogelijke aanwezigheid van kritieke grondstoffen. Deze sectorplannen worden hierna nader besproken.

Hieronder staat Tabel 2.2 nogmaals weergegeven, nu als Tabel 3.1 met de aanduiding van sectorplannen toegevoegd in de eerste kolom. De kwalitatieve aanduiding “significant” (S), “beperkt aanwezig” (A) en “niet relevant” (I) is wederom gebruikt.

Tabel 3.1: Doorverwerking van Tabel 2.2 (Verbinding kritieke grondstoffen aan EURAL-codes) met sectorplannen

Sector plan	Sectorplan naam	EURAL-code	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Be	Bi	Ga
12	Metalen	020110		I	I					A	A		A	A	I		S	I	S	I	I			
12	Metalen	100210								A			A	A			A	I	A	I	I			
12	Metalen	120101											A	A			A	I	A	I	I			
12	Metalen	120102											A	A			A	I	A	I	I			
12	Metalen	120103								A	A	A	A	A	I		A	I	A	I	I			
12	Metalen	120104		I						A	A	A	A	A	I		A	I	A	I	I			
12	Metalen	120113													I		A							
12	Metalen	150104										A	A	S			A	I	A	I	I			
12	Metalen	160117											A	A			A	I	S	I	I			
12	Metalen	160118	A	I	I	I	A		I	A	A	A	A	A	I		S	I	S	I	I			
12	Metalen	170401												A										
12	Metalen	170402										A												
12	Metalen	170403																						
12	Metalen	170404																						
12	Metalen	170405																						
12	Metalen	170406																						
12	Metalen	170407								A	A		A	A	I		A	I	A	I	I			
12	Metalen	170409	A							A	A		A	A	I		A	I	A	I	I			
12	Metalen	190102											A	I			A	I	A					
12	Metalen	190199																						

Sector plan	Sectorplan naam	EURAL-code	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Be	Bi	Ga
12	Metalen	191001												A			A	I	A					
12	Metalen	191002												A			A							
12	Metalen	191202												A			A	I	A	I	I			
12	Metalen	191203				I	I		I	A	A	A	A	A	I	A	A	I	A	I	I			
12	Metalen	200140				I	A		I	A	A	A			I									
13	Batterijen en accu's	090111										A												
13	Batterijen en accu's	090112										A												
13	Batterijen en accu's	160215			I																			
13	Batterijen en accu's	160601			I																			
13	Batterijen en accu's	160602																						
13	Batterijen en accu's	160603																						
13	Batterijen en accu's	160604									I													
13	Batterijen en accu's	160605								S	S	S			I			I						
13	Batterijen en accu's	200133								A	A	A			I			I						
13	Batterijen en accu's	200134	A							A	A	A			I			I						

Sector plan	Sectorplan naam	EURAL-code	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Be	Bi	Ga
27	Shredderafval	191001												A	I		A	I	A					
27	Shredderafval	191002	A	A	A	I	A			A	A			A	I	I	A	I	A	A	I			
27	Shredderafval	191003																						
27	Shredderafval	191004								A	A			A			A	I	A					
27	Shredderafval	191005	A		A					A										A	I			
27	Shredderafval	191006	A			I	A							A			A	I	A					
51	Wrakken van auto's en tweewielige motorvoertuigen	160104				I	A		A	A	A		A	A			A	I	A					
51	Wrakken van auto's en tweewielige motorvoertuigen	160106				I	A		A	A	A		A	A			A	I	A					
71	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	160211																						
71	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	160212	A																					
71	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	160213																						

Sector plan	Sectorplan naam	EURAL-code	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Sb	Be	Bi	Ga
71	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	160214																						
71	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	160215			I					A	A		A											
71	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	160216			I								A				A	A	A					
71	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	200123																						
71	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	200135			I				A	A	A				I	A				A	I			
71	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	200136	A		I	I	A		A	A	A				I	A				A	I			

In appendix A is een volledig overzicht opgenomen van EURAL-codes en sectorplannen. In Appendix B zijn de EURAL-codes voluit omschreven. In de omvangrijke appendix E zijn alle 4-digit productgroepen gekoppeld aan de sectorplannen. Deze lijst geeft een intuïtief beeld van het soort producten dat uiteindelijk onder een sectorplan wordt verwerkt.

Sectorplan 12

Dit sectorplan betreft zowel ferro- als non-ferro-metaalafvalstoffen: (metaal)schroot, roestvast staal, restanten zink, aluminium, koper, lood en legeringen, edele metalen, metaalstof en katalysatoren gebruikt in auto's. Zowel gescheiden ingezameld, gescheiden afgegeven als metaalfracties die ontstaan zijn na sorteren of scheiden van gemengde afvalstromen zijn hier aanwezig. Voor de categorie "grotendeels uit metalen bestaande afvalstoffen" geldt dat ze alleen onder dit sectorplan vallen wanneer ze niet onder een ander sectorplan kunnen worden gebracht. Zo valt bijvoorbeeld de ferro en non-ferro fractie afkomstig van de verwerking van AVI bodemassen in sectorplan 20.⁶

Sectorplan 13

Dit sectorplan betreft alle soorten batterijen en accu's (lood-zuur batterijen en accu's, nikkel-cadmium batterijen en accu's en overige). Batterijen en accu's kunnen zuren en zware metalen, zoals zink, cadmium, nikkel, kwik en lood(verbindingen) bevatten.

Sectorplan 27

Autoshredder afval ontstaat bij het uitsluitend shredderen van autowrakken en overig shredderafval. Dit laatste is shredderafval dat afkomstig is van het shredderen van metaalhoudende afvalstoffen anders dan autowrakken

Sectorplan 51

Dit sectorplan bevat wrakken van auto's, zoals wrakken van personenauto's, lichte bedrijfsauto's (tot 3.500 kg) en drie- en vierwielige bromfietsen. Onder 'wrakken van tweewielige motorvoertuigen' vallen brom-, snor- en motorfietsen.

Sectorplan 71

Dit sectorplan is wellicht het belangrijkste sectorplan in het streven terugwinning van kritieke secundaire grondstoffen te vergroten. Het betreft in het afvalstadium geraakte elektrische en elektronische apparatuur. Met ingang van 15 augustus 2018 vallen deze onder de Regeling afgedankte elektrische en elektronische apparatuur (Regeling AEEA), met uitzondering van gasontladingslampen. Het gaat hierbij in feite om alle apparaten waaraan een stekker zit of die op batterijen werken. Ook in de periode tot 15 augustus 2018 heeft het sectorplan betrekking op al deze in het afvalstadium geraakte elektrische en elektronische apparatuur.

Sectorplannen net buiten scope

Mogelijke sectorplannen die niet worden geanalyseerd zijn sectorplannen 3 (industriële procesafval), 9 (Sectorplan 09 Afval van onderhoud van openbare ruimten), 20 (AVI bodemas), 54 (Sloopschepen), 62 (Metalen met aanhangende olie of emulsie) en 66 (Gasontladingslampen en fluorescentiepoeder).

Deze sectorplannen worden niet onderzocht omdat verwerking nauwelijks plaatsvindt in Nederland of omdat de mogelijkheid om schone kritieke secundaire grondstoffen hieruit te

⁶ Let wel dat dit geen algemene lijn is. Zo vallen metalen uit gemengd bouw- en sloopaafval (sectorplan 28) na sorteren wel onder sectorplan 12

recycleren gering lijkt. Het is mogelijk dat er bewijs zal zijn dat deze, of andere groepen, toch nog potentie bevatten voor het terugwinnen van kritieke metalen. In meer detail:

- › Voor procesafhankelijk industrieel afval van productieprocessen (sectorplan 3) en metalen met een aanhangende olie of emulsie (sectorplan 62) geldt dat de verwachting is dat ze te divers van samenstelling zijn om metalen er effectief terug te winnen. Schoon industrieel schroot zal doorgaans binnen sectorplan 12 als metaalafval vallen.
- › Het terugwinnen van Platina Groep Metalen (PGM) uit veegafval (c.q. niet zwerfafval), specifiek het stof rond wegen waarbij de PGM afkomstig zijn uit katalysatoren, is al jaren een kansrijk geachte optie op academisch niveau (Taylor 2011). Nochtans is er geen marktinitiatief geweest in de afgelopen jaren dat in Nederland deze optie kan benutten in termen van recyclingcapaciteit.
- › Sloopschepen (sectorplan 54) zijn een omvangrijke bron van secundaire grondstoffen. Daarnaast hebben ze een grote potentie voor het terugwinnen van metalen. De reden dat die buiten de scope van dit onderzoek vallen is dat in het grootste deel van sloopschepen wordt gevaren naar landen zoals India, Bangladesh, Vietnam en Turkije.
- › Voor gasontladingslampen (sectorplan 66) geldt dat de aanwezige metalen vooral kwik of natrium betreft. In sommige lampen wordt een halogenide gebruikt zoals fluor, jodium of waterstof.

Naast sectorplannen zijn er nog groepen productgroepen in het LAP3 genoemd waarvoor naar “A.4, § A.4.2 van het beleidskader” wordt verwezen. Deze productgroepen komen dus niet expliciet terug in een sectorplan. De belangrijkste productgroepen waar voor recycling wordt verwezen naar § A.4.2 van het beleidskader⁷ zijn:

- › Niet voor de weg bestemde mobiele machines die uitsluitend voor beroepsmatig gebruik ter beschikking zijn gesteld, zoals vorkheftrucks, grasmaaiers, veegwagens en mobiele kranen”.
- › Wapens, munitie en oorlogsmateriaal voor specifiek militaire doeleinden.
- › Apparatuur die specifiek is ontworpen en geïnstalleerd om deel uit te maken van andere apparatuur welke niet onder het toepassingsgebied van deze regeling valt, die haar functie alleen kan vervullen als zij deel uitmaakt van die andere apparatuur. Dit lijken componenten van machines te zijn, die zeker relevant zijn voor het terugwinnen van kritieke grondstoffen.
- › Grote, niet-verplaatsbare industriële werktuigen en grote, vaste installaties.
- › Medische hulpmiddelen en medische hulpmiddelen voor in- vitro diagnostiek, wanneer deze hulpmiddelen naar verwachting vóór het einde van hun levensduur infectieus zijn, en actieve implanteerbare medische hulpmiddelen.

Voor de hierboven genoemde productgroepen geldt dat er geen minimumstandaard is opgenomen in het LAP. Voor afvalstoffen waarvoor het LAP geen minimumstandaard kent, beoordeelt het bevoegd gezag rechtstreeks aan de afvalhiërarchie. In dit geval betekent dit dat vergunning voor verbranden of hoofdgebruik voor energetische toepassingen niet verleend wordt wanneer de autoriteiten besluiten dat voor de afvalstroom in kwestie recycling mogelijk is. Hierbij kunnen naast de afvalhiërarchie ook zaken als kosten of beschikbare recyclingcapaciteit een rol spelen. Als grenswaarde om in bepaalde gevallen een vorm van afvalverwerking als te duur aan te merken, hanteert het LAP een tarief van € 205,- per ton als uitgangspunt.

⁷ Deze opsomming komt expliciet uit A.4, § A.4.2 van het beleidskader

Afsluitend zijn er ook productgroepen die buiten het LAP vallen en die ook potentie voor recycling van kritieke metalen vertonen. Dit geldt voor apparatuur met radioactieve stoffen, zoals bepaalde rookmelders, medische apparatuur en laboratoriumapparatuur.

Afsluitend zijn er ook productgroepen die buiten het LAP vallen en die ook potentie voor recycling van kritieke metalen vertonen. Dit geldt voor apparatuur met radioactieve stoffen, zoals bepaalde rookmelders, medische apparatuur en laboratoriumapparatuur.

3.3 Conclusies

Sectorplannen 12, 13, 27, 51 en 71 blijken de meest kansrijke sectorplannen te zijn om recycling met oog op het mogelijk terugwinnen van kritieke secundaire grondstoffen.

Naast sectorplannen zijn er nog groepen productgroepen met een duidelijk recyclingpotentieel voor kritieke grondstoffen, waarvoor thans naar het “A.4, § A.4.2 van het beleidskader” wordt verwezen. Bovendien zijn er enkele kansrijke productgroepen, zoals bepaalde medische apparaten, die helemaal buiten het LAP3 vallen (ook buiten hoofdstuk A.4).

Minimumstandaarden blijken een drijfveer te zijn voor recycling en stellen autoriteiten in staat om afvalverwerking aan te sturen om een bepaald kwaliteitsniveau te bereiken. Op basis van de inventarisatie gemaakt in dit hoofdstuk kan worden gekozen voor nader onderzoek van recyclingprocessen voor afvalstromen. De inzet van het instrument minimumstandaard in het CMP is hierbij het doel van dit nader onderzoek.

4 Potentieel in periode 2022-2030

4.1 Potentie sectorplannen

In deze paragraaf wordt voor de geselecteerde sectorplannen besproken (op basis van desk research en expert-inzichten) wat de huidige stand van zaken is rond afvalverwerking en waar potentie voor hoogwaardiger verwerking (nu en/of in de toekomst) lijkt te zitten. De technische complexiteit rond recycling zit in de consequenties van de productsamenstelling: kritieke grondstoffen kunnen niet altijd in combinatie worden teruggewonnen ook al kunnen individuele componenten wel goed gerecycled worden. Hiermee samenhangend stelt de aanvraag dan ook terecht dat het interessant is als informatie kan worden gegeven hoe wél tot recycling over kan worden gegaan (bijvoorbeeld: eerst verbranden gevolgd door terugwinning uit slakken, uitsorteren, eerst shredderen, stuk voor stuk handmatig demonteren).

4.1.1 Sectorplan 12 Metaalafval

I – pagina 1 – Afbakening

Dit sectorplan is grotendeels gericht op afvalstoffen die uit metaal bestaan. Om te kwalificeren als metaalafval wordt een grens gehanteerd van 50%. Deze grens is echter niet onderbouwd of op de procentpunt relevant voor de recyclingpotentie van het afval. Sectorplannen met stromen die minder dan 50% metalen kunnen bevatten zijn bijvoorbeeld: Restafval Van Bedrijven (sectorplan 02) en Procesafhankelijk Industrieel Afval Van Productieprocessen (sectorplan 03). De verwachting is echter dat de meeste metalen onderdelen uit bedrijfsafval in stromen belanden die onder sectorplan 12 vallen (pagina 23 van RWS 2021).

Een voorbeeld van het “grijze gebied” tussen sectorplan 03 en 12 wordt gegeven via de activiteiten van het bedrijf Moxba in Almelo. Dit is een verwerker van “spent catalyst” en residuen van filterstof en filterkoeken. Dit type katalysatoren worden gebruikt in de (chemische) industrie en kunnen afhankelijk van de registratie onder sectorplan 03 of 12 vallen. De volgende kritieke metalen zijn specialismen van Moxba: kobalt, vanadium, wolfram en PGM. De locaties van dit bedrijf in Zuid-Amerika en Azië illustreren dat een recyclingtechnologie die nog niet in Nederland aanwezig is, wel via dit soort bedrijven kan worden aangetrokken. Voor het omgekeerde (offshoring van activiteiten) geldt helaas hetzelfde.

V.4 - pagina 6 – toelichting op minimum standaard: Voldoende afmeting voor verbranding

In de Green Deal met afvalverbranding is een prestatieverplichting opgenomen over de metaalterugwinning. In het sectorplan 12 staat nu nog omschreven dat de stukken “groot genoeg” moeten zijn. Dit kan door de prestatiedoelstelling specifiek te noemen. Zie ook Sectorplan 27 onder, wat later nog “aangescherpt” is naar 5.6 mm (i.v.m. standaardmaat laboratorium zeef):

In de toelichting op de minimum standaard van sectorplan 12 wordt nadrukkelijk aangehaald dat het metaalhoudende afval voldoende van afmeting moet zijn voor verbranding, in verband met de terugwinning van de metalen na verbranding. De Afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) verplichten zich daarnaast om het percentage afgescheiden non-ferrometalen uit AVI-bodemas uiterlijk 1 januari 2017 te verhogen tot tenminste 75 procent uit de fractie > 6 mm. Voor het terugwinnen van het non-ferrometaal uit de fractie < 6 mm is op dit moment slechts een beperkt aantal technieken beschikbaar. Voor deze fijne fractie zullen de AEC's nagaan welke methoden beschikbaar zijn en vervolgens voor het einde van de looptijd van deze Green Deal in overleg met de Rijksoverheid een doelstelling formuleren.

Ontwikkelingen op markt hebben op dit moment een focus op metalen <2 mm, in verband met economische terugwinning van koper, goud, zilver en palladium.

De scheidslijn tussen sectorplannen 12 en 20 wordt kan nog verder worden geïllustreerd aan de hand van bedrijven voor wie de omvang van de metaalfractie van groot belang is. Koper en edelmetalen in fracties <5,6 mm zijn doorgaans afkomstig van elektrische apparaten en sierraden. De bodemas-opwerkers verkopen het zwaar metaal aan koperraffinaderijen als Aurubis, Boliden en Umicore. Wat betreft kritieke secundaire grondstoffen ligt de relevantie bij het palladium dat wordt teruggewonnen. Zie Tabel 4.1 voor een overzicht.

Tabel 4.1: Lijst met metaalterugwinning via bodemas opwerkers met fracties <5,6mm

Afvalverbrander	Opwerker van bodemas	Stand der techniek en innovatie
AEB Amsterdam	Rock Solid	Opwerking gericht op terugwinning metalen <3 mm (tot ~0,5 mm) droog met eddy current
ARN Weurt	Heros Sluiskil	Opwerking gericht op terugwinning metalen <4 mm (tot ~0,5 mm) droog met eddy current en eventueel nat met dichtheidsscheiding
Attero Moerdijk	ACCN (dochter Blue Phoenix)	Opwerking gericht op terugwinning metalen <4 mm (tot ~0,5 mm) droog met dichtheidsscheiding (nat)
Attero Wijster	ACCN (dochter Blue Phoenix)	
AVR Duiven	Heros Sluiskil	Zie ARN Weurt/Heros Sluiskil
AVR Rozenburg	Heros Sluiskil	Zie ARN Weurt/Heros Sluiskil
EEW Delfzijl	Blue Phoenix	Zie Attero Moerdijk/Blue Phoenix
HVC Alkmaar	wASH (JV Boskalis – HVC)	Opwerking gericht op terugwinning metalen <4 mm (tot ~0,5 mm) droog met eddy current en eventueel nat met dichtheidsscheiding
HVC Dordrecht	wASH	
Omrin Harlingen	Heros Sluiskil	Zie ARN Weurt/Heros Sluiskil
PreZero Energy Roosendaal	Heros Sluiskil	Zie ARN Weurt/Heros Sluiskil
Twence Hengelo	Twence	Opwerking gericht op terugwinning metalen <4 mm (tot ~0,5 mm) droog met eddy current

V.1 – pagina 5 - (Potentiële) aanwezigheid van ‘zeer zorgwekkende stoffen’:

Staal met asbest (en chroom 6) heeft per 1 januari 2021 een stortverbod. Dit staat nog niet expliciet in de sectorplannen (sectorplan 37). Het verwerken van staal met asbest kan afval laten vallen onder sectorplan 12 in plaats van sectorplan 37. In de huidige tekst wordt voorgesorteerd op “ontwikkelingen in de markt”. Dit wordt werkelijkheid via investeringen van de Purified Metal Company, die zou dit metaal kunnen verwerken en de ZZS onschadelijk kunnen maken, zodat het metaal onder sectorplan 12 kan gaan vallen.

V.4 - pagina 6 – toelichting op minimum standaard: inzet metalen

De uitleg over inzet van metalen is erg generiek. Het is aanbevelenswaardig naar deze tekst te kijken en de interpretatie van RWS te actualiseren.

Concrete duiding van de potentie voor terugwinning van kritieke grondstoffen kan nu nog niet worden gegeven. Als illustratie van de inschatting van het potentieel voor de behandeling van een niet-kritiek metaal gaan we hierin op het geval van blik met tin-coating. Dit is een substroom met potentie. Er is nu al een stroom industrieel afval, voortkomend uit de productie van blik met tinnen coating (~0,2%), die zowel uit foutdrukken als restanten stansafval bestaat. In Leeuwarden wordt door de Nederlandse Onttinningsfabriek ongeveer 60,000 ton blik Schroot per jaar bewerkt. Het blik zonder tin gaat naar de staalindustrie en het tin gaat naar de productie van tin.

Met betrekking tot de Beste Beschikbare Technologie (BBT) (BREF 2022) is voor het scheiden van secundair aluminium een nieuwe ontwikkeling gaande. Uit het schroot wordt met verschillende technieken aluminiumschroot verder gesorteerd in verschillende groepen van legeringen. Hierdoor worden legeringen die passen in de productie van primair aluminium hoogwaardig gerecycled en gaan gietlegeringen die veelal de kritische metalen als silicium en magnesium bevatten naar producenten van gietlegeringen. Met name de techniek “Sensor Based Sorting using optical sorting, x-ray fluorescence, (near) infra red, LIBS” verdient aandacht in de nabije toekomst.

Voorbeelden van deze ontwikkelingen zijn te vinden bij Sorterra Alloys. Dichter bij huis is Reukema uit Harderwijk actief met het scheiden van aluminiumlegeringen. Daarnaast zijn er verschillende technologieleveranciers die dit als standaardtechniek op de markt verkopen (Steinert, RedWave, Tomra, etc).

4.1.2 Sectorplan 13 Batterijen en accu's

IV. pagina 3: Overwegingen bij de afbakening. Producenten verantwoordelijkheid.

Naar schatting komen er jaarlijks 20 miljoen AA en AAA-batterijen in afvalstromen terecht. Via een voorscheiding moet voorkomen worden dat deze batterijen in huishoudelijk afval terecht kunnen komen, maar dit gebeurt nog niet altijd. De batterijen die niet succesvol via voorscheiding uit het huishoudelijk afval gehouden worden, worden alsnog met magneten voorgesorteerd, maar batterijen komen toch in verbrandingsprocessen terecht. Naar schatting komt 5% van de draagbare batterijen in Nederland uiteindelijk nog in het huisvuil terecht. Na verbranding in huishoudelijk afval neemt het recyclingpotentieel af: ongeveer 1 op de 3 batterijen is dan gebroken en niet meer volledig af te scheiden. Daarbij komt deze “1 op de 3 batterij” in een laagwaardige schroot fractie terecht. Het sorteren van de batterijen uit dit laagwaardige schroot is op dit moment een handmatig proces. Hiervoor moeten bedrijven investeringen en/of kosten (transport) maken voor ontzorging. Voor de gesorteerde batterijen is voornamelijk geen afzet.

Een simpele berekening is aldus te maken. Met een aanname dat iedere batterij 15 gram weegt betekent dit dat 0,5 Kton batterijen in het afval terecht komt, waarbij onduidelijk is welk deel in stromen onder sectorplan 13 en andere sectorplannen vallen.

De echte aandacht van sectorplan 13 ligt echter in toenemende mate op de grote lithium-ion batterijen in apparaten en voertuigen. Zie Figuur 4.1 voor een recent overzicht van nieuwe kansen voor batterijrecycling in 2022, waarbij als vanzelfsprekend wordt aangenomen dat Lithium-ion batterijen meerdere kritieke grondstoffen bevatten. In appendix C is een overzicht opgenomen van wereldwijde activiteiten op het gebied van batterijrecycling. Daarnaast geeft Figuur 4.2 de aandacht weer die er wereldwijd is voor deze stroom.

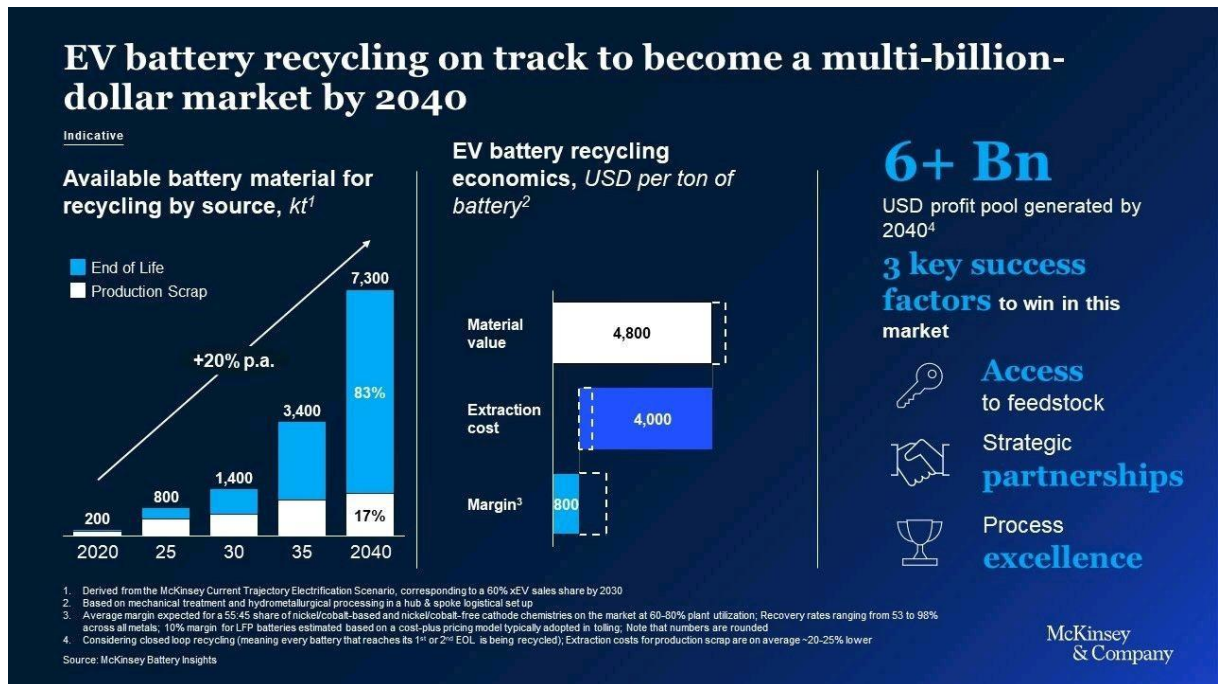
Battery recycling overview							
Location	Carson City,	Toronto,	Munich,	Fredrikstad,	Salzgitter,	Reno,	France,
Type	Closed loop ambition	Shredding & hydrometallurgy	Focus on hydrometallurgy	Shredding & hydrometallurgy	Shredding & hydrometallurgy	de-manufacturing & hydrometallurgy	Shredding & hydrometallurgy
Investor/partners	Private company funded by strategic investors	Listed company, partnering with LG, KOCH and others	Pre-seed round with Atlantic Labs and angels.	Joint venture between Hydro and Northvolt	Volkswagen Group	Listed company with market cap of USD 430 million	JV of Group Renault with Veolia and Solvay
Details	- Strategic partnering with OEMs like Ford, VWGoA, or Toyota to explore end-of-life options - Scale cathode & anode production as core - Scaling recycling process to increase share of recycled materials for production - Expansion to Europe planned - Recycled materials circled back into battery production	- Public listing via SPAC in 2021 - Spoke and hub setup, until today only spokes active - Shredding processes at spokes - Hydrometallurgical processes at hubs - Scaling phase, 7 spokes and 1 hub planned by 2023 - Recycled materials circled back into battery production - Expansion to Europe planned	- One of Europe's first startup recycling lithium-ion batteries - Focusing on recovering critical materials, like lithium, nickel, cobalt, and graphite in a sustainable way - Raised €3.5m to build prototype plant in Munich - Recycled materials circled back into battery production	- Powered with 100% renewable energy - Joint venture focus on shredding and black mass production - Black mass is processed by Revolt, a Northvolt entity - Hydromet treatment used to recover strategic materials - Recycled materials circled back into Northvolt battery production	- Pilot plant up and running - Recycles batteries that can no longer be used for other purposes. - Plant has been designed to initially recycle up to 3,600 battery systems per year (equivalent to 1,500 tons) - Aim: industrialized recovery of raw materials - Recycled materials circled back into battery production	- Recycling based on a strategic de-manufacturing - process to extract metals and recover materials from spent batteries via hydrometallurgy - Founded by ex-Tesla engineers - Pre-commercial stage, recycling plant planned for 2023 - Recycled materials circled back into battery production	- Partnering to establish a secure and sustainable supply source for strategic metals - Renault to bring in batteries and re-use material - Veolia as partner for logistics, dismantling and recycling - Solvay as expert for chemical processes and extraction - Recycled materials circled back into battery production
Source	Redwood Materials	Investors deck	EU-Startups	hydrovolt	Volkswagen	Investors Deck	Solvay

Not exhaustive

Figuur 4.1: Batterij recycling anno 2022 (Friedel 2022)

Op de korte termijn zal in sectorplan 13 vooral aandacht moeten zijn voor stromen lithium-ion batterijen die uit voertuigen (sectorplan 51) en apparaten (sectorplan 71) afkomstig zijn.

Op dit moment vallen de batterijen die uit de bodemassen worden afgescheiden niet onder de producenten-verantwoordelijkheid. Daarmee is er ook geen tegemoetkoming vanuit de operationele organisatie Stibat voor de “inzameling” van de batterijen uit bodemas, alsmede de inname. Als deze praktijk wordt veranderd zal op relatief eenvoudige wijze de opbrengst van gerecyclede batterijmetalen kunnen worden verhoogd.



Figuur 4.2: Prognoses omvang EV batterij recycling wereldwijd (McKinsey 2022)

Een mogelijke drempel voor tegemoetkoming vanuit Stibat zou kunnen zijn dat een deel van het huishoudelijk afval dat in Nederland wordt verbrand is geïmporteerd. Bij steun vanuit Stibat zou de stroom batterijen verhoogd kunnen worden. Stibat rapporteert dat ongeveer 50% van batterijen die in Nederland op de markt komen thans worden ingezameld onder sectorplan 13. De andere helft komt waarschijnlijk in stromen terecht die worden geclassificeerd als huishoudelijk afval en het Afval van Elektronisch en Elektrische Apparaten

4.1.3 Sectorplan 27 Shredderafval

Na verwerking van het shredderafval blijft vaak een reststof over die verbrand of thermisch verwerkt wordt. Dit afval is vaak complex, met name uit shredder afval van autowrakken omdat kleine hoeveelheden waardevolle en soms kritieke metalen ingesloten of gekoppeld zitten aan organische materialen, vaak vezels. Naast de metalen zijn nog veel verontreinigingen aanwezig. Vanwege de hoge waarde is er veel onderzoek naar deze materialen, met name het shredderstof. Het gaat hier naar schatting om 5.000 tot 10.000 ton op jaarbasis in Nederland. Van de drie thermische reinigers die actief zijn in Nederland (Theo Pouw Delfzijl, Renewi Moerdijk (oude ATM) en Reko) legt Reko zich enkel toe op teerhoudend asfalt. In de thermische reiniging worden behalve kwik geen andere metalen via thermische reiniging verwijderd. Door het toepassen van magneten kunnen ferromagnetische materialen verwijderd worden. Het is nog niet duidelijk of na thermische reiniging van het shredderstof behalve ferromagnetische materialen ook andere metalen teruggewonnen kunnen worden. Deze vraag moet in de komende jaren beantwoord worden.

4.1.4 Sectorplan 51 Wrakken van auto's en tweewielige motorvoertuigen

In autoshridders wordt vaak ander schroot ingemengd om de belasting van de shredder te balanceren. Volgens het sectorplan moeten autowrakken en welvaartsschroot in principe apart worden geshredderd, het is dus aanbevelenswaardig om dit te verifiëren. De katalysatoren die separaat afgescheiden worden volgen een ander recyclingschema dan het palladium dat via de shredder in het zwaar metaal terecht komt (via koperraffinaderij). Uit deze katalysatoren vindt evengoed terugwinning van kritieke metalen plaats. De route waarbij autokatalysatoren worden verwerkt heeft logischerwijs minder verlies aan waardevolle metalen vergeleken met de route via de koperraffinaderij. Net als bij elektronisch schroot zitten er mogelijk reststoffen in de shredder (shredder light fraction). Het betreft relatief schoon schroot waarmee aan het sectorplan 51 wordt voldaan. In sommige gevallen is in het zwaar metaal afgescheiden uit autoschroot nog palladium aanwezig wat wordt toegeschreven aan tijdsdruk van shredder. In dit geval is mogelijk een katalysator niet verwijderd. Deze katalysatoren vertegenwoordigen een grote marktwaarde.

VII Doorkijk minimumstandaard en ontwikkelingen

Wat betreft de bulk is er ontwikkeling op sortering van aluminiumlegeringen (of legeringsgroepen/series). Het betreft hier sortering op basis van beeldherkenning of spectrale analysetechnieken. Het voordeel is dat hiermee meer gerecycled aluminium beschikbaar komt voor de primaire aluminiummarkt (laag gelegeerd aluminium in silicium, koper en zink). Indien dit aluminium uit autowrakken van verschillende onderdelen (motorblok, carrosserie) of na de autoshriderder samenkomen zonder sortering kan dit enkel naar de “cast-aluminium” waar juist vraag is naar aluminium met silicium, koper en zink. Hiermee neemt de noodzaak voor selectieve demontage van specifieke delen van het autowrak af. Een specifieke gerecyclede mono-stroom voor primaire aluminiumsmelters zijn aluminium velgen, deze zijn makkelijk selectief te demonteren.

4.1.5 Sectorplan 71 Afgedankte Elektrische en Elektronische Apparatuur (AEEA)

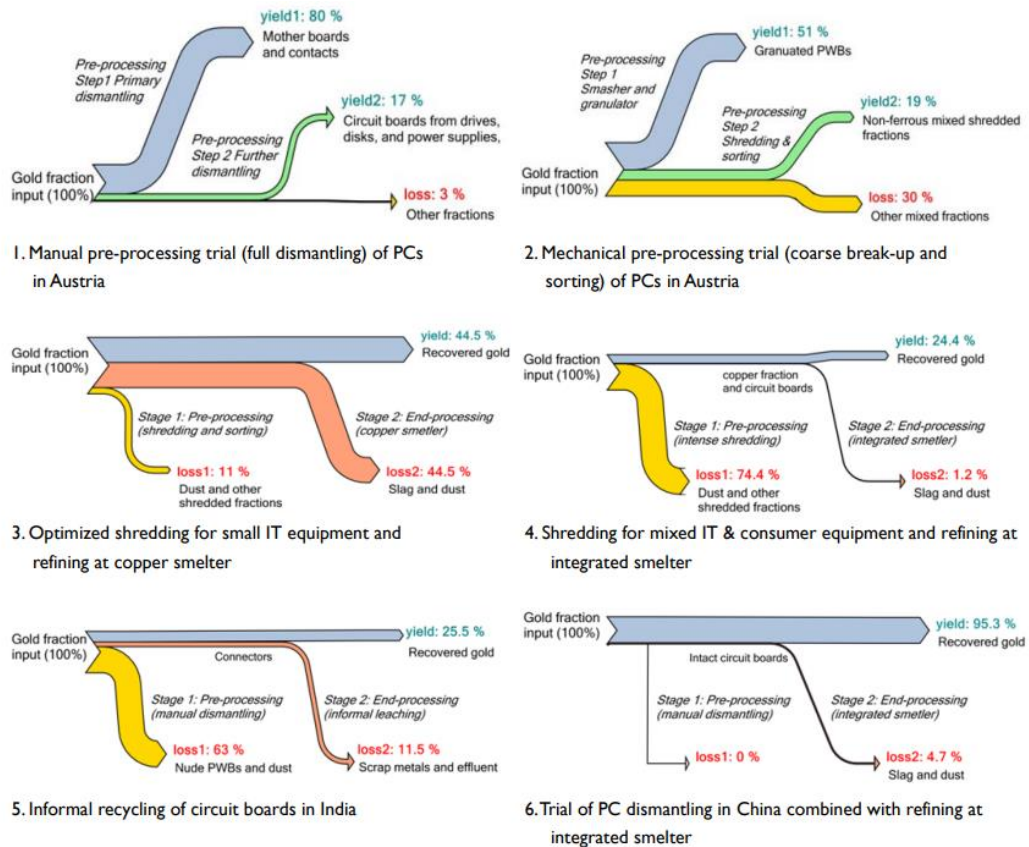
De regeling Afval van Elektronica en Elektrische Apparaten (AEEA) en de WEEE directive geven een duidelijke basis voor collectie en verwerking van deze afvalstroom. Dit zorgt ervoor dat er geen theoretische potentie kan worden gevonden, onder de aanname dat de regeling AEEA en de WEEE directive volledig worden geïmplementeerd.

Een grote zorg in de recycling sector is het ontstaan van brand door aanwezigheid van accu's en of batterijen in AEEA stromen. Hierin is zowel voor inzameling als voor recycling bedrijf een rol weggelegd. Vaak is hierbij manuele/handmatige ontmanteling van de apparatuur effectief. Echter als het gaat om de kleinere apparatuur is manuele ontmanteling aanbevelenswaardig. Dit geldt niet enkel voor de batterijen maar ook waarde volle metalen, die met name in kleine apparatuur voorkomen.

VI Doorkijk minimumstandaard en ontwikkelingen

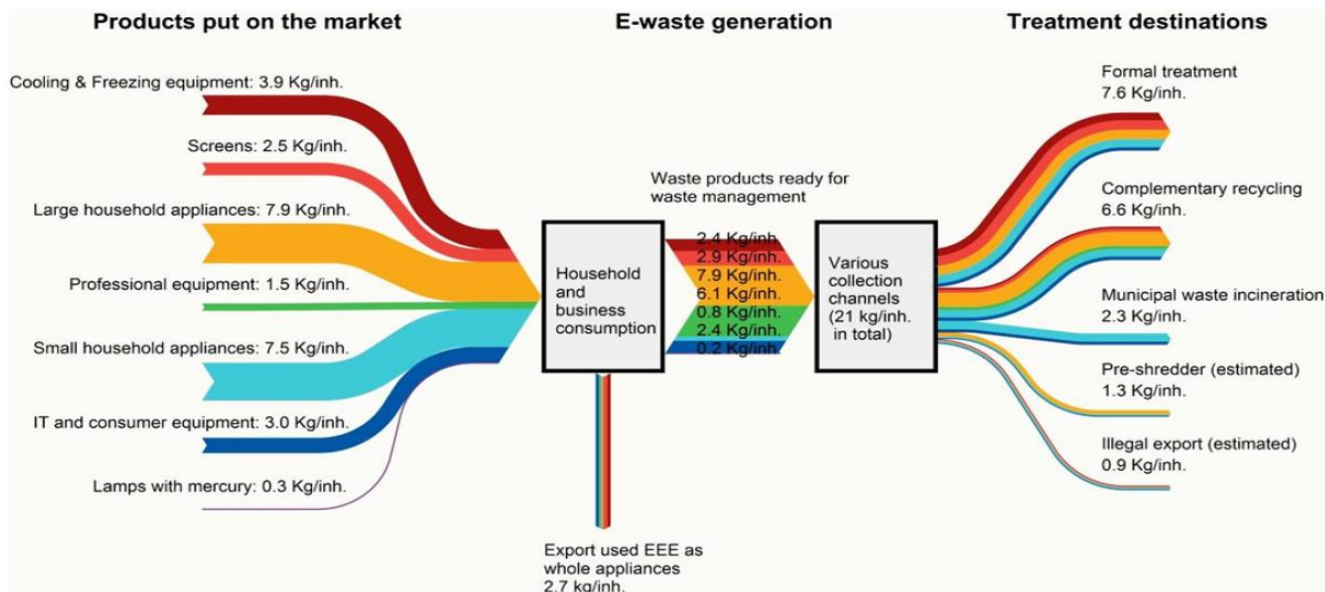
De minimum standaard is voornamelijk gericht op (massa) percentages nuttig toegepast recycalaat, voorbereid voor hergebruik en gerecycled. Wat opvalt is dat hierin geen oog is voor terugwinning van (kritieke) grondstoffen. Bij focus op massa mag dit uit het oog verloren worden. Onderstaande studies (Feng Wang, 2014) geven via Figuur 4.3 en Figuur 4.4. en duidelijk weer dat “pre-processing” en verwerkingstechniek een effect heeft op de

terugwinning waardevolle metalen als goud, zoals toegepast in printed circuit boards (PCB's).



Figuur 4.3: Goud en PGM aandelen in consumentenelektronica

Naast de hoeveelheid in algemene termen kan ook onderscheid worden gemaakt tussen apparatuur en kritieke metalen in bepaalde categorieën AEEA. In het onderzoek van Feng Wang (2014) komt duidelijk naar voren dat de inzameling en recycling van grote apparaten goed op orde is. Echter vanuit materiaal- en waardeperspectief komen met name de kleine apparatuur met hogere dichtheid aan koper en edelmetalen nog veelal in het restafval terecht.



Figuur 4.4: AEEA stromen in Nederland (Huisman et al. 2012)

Opvallend is het dat 2,3 kg per inwoner (12% van “put on market”) in de verbranding terecht komt. Dit is 22% van kleine huishoudelijke apparatuur en IT en consumptiegoederen. Volgens de studie van Feng Wang gaat het hier dus ook nog om de AEEA met hoge metaalwaarde.

Wat betreft de ontwikkelingen op het gebied van metaalterugwinning uit slakken van huisvuilverbranding is door de Green Deal de terugwinning van waardevolle metalen, voornamelijk koper, goud, zilver en palladium verbeterd. In verschillende installaties worden <1 mm zware metalen teruggewonnen, waarbij de herkomst terug te leiden is naar AEEA.

Recente publicaties wijzen op de mogelijkheid voor terugwinning van ZAM zoals neodymium uit magneten⁸. Deze potentie is mogelijk hoog omdat voorscheiding zou kunnen plaatsvinden van permante mageneten. Veel magneten komen bij opwerkinstallaties bij het schroot terecht. Ook hier speelt wederom de complexiteit van de voorbewerking en manuele ontmanteling een belangrijke rol. Het neodymium magneet afval kan gescheiden worden met waterstofgas (voorlopig nog slechts in een proefopstelling).

Terugwinning van zonnepanelen zal de komende jaren meer aandacht krijgen, maar vooralsnog geldt dat deze stroom bijna volledig wordt gerecycled. De huidige praktijk van recycling zonnepanelen levert echter vrijwel kritieke grondstoffen op, afgezien van bedrijven zoals FlirstSolar die het recyclen van hun producten als onderdeel van hun marktstrategie beschouwen.

4.2 Europese en wereldwijde recycling

In deze paragraaf tonen we in een overzicht wat internationale bronnen als standaard rapporteren in Europa en wereldwijd ten aanzien van recycling van kritieke grondstoffen.

⁸ <https://www.nrc.nl/nieuws/2022/10/21/magnetten-vergruizen-voor-hergebruik-a4145641>

Het verschil tussen (relatief schoon) industrieel schroot en post-consumptie schroot komt vaak ter sprake in deze paragraaf. Wereldwijd wordt dit verschil redelijk gedocumenteerd, gegeven de incentive van bedrijven om hun aandeel secundaire grondstof te rapporteren. Deze rapportage biedt in veel landen voordelen richting overheden en eindconsumenten. Ook de energiebehoefte biedt een duidelijk bedrijfseconomisch voordeel voor secundair versus primair metaal. Deze behoefte ligt doorgaans een factor 2 a 5 lager voor secundaire grondstoffen (BIR 2016). Nog los van de energierekening bespaart de vermeden CO₂ emissie voor veel metalen tussen de 80 en 500 EUR/ton als men de emissie uitdrukt volgens de gemiddelde ETS prijs van 2021 (Fraunhofer IMWS 2019).

4.2.1 Antimoon

Secundair antimoon is te vinden in twee majeure bronnen, namelijk in verwerkt afval van antimoon houdende materialen en afgedankte producten en productieresiduen (Sundqvist Oeqvist, Pr. Lena et al., 2018). Het wereldwijde recyclingpercentage aan het einde van de levensduur (End of Life) voor antimoon wordt geschat tussen 1 en 10% (UNEP, 2011). Secundair antimoon wordt voornamelijk teruggewonnen uit loodzuurbatterijen. Daarmee is sectorplan 13 het meest relevant voor antimoon. In de toekomst zou terugwinning van antimoon uit kunststoffen nog potentie kunnen bieden, maar met de huidige volumina en recyclingtechniek geldt dit thans niet als een serieuze optie. Door de terugwinning uit batterijen is de beschikbaarheid van secundair antimoon bijna volledig afhankelijk van de mate van loodrecycling en de marktomstandigheden voor lood en loodzuurbatterijschroot. Aangezien de aanvoer van primair antimoon sterk geconcentreerd is in enkele landen, is het terugwinnen van secundair antimoon een belangrijk onderdeel van de toeleveringsketen in landen als bijvoorbeeld de Verenigde Staten, Japan, Canada en specifieke lidstaten van de EU. In Nederland is de stroom van secundair antimoon nog niet op gang gekomen. Op een wereldwijde schaal wordt geschat dat in 2010 de secundaire productie van antimoon verantwoordelijk was voor ongeveer 20% van de totale antimoonvoorraad (Sundqvist Oeqvist, Pr. Lena et al., 2018).

In de EU zijn er bedrijven die zich bezighouden met secundair antimoon. Umicore (o.a. gevestigd in Antwerpen) is een bedrijf dat voornamelijk antimoon terugwint uit afgedankte batterijen van elektrische auto's. Het bedrijf Solvay recycleert op Franse locaties halofosfaat van gebruikte fluorescentie batterijen (Sundqvist Oeqvist, Pr. Lena et al., 2018).

Antimoon dat wordt gebruikt bij de vervaardiging van kunststoffen en vlamvertragers wordt over het algemeen niet teruggewonnen omdat antimoon in deze producten dissipatief is verwerkt (Schwarz-Schampera, 2014). Antimoon zou echter mogelijk kunnen worden teruggewonnen uit de bodem als die vrijkomt bij de verbranding van sommige van deze producten, maar dit is momenteel niet economisch levensvatbaar.

4.2.2 Beryllium

Er is geen functionele recycling van beryllium uit post-consumptie producten bekend in de wereld. Beryllium wordt niet gerecycled uit eindproducten (BeST, 2016b). De recycling van puur metaal van beryllium uit eindproducten is uiterst moeilijk vanwege de kleine omvang van de componenten en de kleine fractie beryllium in apparaten (minder dan 40 parts per million in apparaten met het hoogste bedrag van Be) (BeST, 2016b). Het beryllium dat zich in het afval bevindt, eindigt meestal op de vuilstort. De voorraad die de afgelopen twintig jaar op stortplaatsen in de EU is verzameld, is geschat op ongeveer 610 ton (Sundqvist Ökvist et al. 2018). Beryllium kan effectiever worden teruggewonnen uit industrieel schroot dat ontstaat tijdens de productie van beryllium producten (platen, draden, klemmen) dan van

schroot dat vrijkomt uit de gebruiksfase. Bijna al het nieuwe schroot (tussen 94% en 100%) wordt terug verzonden naar de producent en gerecycled. De focus op industrieel schroot maakt dat sectorplan 12 de enige mogelijke bron is van secundair beryllium. In 2013 lag de productie van de recycling van nieuw schroot tussen 100 en 135 ton, d.w.z. ongeveer 20% van wereldwijde vraag. Er zijn enkele bedrijven die nieuw berylliumschroot recycleren, bijvoorbeeld Monico Alloys en Materion (Verenigde Staten). In de EU is NGK Berylco (Frankrijk), gelegen nabij Nantes, waarvan bekend is dat het schroot van beryllium-koperlegeringen behandelt om een nieuwe legering te produceren. (Sundqvist Ökvist et al.2018).

4.2.3 Bismut

Bismut is moeilijk te recycleren omdat het voornamelijk wordt gebruikt in veel dissipatieve toepassingen, zoals pigmenten en farmaceutische producten (Umicore 2019). Er zijn geen recyclingactiviteiten bekend wereldwijd.

4.2.4 Gallium

Op dit moment is geen commerciële activiteit bekend die is gericht op het terugwinnen van gallium uit post-consumptie stromen (Ciu et al.,2016), wat gallium irrelevant maakt voor sectorplannen. Het lage recyclingpercentage van gallium is te wijten aan de moeilijkheid en de kosten om gallium in artikelen terug te winnen waar het sterk verspreid is. Gallium is belangrijk in halfgeleiders, zoals geïntegreerde schakelingen (IC's) en licht emitterende diodes (LED's). Daarin wordt gallium gebruikt in een dikte van enkele micron afzetting laag boven op een veel dikker substraat, waardoor er weinig gallium nodig is per apparaat (Weimar, 2011). Huidige recyclingprocessen van het bedrijf EEA richten zich eerder op de terugwinning van edele metalen of koper, terwijl gallium als onzuiverheid terechtkomt in gerecycleerde metalen of in afvalslakken (UNEP,2011). Maar zoals voor veel andere metalen is pre-consumptie recycling (d.w.z. van industrieel schroot) een meer marktrijpe bron van secundaire aanvoer voor gallium. De fabricageprocessen van galliumarsenide (GaAs) en galliumnitride (GaN) wafels zijn gebaseerd op een significant aandeel metalen vanuit secundaire bron, met ongeveer 60% schroot dat wordt gegenereerd en gerecycled in een 'gesloten lus' (Butcher, 2014). Gallium wordt gebruikt bij de productie van fotonische "thin films", zoals de CIGS-technologie (Copper Indium Gallium Selenium). De zogenaamde sputterdepositie van gallium ligt normaal tussen de 30 en de 60%; deze percentages maken ook materiaal terugwinning en recycling mogelijk (Marwede et al., 2014).

De wereldwijde productiecapaciteit van secundair gallium wordt geschat op 200 ton. In de Verenigde Staten is bekend dat nieuw galliumschroot van hoge/zuivere kwaliteit wordt gerecycled, afkomstig van op GaAs gebaseerde apparaten (USGS, 2019). Er zijn een paar bedrijven in de EU met activiteiten voor Ga-recycling, bijvoorbeeld CMK in Slowakije, die raffineerde van lage zuiverheid primair gallium (3N, 4N) en uit gerecycleerd afvalmateriaal dat gallium bevat (gallium arsenide, chloride, oxide). De potentie voor Nederland lijkt aanwezig door de aanwezigheid van halfgeleiders, zoals NXP. De recycling- en raffinagecapaciteit in de EU werd geschat op 25 ton per jaar voor de jaren 2006 – 2009 (Cui et al.,2016).

4.2.5 Germanium

Geschat wordt dat ongeveer 30% van de wereldwijde productie van germanium wordt geleverd door recycling processen, meestal van schroot dat vrijkomt bij de fabricage van glasvezelkabels en infrarood optica. Vanwege de waarde van geraffineerd germanium wordt

dit schroot teruggewonnen en gebruikt in het productieproces. Aan de andere kant, vanwege hoog dissipatief gebruik in de meeste producten en toepassing in zeer lage hoeveelheden, wordt slechts een klein beetje hoeveelheid germanium teruggewonnen uit post-consumptie stromen (Melcher, F. & Buchholz, P., 2013). Dit betekent dat germanium niet aan een sectorplan kan worden toegewezen.

Industriële recycling van germanium vindt wel plaats op significante schaal. Aangezien germaniumproducten meestal van een zeer hoge zuiverheid moeten zijn, is er veel productieafval dat wordt gegenereerd langs de hele productieketen. De hoge prijs van geraffineerd germanium stimuleert deze recycling. (Sundqvist Oeqvist, Pr. Lena et al., 2018). Al het afval dat ontstaat bij de omzetting van germaniumdioxide (GeO₂) en de productie van germaniumtetrachloride (GeCl₄) en germaniummetaal wordt intern gerecycled. De productie van optische vezels genereert ongeveer 75% van het afval, en ongeveer 80% hiervan wordt in nieuw schroot verwerkt. De resten van optische vezels moeten in situ worden verwerkt vanwege economische en ecologische redenen (Ge-terugwinning, verwijdering van chloorgas). De specialisten van Bell Technologies hebben een effectieve methode voor germanium uitgevonden en vervolgens geïmplementeerd in de industriële praktijk. Deze methode gaat uit van terugwinning van germanium uit het afvalwater van de productie van optische vezels, met een terugwinningspercentage van Ge van meer dan 95% (Sundqvist Oeqvist, Pr. Lena et al., 2018). Het afval dat vrijkomt bij de fabricage van infrarood optica bedraagt ongeveer 30% van de germaniuminput wereldwijd. Het zagen van zuivere monokristallen en het malen van germaniumwafels tijdens de wafelproductie produceert veel productieafval (bijv. germaniumstof van het zagen van de wafels). Downstream-producenten van zonnecellen of infrarood optiek vervaardiging genereren ook veel productieschroot op weg naar het eindproduct. Ongeveer 50% van het afval van dit proces wordt en is gerecycled (Melcher, F. en Buchholz, P., 2013).

4.2.6 Hafnium

In theorie is het mogelijk om superlegeringen die hafnium bevatten te recyclen. Het is echter waarschijnlijk dat er momenteel weinig tot geen recycling van hafnium wordt uitgevoerd, gezien de verontreiniging ervan in de nucleaire industrie en het lage gehalte aan superlegeringen. Het vaak geciteerde UNEP-rapport over metaalrecycling meldt dat recycling aan het einde van de levensduur percentage lager is dan 1% (UNEP, 2011). Er zijn geen aanwijzingen dat dit sindsdien is veranderd. Hafniummetaalrecycling wordt als onbeduidend beschouwd in de Verenigde Staten (Bedinger, 2016).

4.2.7 Indium

Sinds de prijsstijgingen van indium in 1995 en 1996 vormt de secundaire productie een belangrijke bijdrage aan het totale wereldwijde aanbod van indium (Lokanc, M. et. al., 2015). De wereldwijde secundaire indiumproductie komt bijna uitsluitend voort uit de recycling van productieafval (nieuw schroot) in plaats van recycling aan het einde van de levensduur (EOL). Een verbinding aan een sectorplan is daarom niet aan de orde. Het grootste deel van het indium dat in de wereld wordt geproduceerd, wordt gebruikt in Indium Tin Oxide (tin-gedoteerde indiumoxide). Die ITO laag is een dunne film c.q. coating die op LCD-schermen met vloeibare kristallen wordt aangebracht. Het “schone” productieschroot wordt gebruikt in de secundaire productie van indium en bestaat voornamelijk uit gebruikte ITO-sputterdoelen, die worden gebruikt als ITO-bron materiaal om dunne films te produceren. Slechts 30% van het ITO-doelmateriaal wordt daadwerkelijk gedeponneerd op het substraat bij gebruik van vlakke sputterdoelen, die de dominante vorm zijn van doelen. De efficiëntie van de dunne-filmproductie is sterk verbeterd door het gebruik van roterende sputterende

doelen. Wat overblijft van het doelwit wordt gerecycled tot indiummetaal. Het is geschat dat meer dan 70% van het indium dat in ITO processen wordt toegepast, wordt teruggewonnen (Mikolajczak, 2009). Vóór 1996 werd slechts een klein deel van het indium in ITO-productieafval gerecycled. Sindsdien zijn in Japan, Zuid-Korea en China, waar ITO-productie en dunne film productie plaatsvindt, enorme recyclingcapaciteiten geïnstalleerd (Lokanc, M. et. al., 2015). Sommige producenten in België, Canada en Duitsland waren ook eigenaar van deze operaties gericht op indiumrecycling (Lokanc, M. et. al., 2015). Zoals wel vaker zijn precieze gegevens over de hoeveelheid secundair indium die uit schroot is gewonnen schaars. De productie van geraffineerd indium uit secundaire aanvoer bereikte 610 ton in 2013 (Lokanc, M. et. al., 2015). Eerder schatte de Indium Corporation (Jackson, 2012) dat ongeveer 1.500 ton geraffineerd indium in 2011 werd geproduceerd, waaronder 950 ton gerecycled indium.

4.2.8 Kobalt

Zaken als prijsvolatiliteit, geopolitiek van aanbod, kosten en milieuvordelen behoren tot de belangrijkste drijfveren voor kobaltrecycling. Een deel van kobalt wordt dissipatief gebruikt zoals pigmenten in keramiek, verven en lijmen voor banden. Maar kobalt gebruikt in toepassingen zoals superlegeringen, metaallegeringen, batterijen en katalysatoren kunnen worden ingezameld en gerecycled (Roberts en Gunn 2014). Afgedankt schroot dat kobalt bevat is te vinden in gebruikte straalmotoren, gebruikte legeringen, snijgereedschappen, gebruikte oplaadbare batterijen, magneten die zijn verwijderd uit industriële of consumentenapparatuur en gebruikte katalysatoren (Mathieux et al. 2017). Dit betekent dat potentie voor kobalt zich vertaalt in sectorplannen 12, 13 en 71. Recycling van legeringen en metaalschroot wordt over het algemeen uitgevoerd door fabrikanten van superlegeringen en carbiden, terwijl de recyclage van batterijen en katalysatoren vooral gebeurt via de kobalt metaalbedrijven of speciale fabrieken voor het recyclen van batterijen (Roberts en Gunn 2014) Recycling van afgedankte producten is, in tegenstelling tot veel andere kritieke metalen, een belangrijke bron van kobaltvoorziening voor de EU. Het is geschat dat 22% van de jaarlijkse consumptie van kobalt in de EU afkomstig was van het einde van de levensduur schroot in 2016.

Het kobaltgehalte in oplaadbare batterijen aan het einde van de levensduur vormt een aanzienlijke potentie voor recycling. Momenteel is het materiaal dat de meeste belangstelling trekt in recyclers van Li-on batterijen kobalt (Mathieux et al. 2017). Recycling van kobalt in batterijen heeft die voorkeur, aangezien batterijen goed zijn ingezameld vanwege de EU-afvalwetgeving (Battery Directive). De belangrijkste problemen die verband houden met kobaltterugwinning uit gebruikte batterijen hebben betrekking op het sorteren en identificeren van de batterijsamenstelling (Sundqvist Ökvist et al. 2018). In 2016 heeft de EU het recyclingpercentage van kobalt geschat op 32%, rekening houdend met 100% van de recycling van batterijen voor elektrische voertuigen. Aanzienlijke kansen om kobalt uit EV-batterijen te recyclen, kunnen in de loop van de komende jaren worden verwacht. Grootschalige recycling is te verwachten na 2025. Deze prognose is gebaseerd op een gemiddelde geschatte levensduur van Elektrische Voertuigen van acht jaar. De proceskeuze voor kobaltterugwinning uit gebruikte batterijen hangt af van het type kobalt houdende batterij. Meestal zijn grote nikkel-kobalt batterij smelterijen ook in staat om kobalt terug te winnen uit verbruikte batterijen (en niet alleen nikkel. In gevallen waarin het oude schroot van kobalt houdende legeringen gescheiden wordt ingezameld (bijv. superlegeringen) kan het direct worden omgesmolten in de vorm van de originele legering voor dezelfde toepassingen (bijv. turbinebladen, onderdelen van straalmotoren, magneten) onder de voorwaarde dat de samenstelling van de legering is gecertificeerd of kan worden gegarandeerd. Het recyclingpercentage voor gasturbinemotoren, vliegtuigen en raketten

wordt gerapporteerd op 90% en voor magneten 10% (Harper, Kavlak en Graedel 2012). Overig schroot kan meestal ook worden gerecycled in een industriële sulfidesmelterij, door gelegeerd schroot te mengen met primair kobaltsulfide concentraten. Legeringsschroot (meestal Ni-Co) wordt ook behandeld met behulp van hydro-metallurgische methoden, waardoor de scheiding en terugwinning van andere waardevolle elementen (W, Ta, Re) ook mogelijk wordt gemaakt (Sundqvist Ökvist et al. 2018).

Voor gebruikte katalysatoren wordt recyclingtechnologie uit pyrometallurgische en hydrometallurgische hoek gebruikt. Volgens (Harper, Kavlak en Graedel 2012) zijn alleen katalysatoren van de kunststofproductie beschikbaar voor recycling, maar niet katalysatoren die worden gebruikt bij aardolieraffinage. Kobalt in gecementeerde carbideproducten kunnen worden teruggewonnen voor ombouw. Na de gebruiksfase kunnen deze worden hergebruikt, bijvoorbeeld door oplossen in gesmolten zink en zinkdestillatie (Sundqvist Ökvist et al. 2018).

4.2.9 Lithium

Lithiumrecycling is lange tijd onbeduidend geweest vanwege het dissipatieve eindgebruik, bijvoorbeeld in.

smeervetten, metallurgie, glas en keramiek katalysatoren. De enige afvalstroom met duidelijke recycling potentieel voor secundair lithium zijn gebruikte Li-ion batterijen (Nogueira 2017). Dit betekent dat lithium recycling zich moet richten op de standaarden in sectorplan 13. Recycling van Li-ion batterijen is echter een complex en kostbaar proces dat wordt belemmerd door de grote verscheidenheid aan chemicaliën en batterij ontwerpen. De batterijrecycling heeft veel aandacht gekregen in de afgelopen jaren vanwege het voortdurend toenemende gebruik van Li-ion-batterijen, vooral in elektrische voertuigen. Tegelijkertijd zijn al regelgevende instrumenten van toepassing in de EU, zoals de Richtlijn 2000/53/EG (Richtlijn autowrakken), de Richtlijn 2012/19/EU (richtlijn inzake afgedankte elektrische en elektronische apparatuur) en de Richtlijn 2006/66/EG (Batterijrichtlijn). Er wordt gestreefd naar een hoog niveau van recycling van Li-ion batterijen in elektrische voertuigen en elektronische apparatuur.

Tegenwoordig is het terugwinnen van lithium uit batterijen technisch haalbaar, maar tot 2017 werd recycling op industriële schaal niet als kosteneffectief beschouwd in vergelijking met primaire benodigdheden. Als gevolg hiervan lag de belangrijkste focus van recyclingfabrieken voor Li-ion batterijen op het recyclen van kobalt, nikkel en koper, die een hogere economische waarde hebben dan lithium. Op wereldschaal wordt slechts een kleine hoeveelheid (20 ton in 2016) lithium recycling gerapporteerd uit secundaire bronnen (BRGM 2017). Gezien de recente introductie van EV's op de Europese markt, en rekening houdend met de gemiddelde levensduur van EV-componenten (naar schatting ongeveer tien jaar), heeft een aanzienlijk aantal EV's nog geen einde van zijn levensduur bereikt.

Hydro metallurgische recyclingmethoden van afgedankte Li-ion-batterijen maken het mogelijk om

lithium als een lithiumcarbonaat precipitaat terug te winnen. In pyro-metallurgische processen blijft lithium in de slak aanwezig, die vervolgens kan worden gebruikt als bouw materiaal. Dit is echter geen volwaardige recycling, want het lithium kan niet los worden ingezet van de slak.

Recycling van Li-ion-batterijen heeft het potentieel om een doorgaande en veilige secundaire bron van lithiumlevering voor de EU te zijn in de toekomst (Blagoeva et al. 2016), op voorwaarde dat prijzen het economisch aantrekkelijk maken.

4.2.10 Magnesium

Secundair magnesium is een belangrijk onderdeel van de wereldwijde magnesiumvoorziening, met een recyclingproductie die wordt geschat op 200-250 kt per jaar, waarvan 125 kt per jaar in de VS (International Mining, 2016). De hoeveelheid secundair materiaal die in de industrie wordt gebruikt is afhankelijk van verschillende factoren, onder andere de hoeveelheid materiaal die verloren gaat bij de smeltcyclus, de hoeveelheid verschillende gegoten componenten, de kwaliteit van processchroot van recycling en de operationele efficiëntie. Op EU-niveau is de magnesiumrecyclingcapaciteit ongeveer 75.000 ton per jaar, voornamelijk gericht op schoon industrieel schroot. De belangrijkste Europese spelers bevinden zich in Oostenrijk (Non ferrum), Tsjechië (Magnesium Elektron 163), Duitsland (Magontec, Real Alloy), Duitsland GmbH, Hongarije (Salgo-Metal), Servië (Mg Serbien), Roemenië (Magontec) en in het VK (Magnesium Elektron). In de EU wordt het aandeel secundair magnesium in het totale magnesiumgebruik geschat op 12-13% in het rapport van (Bell et al. 2017)

Er bestaan verschillende recyclingmethoden voor magnesium en die worden momenteel vooral gebruikt om magnesiumschroot opnieuw te smelten. Laagwaardig magnesium wordt gebruikt in reagentia, die in staalontzwareling of andere markten worden toegepast, als vervanging voor primair magnesium. Er is geen recycling van magnesium uit toepassingen gericht op staalontzwareling. Om kwaliteitscriteria te garanderen (in termen van chemische samenstelling, oxidegehalte) voor secundaire en primaire grondstoffen, kunnen aanvullende recyclingmethoden nodig zijn, met name voor oud schroot. Zo verlaagt de toevoeging van mangaan het ijzergehalte; en zorgen distillatie of verdunning voor nikkel- en kopercontrole (IMA, 2016). In de EU wordt een groot deel van magnesium gebruikt als legeringselement bij de productie van aluminiumlegeringen en afgeleide toepassingen. Daarom wordt het meeste magnesiumschroot aan het einde van de levensduur gerecycled als onderdeel van de aluminiumstroom. Bovendien zijn magnesiumlegeringen volledig recyclebaar zodra ze zijn verzameld uit producten aan het einde van hun levensduur.

Recycling of hergebruik van industrieel schroot is gebruikelijk in de magnesiumindustrie; het schroot dat is bewaard binnen een gesloten industrieel systeem vermindert de vraag naar primair magnesium tot 50%.

4.2.11 Niobium

Volgens het Milieuprogramma van de Verenigde Naties (UNEP, 2011) is het wereldwijde recycling percentage voor niobium, voornamelijk als bestanddeel van schroot van Ferro niobium (bijv. staal), meer dan 50%. De hoeveelheid niobium die fysiek en apart wordt teruggewonnen uit schroot (d.w.z. functionele recycling) is verwaarloosbaar. In 2018 is Strategic Minerals Spain (SMS) begonnen met de verwerking van residuen van afvalgesteenten en zogenaamde “tailings” uit mijnbouwactiviteiten. Doel is om tantaal en niobium mineralen terug te winnen, door een “gravimetrisch” scheidingsproces en, zonder chemische producten of afval. Geschat wordt dat in die mijn vele honderden kilotonnen Ni aanwezig zouden kunnen zijn in mijnbouwafval, met bovendien aangegeven minerale hulpbronnen met gemiddelde waarden van 77 parts per million tantaal en 443 parts per million tin als bijproducten.

Er is geen bewijs dat sectorplannen in Nederland inspelen op de recyclingoperaties die elders in de wereld plaatsvinden.

4.2.12 PGM

Platina heeft door zijn waarde een aanzienlijke recyclingindustrie veroorzaakt gericht op het winnen van secundaire PGM. De PGM zijn technisch zeer goed recyclebaar vanwege hun nobele eigenschappen en duurzaamheid in gebruik, maar ook omdat zeer hoge terugwinningspercentages van het metaalgehalte kunnen worden bereikt zodra het PGM-bevattende schroot in een moderne raffinage-installatie wordt verwerkt. In dit geval zijn terugwinningspercentages voor platina en palladium van meer dan 95% technisch haalbaar. Deze terugwinning vindt plaats uit de katalysatoren die onder sectorplan 12 vallen. Hoewel er ook in sectorplan 03 en andere sectorplannen wordt gesproken over katalysatoren, zijn deze voor PGM-terugwinning niet van belang. Met de huidige state-of-the-art technieken zijn voor rhodium, iridium en ruthenium de metallurgische opbrengsten iets lager maar nog steeds hoog (Hagelüken, 2014; Sundqvist Ökvist et al., 2018). Naast de technische haalbaarheid van recycling, productie uit afgedankte producten is zoals eerder aangegeven economisch aantrekkelijk omdat de PGM heeft, net als alle edelmetalen, een hoge intrinsieke waarde (Hagelüken, 2014). Daarom is het potentieel voor effectieve recycling is over het algemeen uitstekend, behalve in sommige toepassingen en/of bij gebruik in minimale hoeveelheden (UNEP, 2011).

Naast de positieve impact op de leveringszekerheid, brengt PGM-recycling minder schade toe aan het milieu. Secundaire productie van PGM heeft een lagere milieu-impact dan primaire productie door de veel hogere PGM-concentratie in veel end-of-life producten vergeleken met de (zeer!) lage ertssoorten die wereldwijd voor PGM-winning worden gebruikt. Een autokatalysator kan bijvoorbeeld maximaal 2.000 gram per ton PGM bevatten. In de keramische “katalysatorsteen” en computermoederborden zit ongeveer 80 gram per ton palladium. Dit is aanzienlijk hoger in vergelijking met 2-6 gram per ton die gemiddeld worden gehanteerd in de PGM-mijnen (Hagelüken, 2012). Gerecycled platina, palladium en rhodium leveren een aanzienlijk deel van het totale wereldwijde aanbod aan PGM. Dit is voldoende om de markt in evenwicht te houden en de kloof tussen mijnproductie en consumptie te dichten (Zientek et al., 2017). In 2018 werd ongeveer 29% (173 ton) van het wereldwijde aanbod van platina, palladium en ruthenium verkregen door recycling (Johnson Matthey, 2019), terwijl dit aandeel in 2005 13% (74,5 ton) was. Met betrekking tot ruthenium en iridium wordt aangenomen dat het aandeel van de metaalvoorraad geproduceerd door recycling is lager dan voor platina, palladium en rhodium, terwijl de literatuur niet erkent dat osmium wordt gerecycled.

Er zijn wel technische uitdagingen bij het recyclen van PGM, vooral voor complexe producten zoals voertuigen en computers. De belangrijkste belemmering bij het effectief recyclen van PGM is om ervoor te zorgen dat producten aan het einde van hun levensduur op de juiste manier worden ingezameld. Bij open-loop recycling van afgedankte consumptieproducten is goede recycling afhankelijk van tal van factoren, zoals de geldende prijs en marktmechanismen, consumentengedrag, relevante wetgeving etc. Die hebben allen invloed op de inzamelefficiëntie (Hagelüken, 2014). Bijvoorbeeld, dalende staalschrootprijzen (zoals die golden tussen 2014 en 2016) hebben een negatief effect op het aantal autowrakken wereldwijd dat de sloop bereikt, wat leidt tot langere levensduur van voertuigen en lagere hoeveelheden gebruikte katalysatoren die worden verwijderd voor het verwerken van afval. Ook hebben lage PGM-prijzen op korte termijn een negatief effect op het herstel van autokatalysatoren, aangezien deze kunnen leiden tot het aanleggen van voorraden katalysatorschroot (Johnson Matthey, 2019).

Afsluitend nog iets over iridium recycling. Het meeste iridium wordt gebruikt in gesloten industriële toepassingen (inclusief proceskatalysatoren en elektroden) waar de verliezen

laag zijn en de recyclingpercentages hoog. Een recyclingpercentage van 40-50% is gerapporteerd door (UNEP, 2011) en (Hagelüken, 2014). In de meeste consumptiegoederen is het recyclingpercentage van iridium erg laag omdat het wordt gebruikt in dissipatieve toepassingen, zoals bougie tips of in medische implantaten die aan het einde van hun levensduur niet worden teruggewonnen.

4.2.13 Silicium

De meeste chemische toepassingen van silicium zijn dissipatief, waardoor er geen recycling mogelijk is. In de laatste jaren zijn er functionele recyclingfabrieken van Si-schroot van wafels en van fotovoltaïsche panelen, zoals Resitec in Noorwegen dat wafels recyclet die zijn gegenereerd bij de productie van fotovoltaïsche materialen (PV). Resitec produceert meer dan 500 ton gerecycled, zeer zuiver silicium metaalpoeder per jaar (Moen, et. al., 2017). De recyclingfabriek Veolia in Frankrijk recyclet afgedankte zonnepanelen, met als resultaat silicium dat in de elektronische industrie wordt gebruikt. Deze secundaire stroom silicium is van hogere kwaliteit dan secundair silicium dat wordt ingezet voor andere toepassingen. Het meeste van het industriële siliciumschroot dat wordt gegenereerd tijdens de productie van kristallen ingots en wafels voor elektronische toepassingen kan daarom worden gebruikt in de fotovoltaïsche industrie (Woditsch en Koch, 2002). Industrieel silicium schroot is naar verwachting beperkt aanwezig in de Nederlandse industrie, maar als het er is zal het binnen sectorplan 12 vallen.

Er is geen functionele recycling van siliciummetaal die in aluminiumlegeringen aanwezig zijn. In de industrie die silicium van metallurgische kwaliteit koopt zijn er afzonderlijke of gespecialiseerde processen voor tal van metalen, maar er wordt echter heel weinig materiaal terug op de markt verkocht door metallurgische siliciumgebruikers. Hoewel er nieuwe functionele recyclingfabrieken voor siliciummetaal lijken te zijn gebouwd, is het niet mogelijk om de precieze bijgewerkte recyclinginput aan het einde van de levensduur voor siliciummetaal te bepalen. De verwachting is dat dit de komende jaren niet sterk zal veranderen.

4.2.14 Strontium

Er wordt thans aangenomen dat betekenisvolle recycling van strontium niet plaatsvindt.

4.2.15 Tantaal

De recyclingpercentages voor tantaal variëren afhankelijk van het type materiaal en de fase in de leveringsketen. Op verwerker niveau is het in het belang van een OEM die tantaal gebruikt om een zo hoog mogelijk rendement te behalen (Schwela, 2019), vanwege de lage concentraties die doorgaans worden toegepast. Tantaal kan worden teruggewonnen uit schroot, verbrandingsbodemassen, superlegeringen, pyrometallurgische slakken en tinslakken.

Terugwinning uit mijnbouwafval en stortplaatsen wordt bereikt door temperatuurontsluiting in een zwavelzuur, resulterend in een sterk gezuiverd tantaal en niobium (Sundqvist Ökvist et al. 2018). Het recyclingpercentage aan het einde van de levensduur van tantaalproducten is minder dan 1% (UNEP, 2011). Desalniettemin bestaat er recycling van gebruikte artikelen die tantaal bevatten, maar recycling richt zich toch voornamelijk schoon industrieel schroot. Dit zou binnen sectorplan 12 passen, wat mogelijk is in Nederland gezien specifieke maakindustrie gericht op vliegtuigonderdelen. In de luchtvaartindustrie worden bijvoorbeeld turbinebladen opgewerkt. De samenstelling van superlegeringen is bekend of kan worden getest, en de legeringen worden toegevoegd aan de smelt bij het produceren van nieuwe

legeringen (Roskill, 2018). Processorschroot en andere secundaire materialen vormen ook een belangrijk onderdeel van de tantaallevering. Schroot dat tijdens de fabricage ontstaat, bijvoorbeeld van condensatoren, wordt teruggestuurd naar processors. De belangrijkste bron van dit gerecyclede materiaal is afkomstig uit de elektronica-industrie (condensatoren, sputteren) Schattingen uit verschillende bronnen geven dat ongeveer 30% van de nieuwe vraag naar tantaal in elk jaar wordt met dergelijk materiaal voldaan, een cijfer dat gedurende enkele decennia nauwelijks varieerde (Burt, 2016). In de EU tellen verschillende recyclers en verwerkers tantaal mee in hun activiteiten. Enkele hoofdrolspelers in tantaalwinning zijn beschikbaar in Duitsland, Estland, Frankrijk (uit de kaolienmijnbouw) en Spanje (uit de tinmijnbouw) (Sundqvist Ökvist et al. 2018).

4.2.16 Titanium

Titanium heeft een enigszins ontwikkelde recyclingindustrie. Het recyclingspercentage aan het einde van de levensduur voor titanium wordt geschat op 19%, met behulp van de UNEP-methodologie (UNEP, 2011) Het rapport (UNEP, 2011) toont hoeveelheden titaniumschroot die wereldwijd worden gebruikt. In 2012 werd ongeveer 35.000 ton nieuw schroot en 1.000 ton oud schroot gerecycled. De staalindustrie gebruikte ongeveer 10.000 ton gerecycled titanium en Ferro titanium, 1.000 ton werd gebruikt door de superlegeringsindustrie en nog eens 1.000 ton door andere industrieën. Gerecyclede inhoud van oud (post-consumptie)-schroot is goed voor 6% van het totale gebruik. Dit schroot valt binnen sectorplan 12 en komt met enige waarschijnlijkheid voor in Nederlandse afvalstromen. In de toekomst zal gerecycled titanium slechts een klein deel dekken van de wereldwijde vraag, door een snel stijgende verwachte consumptie (UNEP, 2011). Het verwerken en bijgevolg gebruiken van titaniumschroot is een al lang bestaande praktijk met patenten die uit de jaren vijftig stammen. Het smeltproces van de “koude kern” is zo’n patent, het droeg bij tot een grotere input van secundair titanium vanaf de jaren 80 (Newman, 2015).

4.2.17 Vanadium

De recyclinggraad van vanadium ligt over het algemeen laag. De enige twee bronnen zijn staalschroot, dat samen met het vanadiumgehalte werd gerecycled, en chemische proceskatalysatoren aan het einde van hun levensduur. Ook bepaalde vanadium houdende gereedschappen kunnen worden gerecycled. Het totale aandeel van de wereldproductie van vanadium uit secundaire bronnen in de periode 2004-2010 wordt nu geschat op rond de 44%, hoewel lagere schattingen worden gemaakt door de Europese Commissie. Belangrijk om op te merken is dat dit omvat de levering van vanadium uit de recycling van legeringen. Zonder de overweging van legeringsrecycling secundaire bronnen zouden 15% van de vereiste vanadiuminput dekken (SWEREA, 2014). Er bestaat enige economische activiteit in de EU gespecialiseerd in vanadiumrecycling in Zweden, maar op academische schaal. In Nederland is industrieel gebruik van vanadium ook nog zeer kleinschalig en gericht op kleine stromen, als zodanig wordt er weinig recyclingpotentieel gezien.

4.2.18 Wolfraam

Secundair wolfraam komt voor in twee hoofdtypen bronnen, namelijk in afval van de verwerking van het materiaal dat niobium bevat, evenals producten aan het einde van hun levensduur uit urban mines en productieresiduen (Sundqvist Ökvist et al. 2018). De basismetalaalindustrie in Nederland heeft reeds een stroom van secundair wolfraam geïnitieerd en er wordt potentie gezien voor het toenemen van deze stroom (die zich bevindt in sectorplan 12). Wolfraamschroot is vanwege zijn hoog wolfraamgehalte in vergelijking met erts, een zeer waardevolle bron. In de EU zijn verschillende onderzoeksprojecten

ontwikkeld om wolfram terug te winnen, bijvoorbeeld de terugwinning van wolfram uit gebruikte selectieve katalytische reductie (SCR)-katalysatoren die worden gebruikt in de chemische industrie. Een methode die wordt gebruikt om wolfram terug te winnen, omvat een uitloogreactie onder druk met soda-vergistingsproces, met NaOH als uitloogmiddel. De verkregen oplossing bevat wolfram en vanadium. De methode bleek succesvol voor het recyclen van beide metalen. De terugwinning van wolfram uit afvalwater van PCB is een ander project dat zich richt op wolframrecycling. Hoewel het metaal in kleine hoeveelheden wordt gebruikt kan het worden getraceerd in printplaten (PCB), en in gebruikte bedradingen/contacten/elektrodes/emitters en koellichamen. Het proces dat wordt gebruikt om wolfram terug te winnen, wordt emulsievloeistof genoemd. Omdat wolfram ook vaak wordt gebruikt als metaalionen en ook koolwaterstoffen of biologische verbindingen is afvalwater een relevante bron. De technologie bevindt zich nog in een vroeg stadium van ontwikkeling, maar de tests resultaten hebben aangetoond dat de scheiding van W uit afvalwater mogelijk is (Sundqvist Ökvist et al. 2018)

De recyclingactiviteiten binnen Europa rondom wolfram zijn aanzienlijk toegenomen sinds de wereldwijde economische crisis in 2009. Experts rapporteren een recyclingpercentage voor wolfram in de EU van wel 45-50%. De recycling inputpercentage van nieuw en oud schroot voor wolfram werd geschat op 35%. Experts van ITIA Schatten het recyclingpercentage aan het einde van de levensduur rond de 30%.

4.2.19 LZAM en ZZAM

Zeldzame aarden blijven een hoofdpijndossier voor recycling, zelfs na enige pogingen ontstaan in de 'rare Earth Hype' rond 2010. Recycling van R&D voor nieuwe processen kregen een nieuwe impuls in 2011 in een context van hoge prijzen en onzekerheid over het aanbod, toen China een verlaging van de exportquota aankondigde. Er zijn meerdere groepen producten die potentieel bieden voor recycling van ZAM, zoals neodymium, dysprosium, praseodymium, samarium, gadolinium, europium, terbium, maar ook cerium en lanthaan.

Tegenwoordig is het recyclingpercentage nog steeds erg laag, meestal minder dan 1%, vooral in Europa vanwege het gebrek aan efficiënte inzamelsystemen en onbetaalbare kosten voor het bouwen van ZAM-recyclingcapaciteiten (ERECON, 2014). Er worden hogere recycling input percentages voor europium, yttrium en terbium gerapporteerd alleen dankzij de recycling van fluorescentielampen. Rhodia-Solvay, een van de belangrijkste op ZAM gebaseerde fosforproducenten in de EU, heeft een recyclingsysteem ontwikkeld samen met Umicore in Frankrijk in 2012, maar moest de activiteiten stopzetten tegen januari 2016 omdat het oneconomisch was geworden (Delamarche, 2016). Solvay produceert nog steeds verschillende ZAM producten, zoals gadolinium, lutetium en yttriumoxiden, ceriumoxiden en hydroxiden, en neodymiumversataat en neodymiumfosfaat. Deze worden gebruikt in de chemische, medische, nucleaire, glas- en elektronische toepassingen. Er zijn in het recente verleden als echter veel onderzoeksprojecten gestart om doelstellingen en kansrijke processen voor ZAM te identificeren (ERECON, 2014). Recycling is vaak moeilijk vanwege de manier waarop ZAM als kleine componenten zijn verwerkt in complexe items of maken deel uit van complexe materialen. De benodigde processen zijn energie-intensief en complex (Schüler et al., 2011). Desalniettemin, zoals voor veel metalen, is het nieuwe schroot dat tijdens de vervaardiging van legeringen ontstaat een belangrijke secundaire bron, voornamelijk in een gesloten kringloop (30% van de magneetlegeringen komt terecht in schroot tijdens de fabricage) (Higgins, 2016).

4.3 Generieke en specifieke potentie door betere verwerking: een analyse door GeoFluxus

GeoFluxus is een Rotterdamse start-up die zich gespecialiseerd heeft in het (letterlijk en figuurlijk) in kaart brengen van (officieel gerapporteerde) afvalstromen waarmee het mogelijk is tot optimalisatie in de verwerking van afvalstromen te komen. GeoFluxus heeft in het kader van deze verkenning een kwantitatieve analyse gemaakt van de vijf sectorplannen met de grootste hoeveelheden kritieke materialen in Nederland. Daarbij is gekeken naar hoe de verschillende EURAL-codes binnen deze sectorplannen op dit moment verwerkt worden en wat de hoogst mogelijke en beschikbare verwerkingsmethode voor deze EURAL-codes is in Nederland in 2019. Deze analyse wordt, per sectorplan, gepresenteerd aan de hand van drie visualisaties, bestaande uit één stroomdiagram en twee bijbehorende stroomkaarten.

Het **stroomdiagram** toont aan de linkerzijde de verschillende huidige verwerkingsmethoden van de verschillende afvalstromen en aan de rechterzijde de meest ‘hoogwaardige’ geregistreerde verwerking van die afvalstromen in Nederland in 2019. Daarnaast zijn de **stroomkaarten** ook digitaal en interactief beschikbaar, meer informatie kan hierover gevonden worden in appendix D. Een belangrijke disclaimer daarbij is dat de data die onder de afbeeldingen ligt onvolkomenheden kan vertonen.

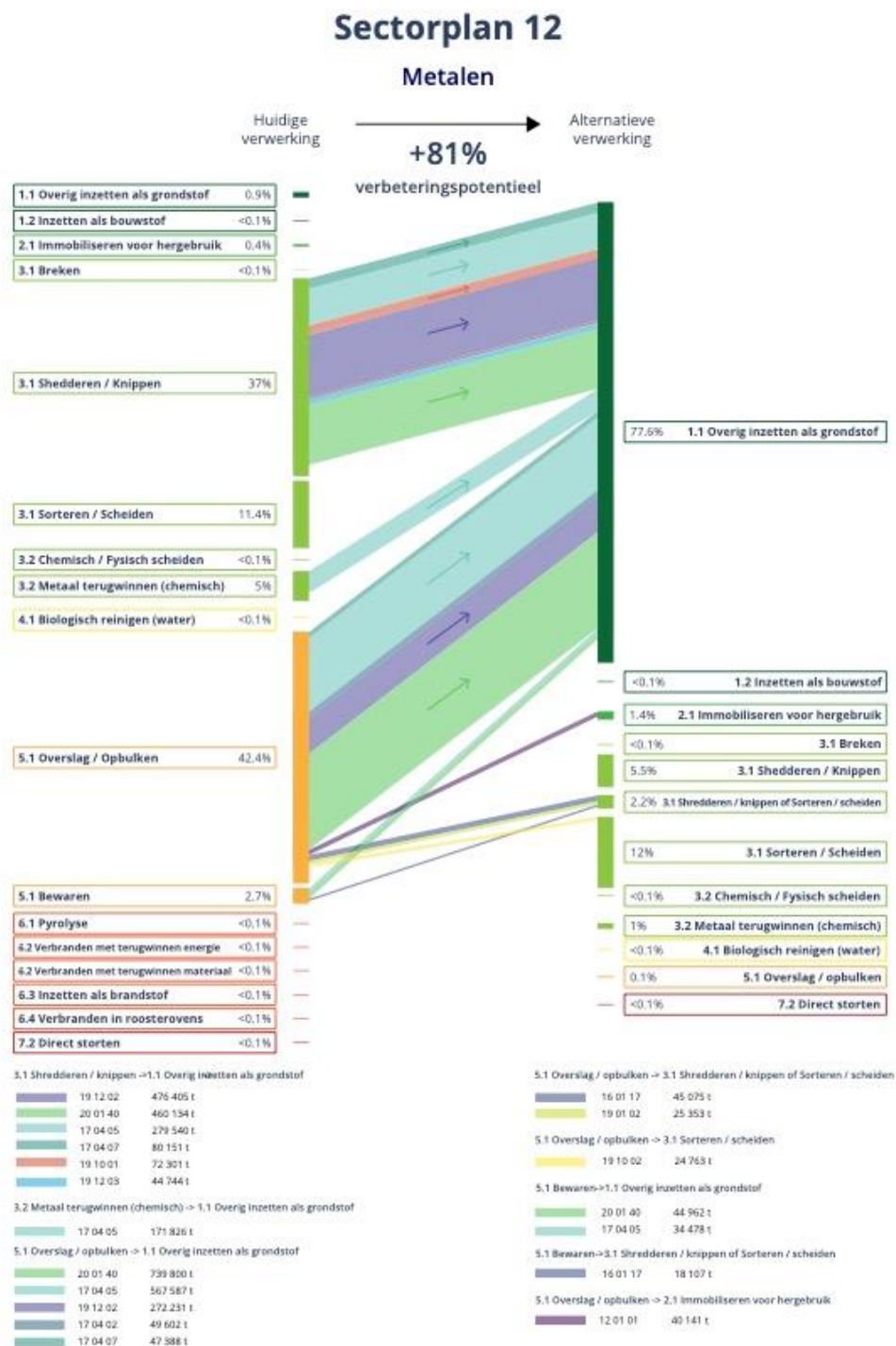
De verwerkingsmethoden van de afvalstromen zijn direct af te leiden uit de individuele registraties van bedrijfsafval in het Landelijk Meldpunt Afval (LMA). Met name het type afval (aangegeven met de EURAL-code) en de verwerkingsmethode (volgens de verwerkingsmethodecodes van het LMA <https://www.lma.nl/fag/nummers-codes/verwerkingsmethode/>) zijn essentieel voor het berekenen van het verbeteringspotentieel. De 32 verwerkingsmethodecodes zijn geclusterd tot 7 verwerkingsmethodegroepen in samenwerking met de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied en de provincie Noord-Holland voor praktische toepassing volgens de principes van de ladder van Lansink.

Vervolgens is er een vergelijking gemaakt tussen de verwerkingsmethoden per EURAL-code. Als binnen de EURAL-code het afval volgens een hogere verwerkingsmethode wordt verwerkt dan wordt dat als verbeteringspotentieel aangemerkt. Daarbij moet worden opgemerkt dat er wel degelijk diversiteit binnen verschillende EURAL-codes aanwezig is. In andere woorden, dezelfde EURAL-code kan verschillende stoffen bevatten waardoor deze niet altijd met elkaar vergeleken kunnen worden. Echter, wegens het gebrek aan gedetailleerdere informatie is de berekening op dit informatieniveau uitgevoerd. Er bestaan ook uitzonderingen op de manier waarop alternatieve verwerkingsmethoden worden gesuggereerd. Zo bestaan er uitzonderingen op basis van verwerkingsmethoden, zoals afval dat noodwettig op een bepaalde manier moet worden verwerkt.

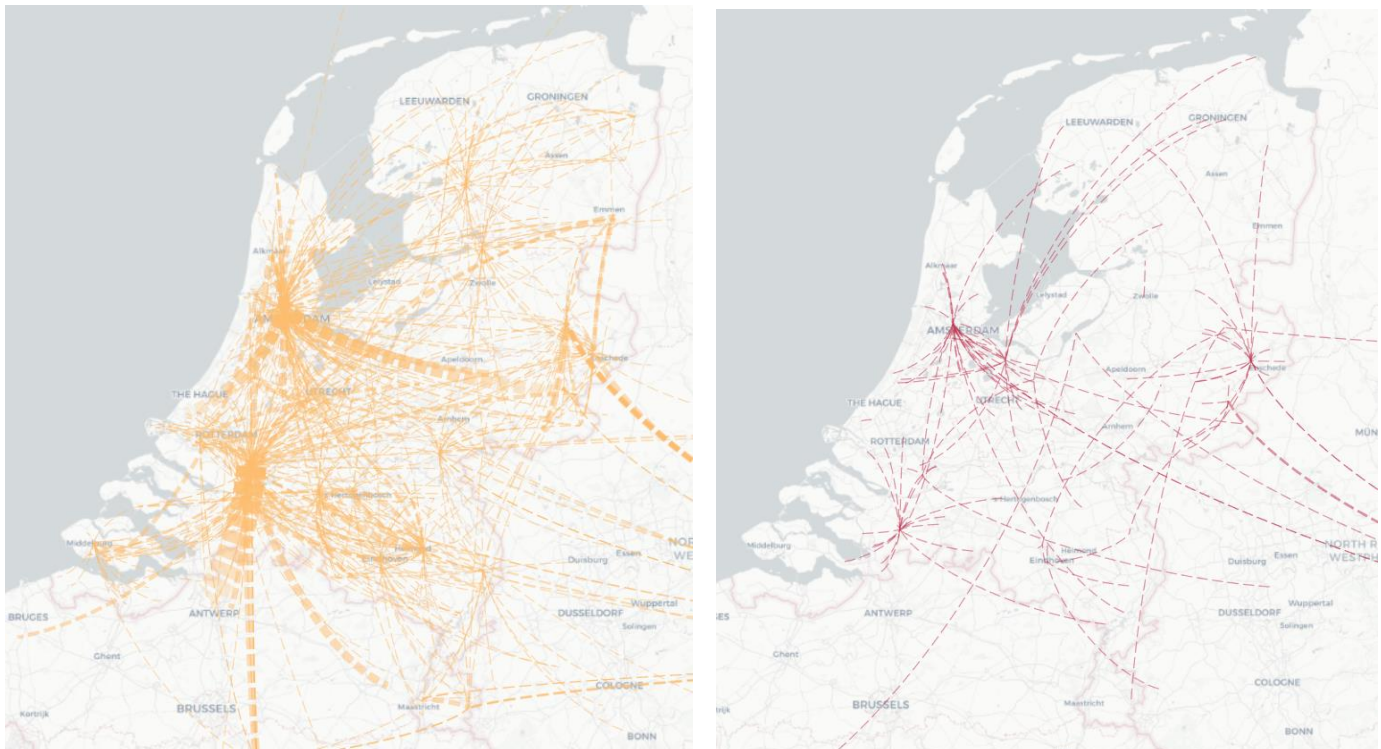
Deze analyse is voor iedere EURAL-code per sectorplan uitgevoerd. Hierbij zijn de hoogste verwerkingsmethoden, oftewel ‘best-practices’ op landelijk niveau meegenomen. Als er meerdere hoogwaardigere verwerkingsmogelijkheden worden geïdentificeerd, tonen we de meest hoogwaardige verwerkingsmethode.

4.3.1 Sectorplan 12 metalen

Metalen worden momenteel hoofdzakelijk opgeslagen en geshredderd als tussenmethoden voor recycling. Het meeste wordt fysisch verwerkt, een klein deel chemisch bij een kleine groep vatenbedrijven. De grootste metaalstromen komen uit gemengd stedelijk metaalafval, ijzer en staal uit bouw- en sloopaafval en de afvalverwerkende industrie. Volgens de bedrijfsmeldingen wordt al een deel van deze stromen in Nederland ingezet als grondstof, dit gebeurt op een handjevol industriële clusters in midden en zuid Nederland. Theoretisch zouden de stromen die nu worden voorbereid op recycling ook door deze bedrijven ingezet kunnen worden als grondstof. De locaties van deze verwerkingshubs liggen relatief dicht bij elkaar wat logistiek voordelig is.



Figuur 4.5: Stroomdiagram sectorplan 12, nationale potentie nationale op basis van de beste regionale verwerkingsmethode

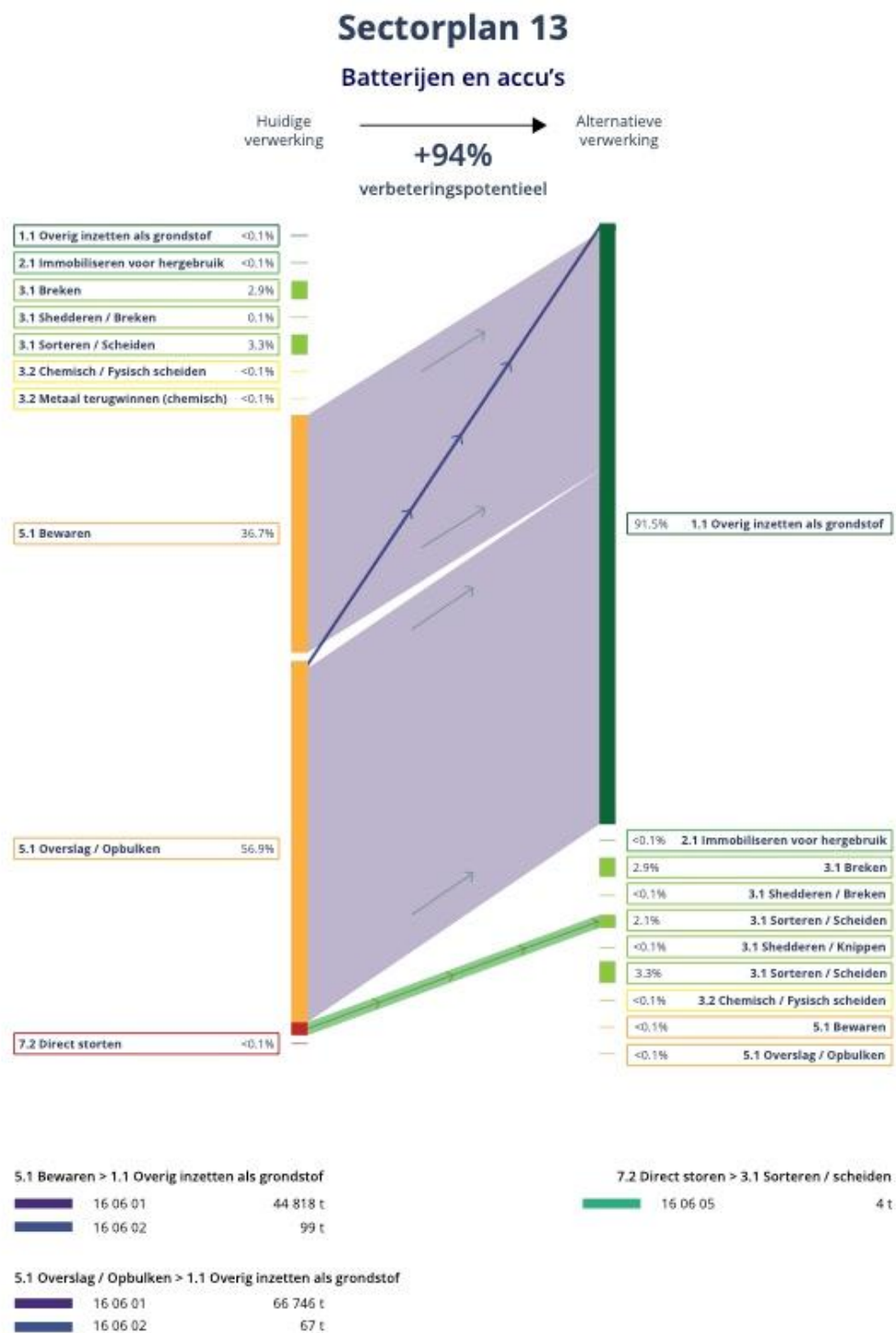


Figuur 4.6: Stroomkaarten sectorplan 12

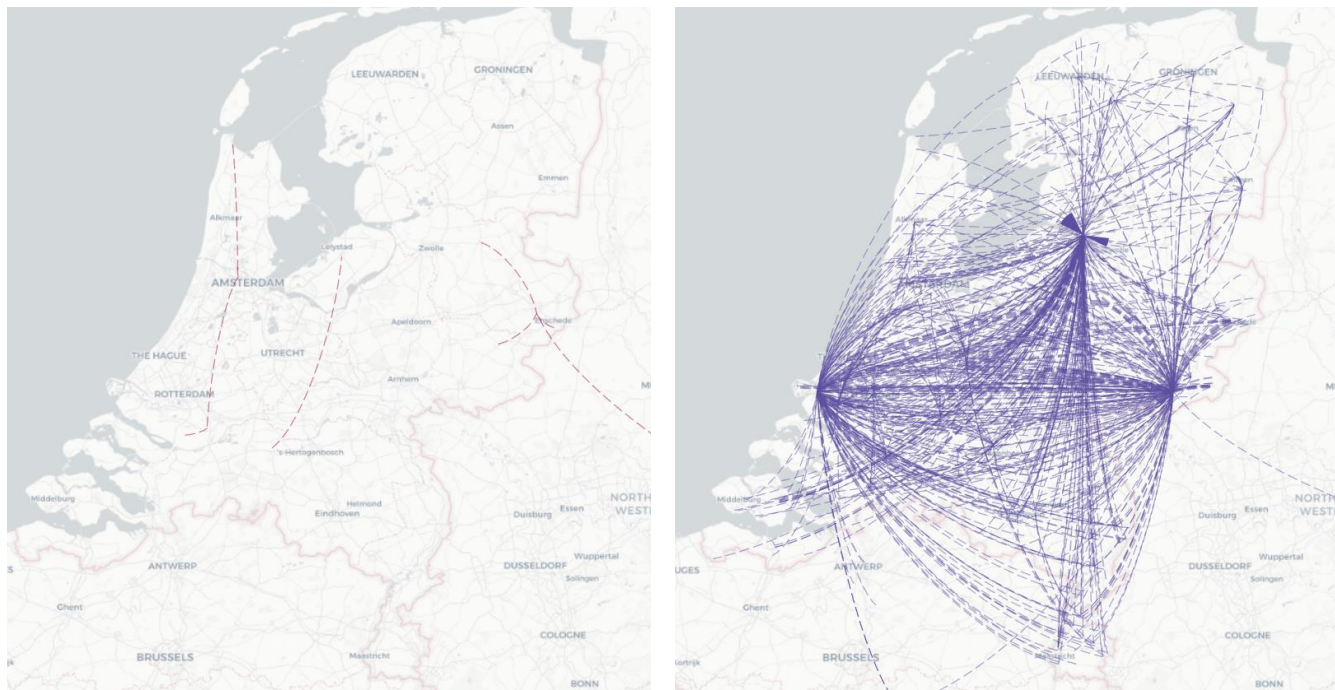
Afvalstromen van metalen onder sectorplan 12 die worden gesorteerd/ gescheiden (links) en ingezet als grondstof (rechts) (2019). Voor een interactieve versie van deze kaarten, kan de lezer het .html-bestand openen zoals aangegeven in bijlage D.

4.3.2 Sectorplan 13 Batterijen en accu's

Vergelijkbaar met het sectorplan 12 metalen worden batterijen en accu's hoofdzakelijk bewaard en gebult, met name op centraal gelegen posities in het midden van Nederland. Verder vindt er gelimiteerde voorbereiding voor recycling plaats d.m.v. sorteren/scheiden, breken, en shredderen, ook door een handjevol spelers. De grootste stroom bevat loodaccu's en andere batterijen en accu's die gevaarlijke stoffen bevatten. De loodaccu's kunnen volgens de bedrijfsafvalmeldingen in Nederland ook opnieuw worden ingezet als grondstof op drie locaties in Nederland.



Figuur 4.7: Stroomdiagram sectorplan 13, nationale potentie nationaal op basis van de beste regionale verweringsmethode

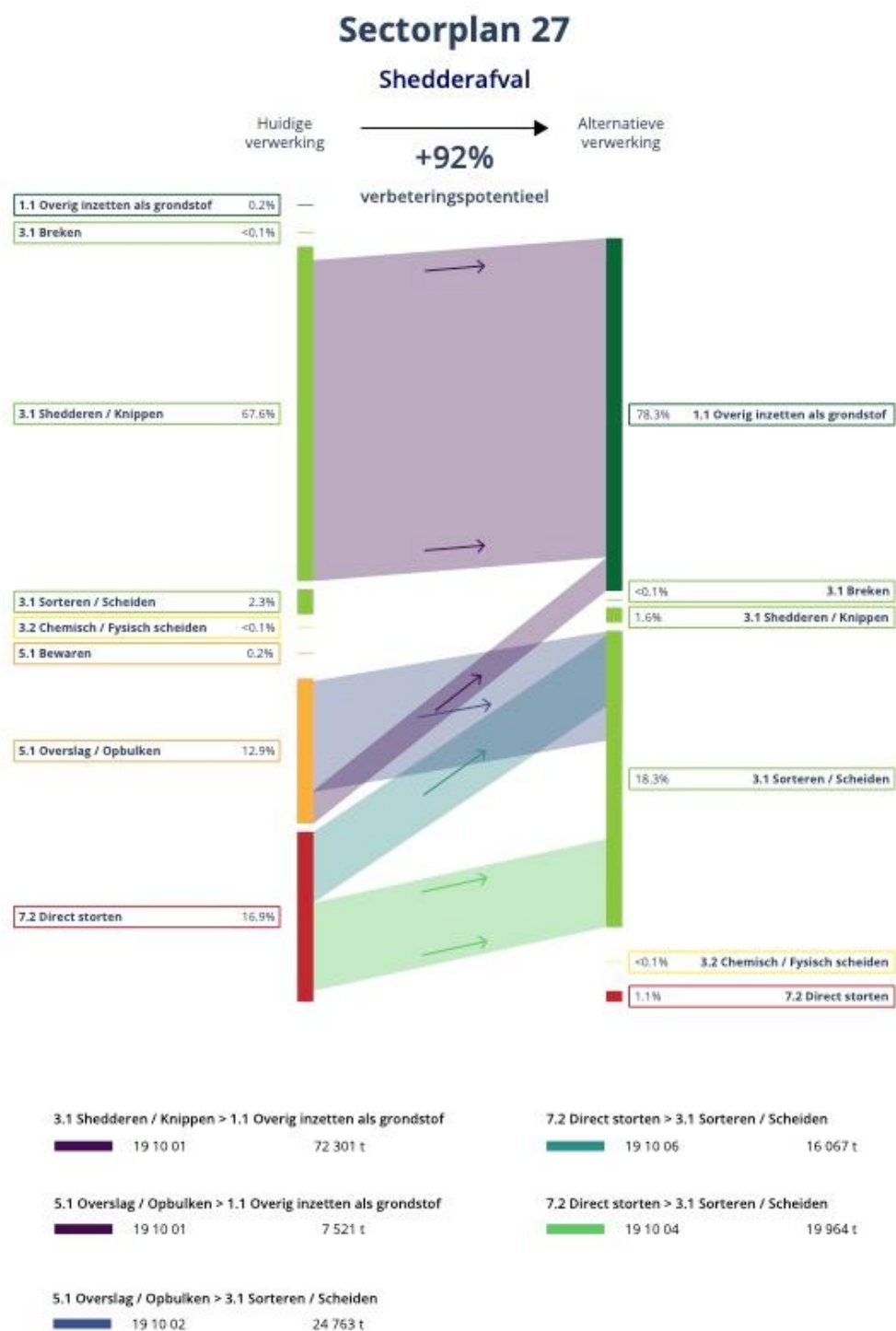


Figuur 4.8: Stroomkaarten sectorplan 13

Afvalstromen van batterijen en accu's onder sectorplan 13 die worden overgeslagen/gebulkt (links) en ingezet als grondstof (rechts) (2019). Voor een interactieve versie van deze kaarten, kan de lezer het .html-bestand openen zoals aangegeven in bijlage D.

4.3.3 Sectorplan 27 Shredderafval

Shredderafval wordt momenteel voornamelijk geshredderd/gebulkt, gebulkt, of gestort. Hier zien we dat ongeveer de helft van het materiaal dat nu wordt geshredderd en gebulkt kan worden ingezet als grondstof, met name ijzer- en staalafval. De andere helft kan worden gesorteerd/ gescheiden wat hoofdzakelijk bestaat uit non-ferroafval. Sommige stromen worden op verschillende locaties in Nederland gestort die gescheiden zouden kunnen worden, hier gaat het voornamelijk over stof uit afvalverwerking.



Figuur 4.9: Stroomdiagram sectorplan 27, nationale potentie nationaal op basis van de beste regionale verwerkmethode

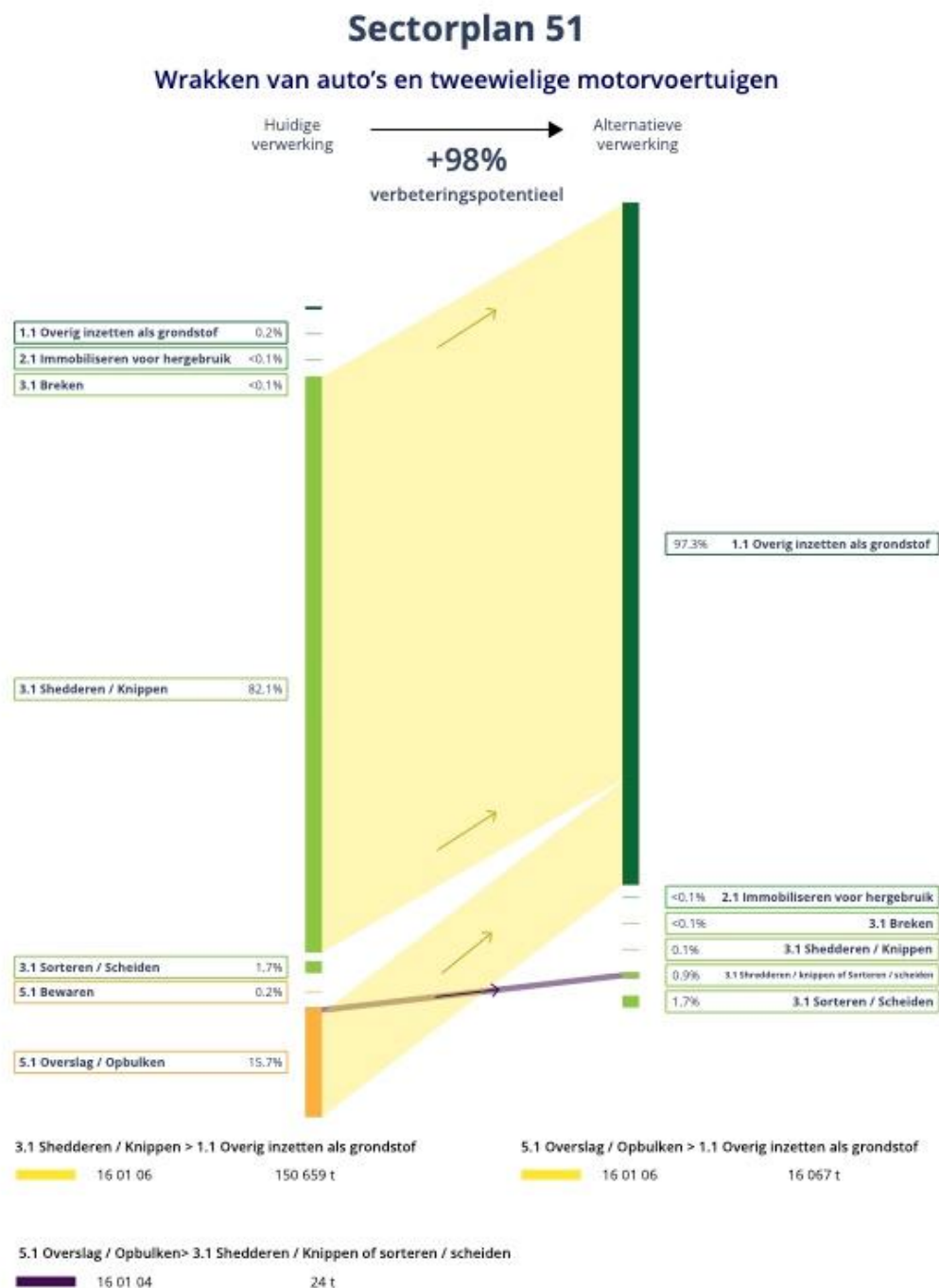


Figuur 4.10: Stroomdiagram sectorplan 27

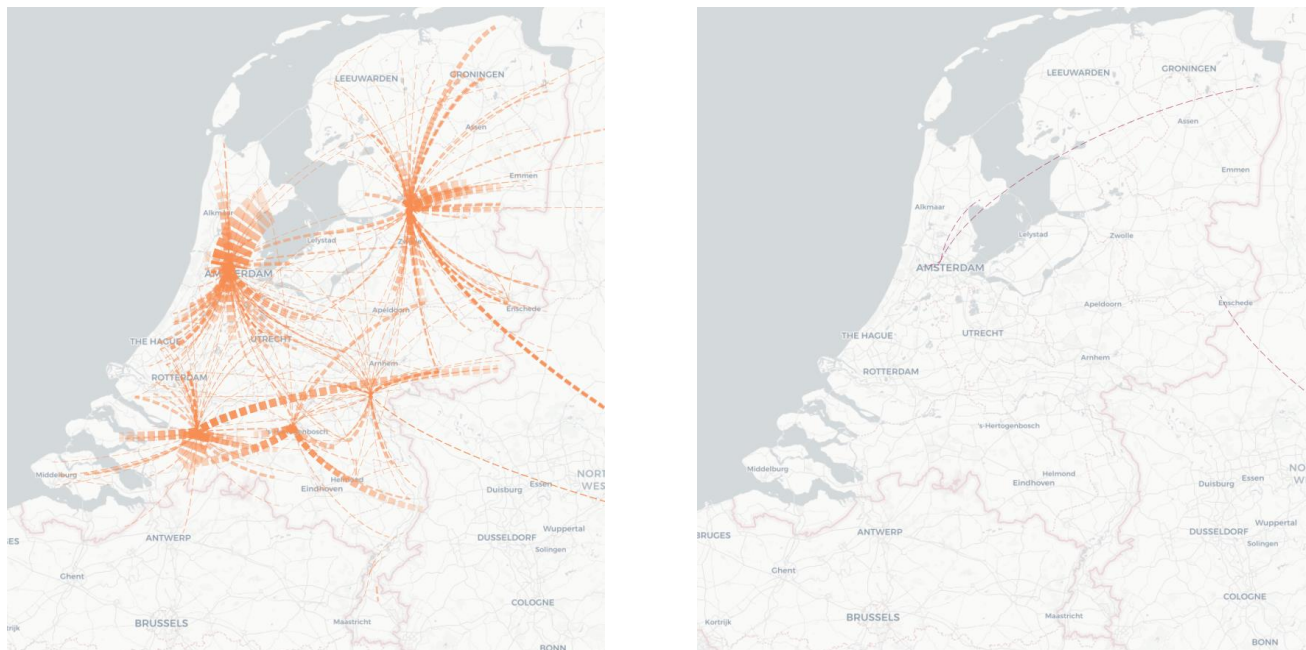
Afvalstromen van shredderafval onder sectorplan 27 die worden geshredderd/geknipt (links) en gesorteerd/gescheiden (rechts) (2019). Voor een interactieve versie van deze kaarten, kan de lezer het .html-bestand openen zoals aangegeven in bijlage D.

4.3.4 Sectorplan 51 Wrakken van auto's

Het merendeel van autowrakken wordt geshredderd op een handvol locaties in Nederland. Op dezelfde locaties wordt een klein deel gebulkt. In deze sector is er theoretisch veel verbeteringspotentieel aangezien het merendeel van deze stromen kan worden ingezet als grondstof. Echter deze verwerkingsmethode wordt door dezelfde verwerkers toegepast wat inhoudt dat er barrières zijn voor directe toepassing als grondstof. Sorteren/scheiden gebeurt op kleine schaal in het midden en zuiden van Nederland en heeft laag verbeteringspotentieel.



Figuur 4.11: Sectorplan 51, nationale potentie nationaal op basis van de beste regionale verwerkingsmethode

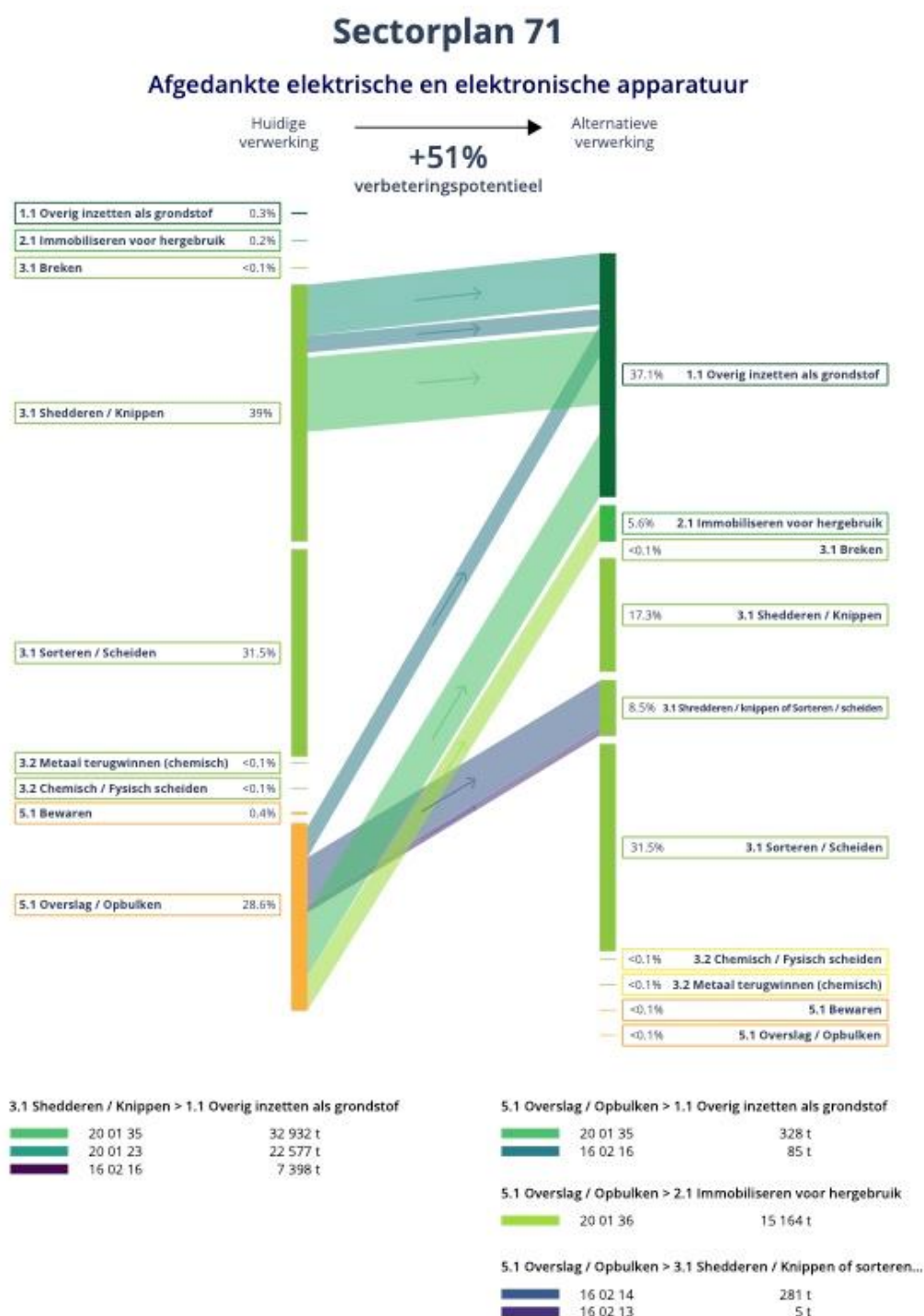


Figuur 4.12: Stroomkaarten sectorplan 51

Afvalstromen van wrakken van auto's en tweewielige motorvoertuigen onder sectorplan 51 die worden geshredderd/geknipt (links) en ingezet als grondstof (rechts) (2019). Voor een interactieve versie van deze kaarten, kan de lezer het .html-bestand openen zoals aangegeven in bijlage D.

4.3.5 Sectorplan 71 Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur

Dit sectorplan omvat meerdere EURALcodes wat leidt tot diverse resultaten. De grootste stromen zijn stedelijke consumentenproducten (hoofdstuk 20). De stromen die worden geshredderd kunnen ook worden ingezet als grondstof, al wordt dit momenteel in beperkte mate bij enkele verwerkers gedaan. Met name de afvalstromen die worden gebulkt kunnen veelal worden gesorteerd/gescheiden. Voor de codes die nu worden gesorteerd/gescheiden is er geen betere verwerking gevonden. Verder wordt er door heel Nederland veel bewaard en gebulkt wat op andere locaties hoogwaardiger kan worden ingezet.



Figuur 4.13: Stroomdiagram sectorplan 71, nationale potentie nationale op basis van de beste regionale verwerkingsmethode



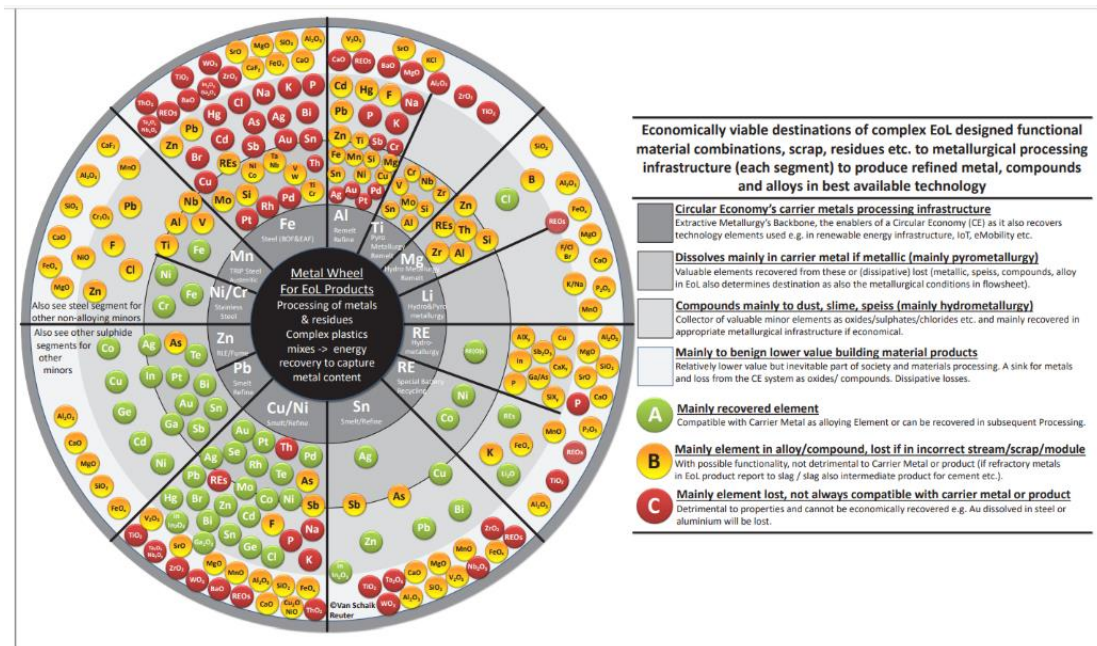
Figuur 4.14: Stroomkaarten sectorplan 71

Afvalstromen van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur onder sectorplan 71 die worden overgeslagen/ gebulkt (links) en gesorteerd/gescheiden (rechts) (2019). Voor een interactieve versie van deze kaarten, kan de lezer het .html-bestand openen zoals aangegeven in bijlage D.

4.4 Specifieke potentie door betere voorbehandeling

Waar generieke potentie kan worden bepaald door analyses van stromen op regionaal en nationaal niveau, kan specifieke potentie worden bepaald door te kijken naar individuele producten en de rol van demontage in het recyclingproces. In mijnbouw is het voorscheiden, of beneficiatie een breed bestudeerd aspect. Onderzoekers naar betere recyclingprocessen leggen een parallel met de technieken uit de primaire mijnbouw naar recyclingtechniek. Het modelleren van minerale scheiding in primaire mijnbouw gaat over dezelfde fenomenen als de fenomenen die belangrijk zijn bij het scheiden van ‘urban mine’ ertsen, zoals moderne consumptie producten (King 2001).

Een bekende afbeelding die de relatie tussen metalen op elementair niveau in beeld brengt is het zogenaamde “metal wheel” zie Figuur 4.15. Dit figuur toont de potentie, maar ook de praktische onmogelijkheden, voor herwinning van metalen. De binnenste ring toont de zogenaamde “carrier metals”, de metalen die de belangrijkste plaats innemen in metallurgie en daarmee onze economie. De groene, gele en rode aanduidingen van de overige metalen laten zien hoe de potentie voor terugwinning afhangt van de combinaties met de “carrier metals”. Een groene bol duidt op potentie, een rode bol op gebrek aan innovatiemogelijkheden.



Figuur 4.15: Metal Wheel (van Schaik & Reuter 2016)

Het “Metal Wheel” stelt beleidsmakers in staat om de uiteindelijke verliezen van het CE-systeem te begrijpen. Uiteindelijk moet de toepassing van gedetailleerde thermodynamische analyse bepalen (van Schaik & Reuter 2014) wat werkelijk mogelijk is. Een dergelijke toepassing beoordeelt bijvoorbeeld de verdunning van elementen, die verloren gaan door complexe ontwerpen. De boodschap is eenvoudig: het metal wheel geeft, met name voor de recycling van staal en koper, een aanwijzing welke kritieke secundaire grondstoffen mogelijk terug te winnen zijn. Het is daarbij voor de zuiverheid van elk metaal aan te raden om staal en koper niet gezamenlijk in een pyrometallurgisch of hydrometallurgisch proces te behandelen omdat de kwaliteit van het recyclaat sterk zou verminderen door deze vermenging. Zo kunnen tin, zilver of platina bijvoorbeeld niet meer worden teruggewonnen tijdens het recyclen van staal. Ook wolfram en tantaal zijn moeilijk terug te winnen gegeven de huidige recyclingtechniek en voorsortering van metaalafval in de westerse wereld. Een grote stap voorwaarts zou zijn om op basis van de kennis van de eindverwerking (zoals kwalitatief afgebeeld door het Metal Wheel), door selectieve demontage of voorsortering componenten af te scheiden die een groep compatibele materialen bevatten en materialen zoveel als mogelijk te verwijderen die incompatibel zijn met de segmenten uit het Metal Wheel. Met andere woorden, er moeten componenten of fracties worden gecreëerd waarbij de samenstelling zoveel als mogelijk past bij een van de verschillende segmenten in het Metal Wheel, waardoor deze 'modules' elk in de meest passende recyclingroute (zie Metal Wheel) kunnen worden verwerkt om recovery's te optimaliseren en verliezen te minimaliseren. Het Metal Wheel kan dit kwalitatief; de door van Schaik en Reuter ontwikkelde modellen als digital twin van de recyclingroutes kunnen dit ook kwantitatief (Reuter et al. 2018).

Zie **Figuur 4.16** voor een eendimensionale schets van de recyclingpotentie voor het geheel aan post-consumptie schroot. Het figuur licht het belang van een grote(re) modulariteit en/of logische ontwerp toe via een sterk versimpelde tekstuele schets van metaalrecycling in de Westerse wereld. Dit Figuur 4.16 helpt om de boodschap uit **Error! Reference source not**

found. te duiden: een betere voorbehandeling van afvalstromen staat gelijk aan een toename van specifieke potentie voor terugwinning van secundaire kritieke grondstoffen.



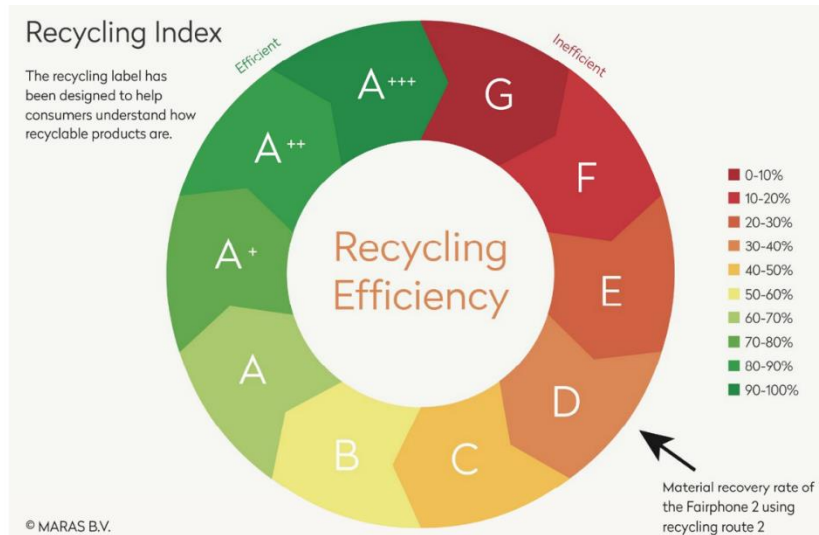
Figuur 4.16: Versimpelde impressie van potentie voor metaal recycling

Bovenstaande illustratie is zoals gezegd een versimpelde voorstelling van zaken, maar wel een die het belang van voorscheiding en bijbehorende keuzes illustreert. De complexiteit van metaalrecycling wordt beïnvloed door multidimensionale eigenschappen, waaronder enthalpie, entropie en exergie, samenstelling van legeringen en materialen, geleidbaarheid, kleur, magnetische gevoeligheid, dichtheid, vorm, geur, “near infra red” eigenschappen, onderlinge verbindingen van materialen in schrootdeeltjes, brosheid, taaiheid etc.

Op basis van de samenstelling en de verbindingen van producten kan een Recycling Index (RI) worden bepaald die de potentie voor metaal terugwinning kan visualiseren. (van Schaik & Reuter 2016) De RI stelt beleidsmakers in staat om algemene, materiële en dus gerelateerde milieurecyclingprestaties voor verschillende productontwerpen (en hun recyclingroutes) te begrijpen. Het feit dat de percentages tot stand komen via in de industrie gekalibreerde en op gesimuleerde berekeningen maakt het gebruik van een Recycling Index geschikt om minimumstandaarden richting een CMP op te stellen. De standaarden moeten

geloofwaardig zijn in de ogen van de recyclingindustrie zodat herontwerp van recyclingroutes werkelijk kan plaatsvinden en tarieven geloofwaardige kunnen worden bepaald.

De RI's zoals weergegeven in Figuur 4.17 kan worden gepresenteerd als een hulpmiddel om de berekening van het recyclingpercentage te visualiseren.



Figuur 4.17: Recycling Index als percentage, onderbouwd via in praktijk vastgestelde percentages (van Schaik et al. 2014)

Afsluitend kan naast metallurgische kennis ook de behoefte van goede data niet onbesproken blijven. Bij het trekken van parallellen tussen primaire mijnbouw en recycling is het belangrijk om de fundamentele verschillen te begrijpen tussen materiaal en product centrische analyse. De recyclingindex is een visualisatie van het totale recyclingpercentage van een product of onderdeel. In deze discussie past de ontwikkelde “Material Recycling Flower” (zie Figuur 4.17), die het recyclingpercentage per materiaal toont.

In primaire mijnbouw bestaat alleen een materiaal-centrische analyse. In recycling is het kennen en vervolgens analyseren van door mensen gemaakte producten essentieel (van Schaik et al. 2014). Dit betekent dat specifieke potentie voor het terugwinnen van kritieke metalen betekent dat zoveel mogelijk informatie moet worden verzameld over de samenstelling van de producten die worden aangeboden voor recycling. Dit betreft zowel informatie over de gebruikte materialen als informatie over de manier waarop verbindingen tussen de componenten van het product zijn gemaakt (lijmen, lassen, schroeven, druk, haken etc.).

4.5 Conclusies terugwinpotentieel

De wereldwijde stand van zaken van recycling van kritieke metalen laat zich samenvatten zoals weergegeven in Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Wereldwijde stand van zaken voor recycling kritieke grondstoffen

Scope recycling	Metalen
Industrieel schroot en post-consumptie afval	Antimoon (loodaccu), Kobalt (batterijen en legeringen), Lithium (batterijen), Magnesium (basismetale), PGM (autokatalysatoren), Silicium, Tantaal (vliegtuigonderdelen en condensatoren), Titanium (legeringen), Vanadium, Wolfram (oud en nieuw schroot van ferrowolfram), Lichte ZAM
Alleen industrieel schroot	Beryllium, Gallium, Germanium, Indium
Geen commerciële recycling activiteiten bekend	Bismut, Hafnium, Niobium, Strontium, Zware ZAM

Voor de dikgedrukte metalen geldt dat industrieel schroot in Nederland aanwezig kan zijn, gegeven de aanwezigheid van industriële bedrijven. Dit betekent dat voor deze metalen nog potentie aanwezig is voor terugwinning. Industrieel schroot met terugwinpotentie bevindt zich doorgaans in afvalstromen die vallen onder sectorplan 12. Voor terugwinpotentie uit post-consumptie afval geldt dat deze ook kunnen vallen onder sectorplan 13. De sectorplannen 27, 51 en 71 worden nauwelijks genoemd in de literatuur. Dit betekent dat de aanwezigheid van kritieke metalen in shredderafval, autowrakken en Afval van Elektronica en Elektrisch Afval (AEEA) wel op potentie duidt, maar dat die potentie in de huidige recyclingpraktijken nog nauwelijks door academische bronnen wordt beschreven.

Op basis van de huidige gerapporteerde data wordt voor sectorplannen 12, 13, 27, 51 en 71 een terugwin potentie van respectievelijk 81%, 94%, 92%, 98% en 51% ingeschat. Dit betekent dat bijvoorbeeld 92% van de aanwezige kritieke materialen in SP 27 kunnen worden teruggewonnen wanneer de al beschikbare technieken worden gebruikt. Het benutten van deze potentie houdt in dat er landelijk de best beschikbare technologie (collectie, voorscheiding, recycling) wordt ingezet als in vooroplopende regio's en industriële clusters.

Een belangrijke conclusie op basis van hoofdstuk 4 betreft de inherente onzekerheid die wordt gecreëerd door het gebruik van EURAL-afvalcodes. Naast onzekerheden in de data is er de heterogeniteit van die groepen die conclusies over terugwinpotentieel onzeker maken. Deze onzekerheid kan vooral worden bestreden via een betere verzameling van data en informatie.

5 Aanbevelingen

Dit rapport biedt een handreiking voor enkele duidelijke aanbevelingen. Er zijn enkele praktische aanbevelingen te maken over wettelijke barrières en de meest kansrijke stromen en de nadere bestudering van post-consumptie stromen. Ook zijn er conceptuele aanbevelingen te maken over het betrekken van expertise, het verbeteren van de beschikbare data en het gebruik van visualisaties in het onderzoeken en presenteren van minimumstandaarden.

5.1 Inhoudelijke aanbevelingen

Wettelijke barrières blijven relevant

Grensoverschrijdende afvalstromen spelen in toenemende mate een rol bij het benutten van potentie voor het terugwinnen van secundaire kritieke grondstoffen. Wettelijke barrières voor grensoverschrijdend afvaltransport zijn hier echter veelal niet op ingericht (Technopolis 2016). In het geval een afvalstroom het label krijgt van “hergebruik”, betekent dit dat de stroom uitsluitend voor dezelfde toepassing kan worden ingezet (kringloop, hergebruik van componenten). Dit betekent in de praktijk dat het terugwinnen van kritieke grondstoffen vrijwel uitsluitend gericht is op recycling, omdat de toekenning van hergebruik vanwege administratieve redenen onaantrekkelijk is. Hiermee worden kansen op voorscheiding en waarde behoud van het recyclelaat niet optimaal benut.

Shredder-afval verdient nadere aandacht

De stromen shredderafval bevatten mogelijk nog hoeveelheden metalen die eventueel tegen een marktconform tarief zouden kunnen worden teruggewonnen als ze het shredderproces ontlopen. Dit betekent dat voor deze stromen specifiek aan te bevelen is om onderzoek te doen naar de herkomst en de mogelijkheid van voorscheiding.

Aanscherpingen interpretatie sectorplannen

In de Green Deal met afvalverbranding is een prestatie verplichting opgenomen over de metaalterugwinning. In het sectorplan 12 staat nu nog omschreven dat de stukken “groot genoeg” moeten zijn. Dit kan door de prestatie doelstelling specifiek te noemen.

In de toelichting op de minimum standaard van sectorplan 12 wordt nadrukkelijk aangehaald dat het metaalhoudende afval voldoende van afmeting moet zijn voor verbranding, in verband met de terugwinning van de metalen na verbranding. De praktijk leert dat via de afmeting metaalstromen onnodig in het bodemas terecht kunnen komen. Het verdient aanbeveling om deze minimum standaard nadrukkelijker op naleving te controleren.

Op dit moment vallen de batterijen die uit de bodemassen worden afgescheiden niet onder de producenten verantwoordelijkheid. Daarmee is er ook geen tegemoetkoming vanuit de operationele organisatie Stibat voor de “inzameling” van de batterijen uit bodemas, alsmede de inname. Als deze praktijk wordt veranderd zal op relatief eenvoudige wijze de opbrengst van gerecyclede batterijmetalen kunnen worden verhoogd.

In autoshridders wordt vaak ander schroot ingemengd om de belasting van de shredder te balanceren. Volgens het sectorplan moeten autowrakken en welvaartsschroot in principe apart worden geshredderd, het is dus aanbevelenswaardig om dit te verifiëren.

Een grote zorg in de recycling van stromen onder sectorplan 71 is het ontstaan van brand door aanwezigheid van accu's en of batterijen in AEEA stromen. Hierin is zowel voor inzameling als voor recyclingbedrijf een rol weggelegd. Vaak is hierbij manuele/handmatige ontmanteling van de apparatuur effectief. Echter als het gaat om de kleinere apparatuur is manuele ontmanteling aanbevelenswaardig.

De toewijzing "voorbereiding voor hergebruik" in het LAP zou belangrijk kunnen zijn, maar is op dit moment nog zeldzaam. In het algemeen is de afhandeling van afvalstromen per sectorplan gericht op recycling, in een enkel geval nog stort.

Industrieel schroot biedt altijd de meeste potentie, maar houd via afvaldata zicht op post-consumptie stromen

Sectorplannen 12, 13, 27, 51 en 71 laten zien dat post-consumptie schroot in significante hoeveelheden aanwezig is en dat aanwezige kritieke metalen hoogwaardiger kunnen worden teruggewonnen. Dit als aanvulling op relatief schoon industrieel schroot dat in de productiefase vrijkomt. Dit betekent ook dat sectorplannen 01, 02 en 03 gecontroleerd moeten worden in de komende jaren op aanwezigheid van metaal. Op basis van dit onderzoek kan niet worden uitgesloten dat deze sectorplannen potentierijke stromen bevatten.

Meer focus op omstandigheden retourcollectie en voorscheiding

De meeste kritieke metalen worden in de afvalfase aangeboden in aanwezigheid van andere metalen. De "carrier" metals, de metalen die het label van de afvalstroom bepalen, zijn vaak het veelgebruikte staal, koper, aluminium en zink. Het "metal wheel" Paragraaf 4.4 toont de potentie voor recycling bij geschikte metaalcombinaties, maar ook de praktische onmogelijkheden, voor herwinning van metalen.

De boodschap van het metal wheel is eenvoudig. Voor de zuiverheid van elk metaal is het aan te raden om staal en koper niet gezamenlijk in een pyrometallurgisch of hydrometallurgisch proces te behandelen. Daarnaast is voorscheiding in veel gevallen aan te raden, omdat het de terugwinbaarheid van metalen uit kleinere onderdelen van een product sterk verbeterd of überhaupt mogelijk maakt. Per sectorplan of zelfs per EURAL-code zou op basis van de samenstelling en de verbindingen van producten een Recycling Index (RI) kunnen worden bepaald die richting kan geven aan concrete voorschriften bij voorscheiding.

Onderzoek de vele relevante productgroepen die kritieke grondstoffen bevatten, maar die geen sectorplan hebben of zelfs buiten het LAP vallen

Productgroepen en bijbehorende assemblages die geen expliciet sectorplan hebben zijn bijvoorbeeld industriële systemen, installaties, bijzondere voertuigen, machinelijnen en medische apparaten. Deze vallen onder hoofdstuk A4 van het LAP. De afvalverwerking wordt als zodanig volgens algemene principes beschreven, wat ruimte biedt voor aanscherping van de huidige interpretatie van standaarden voor recycling. Deze producten zijn bij uitstek degene die kritieke grondstoffen bevatten, wat de relevantie om deze groepen te bestuderen verder vergroot. Een overzicht in detail wordt gegeven door appendix E, waarbij de productgroepen die geen sectorplan toedeling hebben zijn weergegeven.

5.2 Generieke aanbevelingen

Afsluitend zijn er nog enkele generieke aanbevelingen te maken.

Betrek experts bij het vaststellen van minimumstandaarden

Een vanzelfsprekend maar desondanks belangrijk advies is om bij vervolgstappen experts te betrekken die dicht staan bij de recyclingpraktijk. Voorbeelden zijn naast auteur van dit rapport Thijs van de Winckel, Antoinette van Schaijk en René Eijsbouts. Ook data scientists gespecialiseerd op stromen aan het einde van hun levensduur zijn relevant.

Datakwaliteit is de moeite van het investeren waard, in feite essentieel

De kwaliteit van data over het aanbod van stromen die vallen onder de LAP3 sectorplannen blijkt niet gedetailleerd genoeg en vooral niet betrouwbaar genoeg voor het ondersteunen van investeringen die een grens van tienduizenden Euro overschrijden.

Een goed inzicht in de herkomst, de samenstelling, de montagemethoden en gebeurtenissen gedurende de levensduur zouden de effectiviteit van recycling enorm kunnen vergroten. De huidige systemen voor productpaspoorten (Madaster, Product Circular Data Sheet, Circularise etc.⁹) zouden via een licentie aan RWS verbeterde data kunnen leveren over de samenstelling van specifieke bedrijven. De samenwerking met organisaties als Stichting Open en Auto Recycling Nederland is daarbij ook vanzelfsprekend van belang.

Beleidsdrijfveer op Europees niveau is significant

Met het verschijnen van de CRM Act¹⁰ in maart 2023 is een duidelijke drijfveer aangebracht voor recycling van secundaire kritieke grondstoffen. Een concreet voorbeeld is de Europese ambitie om batterijvervaardiging in Europa te koppelen aan recycling van batterijmetalen, met bijbehorende investeringen. De vernieuwde lijst van kritieke grondstoffen zou metalen kunnen bevatten zoals aluminium, nikkel en koper die de relatie tussen metaalrecycling en kritieke grondstoffen zullen veranderen en verankeren.

Deze section break niet verwijderen!!

⁹ Voor een overzicht van huidige productpaspoort systemen zie:

<https://repository.tno.nl/islandora/object/uuid%3Ae9719f12-3034-4d11-bd5f-36c20319d236>

¹⁰ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_1661

Referenties

- Amini, S.H., Remmerswaal, J.A.M., Castro, M.B. & Reuter, M.A. (2007): Quantifying the Quality loss and resource efficiency of recycling by means of Exergy analysis. – Journal of Cleaner Production, 15, 10: 907-913.
- Bastein, T., Rietveld, E., (2015), Materialen in de Nederlandse economie - een kwetsbaarheidsanalyse -, TNO 2015 R11613. Beschikbaar online: <https://publications.tno.nl/publication/34622568/XJ7MEr/TNO-2015-R11613.pdf>
- Bedinger, G, M. (2016) Zirconium and Hafnium USGS Minerals Yearbook 2014. Beschikbaar online: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zirconium/myb1-2014-zirco.pdf>
- Bell N., Waugh R. and Parker D. (2017) Magnesium Recycling in the EU. Material flow analysis of magnesium (metal) in the EU and a derivation of the recycling rate. A report by Oakdene Hollins for IMA (International Magnesium Association)
- BeST (2016)b. About Beryllium. [online] Beschikbaar online: <http://beryllium.eu/aboutberyllium/> [accessed December 2016]
- Umicore (2019) Bismuth. Beschikbaar online: <https://www.umicore.com/en/about/elements/bismuth/>
- BIR (2016) Report on the Environmental Benefits of Recycling – 2016 edition. Pagina 16. Beschikbaar online: <https://www.bir.org/publications/facts-figures/download/172/174/36?method=view>
- Blagoeva, D. et al. (2016) Assessment of potential bottlenecks along the materials supply chain for the future deployment of low-carbon energy and transport technologies in the EU. Wind power, photovoltaic and electric vehicles technologies, time frame: 2015-2030. doi: 10.2790/08169.
- BREF (2022) Secondary materials, 1.3.4.1. Secondary materials BAT 74). Beschikbaar online: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.174.01.0032.01.ENG&toc=OJ:L:2016:174:TOC
- BRGM (2017) ‘Le lithium (Li) – éléments de criticité’. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, pp. 1–8. Beschikbaar online: <http://www.mineralinfo.fr/page/fiches-criticite>.
- Burt, R.O. (2016). Much ado about Tantalum. Again. Technical paper, pp.12 [online] Beschikbaar online: <http://www.tanb.org/about-tantalum/tantalum-further-information>
- Butcher T., Brown T. (2014). Gallium. In Critical Minerals Handbook. ed. G. Gunn. Publisher J. Wiley & Sons. Chapter 7, pp 257-305.
- CE Delft IVAM Rebelgroup (2016) Geert Bergsma (CE Delft, projectleider), Marijn Bijleveld (CE Delft), Niels Jonkers (IVAM), Peter Blok (RebelGroup) en Michiel Kort (RebelGroup). Delft, CE Delft, juli 2016. Publicatienummer: 16.2F93.73
- Cui, R., Guo, J., Yin, L., Huy, D., Liedtke, M. (2016). Supply and Demand of Lithium and Gallium. P. 28 – 50. ISBN 978-3-943566-33-8. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - BGR, Hannover, Germany.
- Delamarche M. (2016) Solvay renonce au recyclage des terres rares. L’Usine Nouvelle, 26/01/2016, [online] Beschikbaar online :www.usinenouvelle.com/article/solvay-renonce-aurecyclage-des-terres-rares.N375935
- EEB (2019) Decoupling debunked – Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. Beschikbaar online: Climate & Energy, Sustainability & Governance, Sustainable Development
- ERECON (2014) Strengthening the European rare earths supply chain-Challenges and policy options. European Rare Earths Competency Network, final conference draft, pp.104.

- [online] Beschikbaar online: https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/erecon_en
- Europese Commissie (2020) Study on the EU's list of Critical Raw Materials. Auteurs: Gian Andrea Blengini, Cynthia EL Latunussa, Umberto Eynard, Cristina Torres de Matos, Dominic Wittmer, Konstantinos Georgitzikis, Claudiu Pavel, Samuel Carrara, Lucia Mancini, Manuela Unguru, Darina Blagoeva, Fabrice Mathieux, David Pennington. ISBN 978-92-76-21049-8- Beschikbaar online: https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRM_2020_Report_Final.pdf
- Fraunhofer IMWS (2019) Use of scrap metal in steel production significantly re-duces CO2 emissions. Beschikbaar online: <https://www.imws.fraunhofer.de/en/presse/pressemitteilungen/scrap-metal-reduces-co2.html>
- Friedel, A. (2022). Beschikbaar online; https://www.linkedin.com/posts/friedel_recycling-battery-electricvehicles-activity-6974684800733343744-OwA5/
- Feng Wang (2014) E-waste: Collect more, treat better; Tracking take-back system performance for eco-efficient electronics recycling. Beschikbaar online: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A91404545-dc7b-48c8-b9b5-a37fbf74ce5c>
- Hagelüken, C. (2014) 'Recycling of (critical) metals', in Gunn, G. (ed.) Critical Metals Handbook. British Geological Survey, John Wiley & Sons, American Geophysical Union, pp. 41–69
- Harper, E. M., Kavlak, G. and Graedel, T. E. (2012) 'Tracking the metal of the goblins: Cobalt's cycle of use', Environmental Science and Technology, 46(2), pp. 1079–1086. doi: 10.1021/es201874e.
- Higgins I. (2016) Less Common Metals, communication during the CRM workshop held in Brussels on 28/10/2016.
- Huisman, J. & Maesen, M, Eijsbouts, R.J.J., Wang, F & Baldé, C., Wielenga, C.A.. (2012). The Dutch WEEE Flows. 10.13140/RG.2.1.3193.7446. Beschikbaar online: https://www.researchgate.net/publication/236838736_The_Dutch_WEEE_Flows
- International Mining (2016). Magnesium: great future potential. [online] Beschikbaar online: <http://im-mining.com/2016/06/28/magnesium-great-future-potential/>
- Johnson Matthey (2019) Production - South Africa, Johnson Matthey website. Beschikbaar online: <http://www.platinum.matthey.com/about-pgm/production/south-africa>
- King, R.P., (2001). Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems. Butterworth-Heinemann Publications, Oxford, Great Britain. ISBN 0750648848
- Lokanc, M., Eggert, R. and Redlinger, M. (2015). The Availability of Indium: The Present, Medium Term, and Long Term National Renewable Energy Laboratory (NREL) [online] Beschikbaar online: <http://www.nrel.gov/docs/fy16osti/62409pdf>
- Marwede M., Reller A. (2014). Estimation of life cycle material costs of cadmium telluride and copper indium gallium diselenide-photovoltaic absorber materials based on life cycle material flows. J. Ind. Ecol. 2014, 18 (2), 254–267.
- Mathieux, F. et al. (2017) Critical raw materials and the circular economy - Background report. EUR 28832 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. doi: 10.2760/378123.
- McKinsey (2022) Global EV battery recycling prognosis. Beschikbaar online: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/power-spike-how-battery-makers-can-respond-to-surging-demand-from-evs>
- Melcher, F. and Buchholz, P. (2013). Germanium. In Critical Metals Handbook, G. Gunn (Ed.). doi:10.1002/9781118755341.ch8
- Mikolajczak, C. (2009) "Availability of Indium and Gallium" Indium Corporation of America [online] Beschikbaar online:

- www.commodityintelligence.com/images/2010/jan/11%20jan/availability_of_indium_and_galliumwhite_papermikolajczak_sept09pdf
- Moen, Monica, Terje Halvorsen, Knut Mørk, and Sjur Velken. 2017. "Recycling of Silicon Metal Powder from Industrial Powder Waste Streams." *Metal Powder Report* 72(3): 182–87.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.mprp.2016.04.005>.)
- Newman, E. (2015) 'Recycling trends. Titanium Europe from the International Titanium Organization'. Beschikbaar online:
<http://c.ymcdn.com/sites/www.titanium.org/resource/resmgr/NewmanEdTiEU2015Recycling.pdf>.
- Nogueira, C. (2017) 'Lithium Recovery from Primary and Secondary Resources', 22nd ICBR - International Congress on Battery Recycling, 0(session 2).
- Reuter, M.A., Schaik, A van, Ballester, M. (2018) Limits of the circular economy: Fairphone modular design pushing the limits - *World of Metallurgy-ERZMETALL*, 2018
- Roberts, S. and Gunn, G. (2014) 'Cobalt', in Gunn, G. (ed.) *Critical Metals Handbook*. Chichester, UK: British Geological Survey, John Wiley & Sons, American Geophysical Union, pp. 122–149.
- Roskill (2018). Tantalum/Niobium: H.C. Starck Sells Its Tantalum/Niobium Business Unit to Customer. [online] <https://roskill.com/news/tantalum-niobium-h-c-starck-sells-tantalumniobium-business-unit-customer/> access date 30/01/202
- RWS (2021) Prognose volume en samenstelling bedrijfsafval. Beschikbaar online: https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_637566_31/1/
- Van Schaik, A. & Reuter, M.A. (2014): Product Centric Simulation Based Design for Recycling (DfR) and Design for Resource Efficiency (DfRE): 10 Fundamental Rules & General Guidelines for Design for Recycling & Resource Efficiency (Full report). – Study in commission of NVMP/Wecycle. Presented at the Design for Recycling symposium, 29th of August 2013.
(http://www.nvmp.nl/uploads/pdf/research/MARAS_Design%20for%20Recycling%20E-waste_FINAL%20REPORT.pdf) (accessed 31st May 2016).
- Schaik, A. van, M.A. Reuter (2014), Chapter 22: Material-Centric (Aluminium and Copper) and Product-Centric (Cars, WEEE, TV, Lamps, Batteries, Catalysts) Recycling and DfR Rules. In: *Handbook of Recycling* (Eds. E. Worrel, M.A. Reuter), Elsevier, 307-378 (Plus the two introductory chapters to the handbook.)
- Schaik, A. van & Reuter, M.A. (2016): Recycling indices visualizing the performance of the circular economy. – *World of Metallurgy – erzmetall*, 69, 4: 201-216
- Reuter, M.A. C. Hudson, A. van Schaik, K. Heiskanen, C. Meskers, C. Hagelüken (2013): United Nations Environmental Protection (UNEP) Report "Metal Recycling: Opportunities Limits Infrastructure"
report: <http://www.resourcepanel.org/reports/metal-recycling>
- Reuter, M.A., A. van Schaik, M. Ballester (2018): Limits of the Circular Economy: Fairphone Modular Design Pushing the Limits, *World of Metallurgy - ERZMETALL* 71(2), pp. 68-79.
- Schuler D. Buchert M., Liu R., Dittrich S., Merz C. (2011) Study on Rare Earths and Their Recycling, Final Report for the Greens/EFA Group in the European Parliament, Öko Institut e. V., pp. 140
- Schwarz-Schampera, U. (2014). Antimony. In: Gunn, G. (Editor), *Critical Metals Handbook*, John Wiley & Sons, 70–98.
- Sundqvist Oeqvist, Pr. Lena et al. (2018). SCREEN D4.2. Production Technologies of CRM from Primary Resources. Beschikbaar online:
<http://screen.eu/wpcontent/uploads/2018/03/SCREEN-D4.2-Production-technologies-of-CRM-fromsecondary-resources.pdf>
- SWEREA (2014). New technology will reduce Europe's vanadium imports. Publicatie door Swerea MEFOS, uitgegeven Jan Stål, 18.12.2014.

- Taylor, S. (2011). Recovery of Platinum Group Metals from Waste Sources. Beschikbaar op: <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/1643/1/Taylor12MPhil.pdf>
- Technopolis (2016). Regulatory barriers for the Circular Economy. Beschikbaar online: <https://www.technopolis-group.com/wp-content/uploads/2020/02/Regulatory-barriers-for-the-circular-economy.pdf>
- UNEP. (2011). Metal Recycling - Opportunities, limits and infrastructure. A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel [online]. Beschikbaar online: <http://www.unep.org/resourcepanel/publications/metalrecycling/tabid/106143/default.aspx>
- Weimar, A. (2011). High brightness LEDs: Manufacturing and applications. International Conference on Compound Semiconductor Manufacturing Technology, CS ManTech: Indian Wells, California, 2011.
- Woditsch P & Koch W (2002). Solar grade silicon feedstock supply for PV industry, Solar Energy Materials & Solar Cells; 72, 11-26
<http://wenku.baidu.com/view/3a416f0102020740be1e9b66.html>
- Zientek, M. et al. (2017) 'Platinum-Group Elements. U.S. Geological Survey Professional Paper 1802-K', in Schulz, K. J. et al. (eds) Critical Mineral Resources of the United States— Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply. US Geological Survey, pp. N1–N92. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.3133/pp180>

There are no sources in the current document.

Bijlage A

Verbinding EURAL-codes met alle sectorplannen

Volledige lijst met sectorplannen uit LAP3 is hieronder getoond. De geprioriteerde sectorplannen zijn donkerblauw gearceerd met witte tekst

Sectorplan#	Naam sectorplan	EURAL-codes
1	Huishoudelijk restafval (fijn en grof)	191210; 191212; 200301; 200307; 200399
2	Restafval van bedrijven	180104; 180203; 191210; 191212; 200301; 200307; 200399
3	Procesafhankelijk industrieel afval van productieprocessen	Vrijwel allen
4	Gescheiden ingezameld/afgegeven papier en karton	150101; 191201; 200101
5	Gescheiden ingezameld/afgegeven textiel (inclusief schoeisel)	150109; 200110; 200111
6	Gescheiden ingezameld/afgegeven groente-, fruit- en tuinafval van huishoudens (gft)	200108
7	Gescheiden ingezameld/afgegeven organisch bedrijfsafval	200108; 020103
8	Gescheiden ingezameld/afgegeven groenafval	020103; 020107; 200201
9	Afval van onderhoud van openbare ruimten	200301; 200302; 200303; 200306; 200399
10	Zwerfafval	
11	Kunststof en rubber	020104; 070213; 120105; 150102; 160119; 170203; 170204; 191204; 200139
12	Metalen	020110; 100210; 120101; 120102; 120103; 120104; 120113; 150104; 160117; 160118; 170401; 170402; 170403; 170404; 170405; 170406; 170407; 170409; 190102; 190199; 191001; 191002; 191202; 191203; 200140.
13	Batterijen en accu's	090111; 090112; 160215; 160601; 160602; 160603; 160604; 160605; 200133; 200134
14	Papier- of kunststofgeïsoleerde kabels en restanten daarvan	170409; 170410; 170411
15	Glasvezelkabels	101103; 170411
16	Waterzuiveringsslib	020204; 020305; 020403; 020502; 020603; 020705; 030311; 040106; 040107; 040219; 040220; 050109; 050110; 060502; 060503; 070111; 070112; 070211; 070212; 070311; 070312; 070411; 070412; 070511; 070512; 070611; 070612; 070711;

		070712; 100120; 100121; 101213; 190805; 190811; 190812; 191105; 191106
17	Reststoffen van drinkwaterbereiding	190901; 190902; 190903; 190905; 190906; 190999
18	KCA, KGA	
19	Afval van gezondheidszorg bij mens of dier	180102; 180103; 180104; 180108; 180202; 180203; 180207; 200131
20	AVI-bodemas	190111; 190112
21	AVI-vliegas en AVI-ketelas	190107; 190113; 190114; 190115; 190116
22	Assen van slibverbranding	190107; 190113; 190114; 190115; 190116
23	Reststoffen van kolengestookte energiecentrales	100101; 100102; 100103; 100104; 100105; 100107; 100113; 100114; 100115; 100116; 100117; 100118; 100119; 100124
24	Reststoffen van energiewinning uit biomassa	100101; 100103; 100104; 100105; 100107; 100113; 100124
25	Actief kool	060702; 061302; 190110; 190904
26	Rookgasreinigingsresidu van AVI's en installaties voor het verbranden van slib of biomassa	190105; 190107
27	Shredderafval	191001; 191002; 191003; 191004; 191005; 191006
28	Gemengd bouw- en sloopafval, met gemengd bouw- en sloopafval vergelijkbaar afval van bedrijven en particulier gemengd verbouwingsafval	170204; 170603; 170604; 170901; 170902; 170903; 170904; 191211; 191212
29	(Overig) Steenachtig materiaal	101314; 170101; 170102; 170103; 170106; 170107; 170302; 170507; 170508; 191209; 191211
30	Zeefzand	191209; 191211; 191212
31	Gips	170801; 170802
32	Cellenbeton	170106; 170107
33	Dakafval (bitumineus, teerhoudend en composiet)	170301; 170302; 170303; 170903; 170904
34	Asfalt	050117; 170301; 170302; 170303
35	Straalgrit	120116; 120117
36	Hout	030104; 030105; 030301; 150103; 170201; 170204; 191206; 191207; 200137; 200138
37	Asbest en asbesthoudend materiaal	060701; 061304; 101309; 160111; 160212; 170601; 170605
38	Gescheiden ingezameld/afgegeven vlakglas	101112; 170202; 170204; 191205; 200102
39	Grond	170503; 170504; 190205; 190206; 191301; 191302; 200202
40	Baggerspecie	170505; 170506; 190205; 190206
41	Verpakkingen algemeen	150101; 150102; 150103; 150104; 150105; 150106; 150107; 150109
42	Verpakkingen met verf, lijm, kit of hars	080111; 080112; 080117; 080118; 080121; 150110; 200127; 200128
43	Verpakkingen met overige gevaarlijke stoffen	150110
44	Gasflessen en overige drukhouders	150111; 160116; 160504; 160505
45	Brandblussers	160504; 160505

46	Munitie	160401
47	Vuurwerk	160402
48	Overig explosief afval	160110; 160403
49	Ondergrondse tanks	
50	Tanks voor autogas	160116
51	Wrakken van auto's en tweewielige motorvoertuigen	160104; 160106
52	Banden	160103; 191204
53	Afval van schepen	080111; 080113; 080115; 080117; 080119; 080121; 080312; 080317; 080409; 080411; 080413; 080415; 080417; 130101; 130104; 130105; 130109; 130110; 130111; 130112; 130113; 130204; 130205; 130206; 130207; 130208; 130301; 130306; 130307; 130308; 130309; 130310; 130401; 130402; 130403; 130701; 130703; 130802; 130899; 140602; 140603; 150110; 150111; 150202; 150203; 160107; 160114; 160303; 160305; 160504; 160601; 160602; 160603; 160708; 160709; 161001; 161002; 161003; 200113; 200121; 200123; 200126; 200127; 200133; 200135; 200137
54	Sloopschepen	
55	Oliefilters	150202; 160107
56	Afgewerkte olie	120107; 120110; 130101; 130109; 130110; 130111; 130112; 130113; 130204; 130205; 130206; 130207; 130208; 130301; 130306; 130307; 130308; 130309; 130310; 200126
57		
58	Olie/water mengsels, olie/water/slib mengsels en oliehoudende slibben	050102; 050103; 120118; 130501; 130502; 130503; 130506; 130507; 130508; 130801; 130802; 160708; 190207; 190810
59	Vloeibare brandstof- en olierestanten	050105; 120106; 120107; 120110; 120119; 130701; 130702; 130703; 190207; 200126
60	Oliehoudende boorspoeling en boorgruis	010505; 010506
61	Boor-, snij-, slijp- en walsolie	120106; 120107; 120108; 120109; 120110; 120118; 120119; 130104; 130105
62	Metalen met aanhangende olie of emulsie	170409
63	Overig oliehoudend afval	050102; 050104; 050106; 050111; 050112; 100211; 100327; 100409; 100508; 100609; 100707; 100819; 130104; 130105; 130899; 150202; 190207
64	PCB-houdende afvalstoffen	130101; 130301; 160109; 160209; 160210
65	Dierlijk afval	020102; 020201; 020202; 020203; 020299; 200108
66	Gasontladingslampen en fluorescentiepoeder	060315; 060316; 060404; 200121
67	Halogeenaarme oplosmiddelen en glycolen	070104; 070204; 070304; 070404; 070504; 070604; 070704; 080111; 080409; 140603; 160114; 160115; 200113
68	Halogeenhoudende oplosmiddelen	070103; 070203; 070303; 070403; 070503; 070603; 070703; 080111; 080409; 140602; 200113
69	Destillatieresidu	070107; 070108; 070207; 070208; 070307; 070308; 070407; 070408; 070507; 070508; 070607; 070608; 070707; 070708
70	Gereguleerde stoffen (CFK, HCFC, halonen) en gefluoreerde broeikasgassen (HFK, PFK, SF6)	140601; 160504
71	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	160211; 160212; 160213; 160214; 160215; 160216; 200123; 200135; 200136

72	Zwavelzuur, zuurteer en overig zwavelhoudend afval	060101; 100109; 050107; 050601; 191102; 050116; 050702; 060602; 060603
73	Sterk verontreinigde afvalwaterstromen en baden	060313; 070101; 070201; 070301; 070401; 070501; 070601; 070701; 080115; 080116; 080119; 080120; 080202; 080203; 080307; 080308; 080316; 080413; 080414; 080415; 080416; 090113; 100122; 100123; 110105; 110106; 110107; 110111; 110112; 110113; 110114; 110115; 110198; 120301; 160709; 161001; 161002; 161003; 161004; 190106; 190404; 191103; 191307; 191308
78	Filterkoek van ontgiften/neutraliseren/ontwateren	190205; 190206
79	Ontwikkelaar en fixeër	090101; 090102; 090103; 090104; 090105; 090106; 090113; 090199; 200117
80	Vast fotografisch afval	90107
81	Hardingszouten	060311; 060313; 110301
82	Kwik en kwikhoudende materialen en producten	050701; 060404; 060703; 101401; 160108; 160307; 160603; 170901; 180110; 190308; 200121
83	Arseensulfideslib en arseensulfide-filterkoek	60403
84	Overige recyclebare monostromen (matrassen, steenwol, tapijt, kunstgras en luiers/incontinentiemateriaal)	200199; 200307; 200399; 020199; 170603; 170604; 200199; 040299; 200111; 200199; 200307; 170904; 180103; 180104; 200199
85	Geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS)	150102; 170203; 200139

Bijlage B

Alternatieve vormgeving tabel 2.2 en 3.1

Deze tabel geeft meer inzicht in de aard en samenstelling van de EURAL-codes. Het is daarmee een verlengstuk van **Error! Reference source not found.** en **Error! Reference source not found.**

Sector plan #	EURAL code omschrijving	EURAL code	Sectorplan toelichting
12	Metaalafval	20110	Het betreft zowel ferro als non-ferro metaalafvalstoffen: (metaal)schroot, roestvast staal, restanten zink, aluminium, koper, lood en legeringen, edele metalen, metaalstof en katalysatoren gebruikt in auto's;
12	Walshuid	100210	
12	Ferrometaalvijsel en -krullen	120101	
12	Ferrometaalstof en -deeltjes	120102	
12	Non-ferrometaalvijsel en -krullen	120103	
12	Non-ferrometaalstof en -deeltjes	120104	
12	Lasafval	120113	Zowel gescheiden ingezameld, gescheiden afgegeven als metaalfracties ontstaan na sorteren of scheiden van gemengde afvalstromen.
12	Metalen verpakkingen	150104	
12	Ferrometalen	160117	
12	Non-Ferrometalen	160118	
12	Bouw en sloop: Koper, brons en messing	170401	
12	Bouw en sloop: Aluminium	170402	
12	Bouw en sloop: Lood	170403	Voor de categorie "grotendeels uit metalen bestaande afvalstoffen" geldt dat ze alleen onder dit sectorplan vallen wanneer ze niet onder een ander sectorplan kunnen worden gebracht (zo valt bijvoorbeeld de ferro- en non-ferro fractie afkomstig van de verwerking van AVI-bodemassen niet onder dit sectorplan maar onder sectorplan 20).
12	Bouw en sloop: Zink	170404	
12	Bouw en sloop: IJzer en staal	170405	
12	Bouw en sloop: Tin	170406	
12	Bouw en sloop: Gemengde metalen	170407	
12	Bouw en sloop: Metaalafval dat met gevaarlijke stoffen is verontreinigd	170409	
12	Uit bodemas verwijderde ferromaterialen	190102	
12	Niet elders genoemd afval uit afvalinstallaties	190199	
12	Olie regeneratie IJzer- en staalafval	191001	
12	Olie regeneratie Non-Ferroafval	191002	
12	Niet elders genoemde mechanische afvalverwerking Ferro	191202	
12	Niet elders genoemde mechanische afvalverwerking Non-Ferro	191203	
12	Huishoudelijk afval metalen	200140	
13	Wegwerpcamera's met onder 16 06 01, 16 06 02 of 16 06 03 vermelde batterijen	90111	Het betreft alle soorten batterijen en accu's (lood-zuur batterijen en accu's, nikkel-cadmium batterijen en accu's en overige).
13	Niet onder 09 01 11 vallende wegwerpcamera's met batterije	90112	
13	Uit afgedankte apparatuur verwijderde gevaarlijke onderdelen	160215	Batterijen en accu's kunnen zuren en zware metalen, zoals zink, cadmium, nikkel, kwik en lood(verbindingen) bevatten.
13	Loodaccu's	160601	
13	NiCd-batterijen	160602	
13	Kwikhoudende batterijen	160603	

Sector plan #	EURAL code omschrijving	EURAL code	Sectorplan toelichting
13	Alkalibatterijen (exclusief 16 06 03)	160604	
13	Overige batterijen en accu's	160605	
13	Onder 16 06 01, 16 06 02 of 16 06 03 vermelde batterijen en accu's alsmede ongesorteerde mengsels van batterijen en accu's die dergelijke batterijen en accu's bevatten	200133	
13	Niet onder 20 01 33 vallende batterijen en accu's	200134	
27	Shredder: IJzer- en staalafval	191001	Autoshredderafval ontstaat bij het uitsluitend shredderen van autowrakken
27	Shredder: Non-ferroafval	191002	
27	Shredder: Lichte fractie die en stof dat gevaarlijke stoffen bevat	191003	Shredderafval afkomstig van het shredderen van metaalhoudende afvalstoffen anders dan autowrakken
27	Shredder: Niet onder 19 10 03 vallende lichte fracties en stof	191004	
27	Shredder: Andere fracties die gevaarlijk stoffen bevatten	191005	
27	Shredder: Andere, niet onder 19 10 05 vallende fracties	191006	
51	Afgedankte voertuigen	160104	Onder 'wrakken van auto's' vallen wrakken van personenauto's, lichte bedrijfsauto's (tot 3.500 kg) en drie- en vierwielige bromfietsen. Onder 'wrakken van tweewielige motorvoertuigen' vallen brom-, snor- en motorfietsen. Voor de definities van 'autowrak' en 'wrak van een tweewielig motorvoertuig' wordt verwezen naar artikel 1 van het Activiteitenbesluit milieubeheer.
51	Afgedankte voertuigen die noch vloeistoffen, noch andere gevaarlijke onderdelen bevatten	160106	
71	Afgedankte apparatuur die chloorfluorkoolwaterstoffen, HCFK's en/of HFK's bevat	160211	Het betreft zowel ferro als non-ferro metaalafvalstoffen: (metaal)schroot, roestvast staal, restanten zink, aluminium, koper, lood en legeringen, edele metalen, metaalstof en katalysatoren gebruikt in auto's;
71	Afgedankte apparatuur die vrije asbestvezels bevat	160212	
71	Niet onder 16 02 09 tot en met 16 02 12 vallende afgedankte apparatuur die gevaarlijke onderdelen (2) bevat	160213	
71	Niet onder 16 02 09 tot en met 16 02 13 vallende afgedankte apparatuur	160214	
71	Uit afgedankte apparatuur verwijderde gevaarlijke onderdelen	160215	Zowel gescheiden ingezameld, gescheiden afgegeven als metaalfracties ontstaan na sorteren of scheiden van gemengde afvalstromen.
71	Niet onder 16 02 15 vallende uit afgedankte apparatuur verwijderde onderdelen	160216	
71	Afgedankte apparatuur die chloorfluorkoolwaterstoffen bevatten	200123	Voor de categorie "grotendeels uit metalen bestaande afvalstoffen" geldt dat ze alleen onder dit sectorplan vallen wanneer ze niet onder een ander sectorplan kunnen worden gebracht (zo valt bijvoorbeeld de ferro- en non-ferro fractie afkomstig van de verwerking van AVI-bodemassen niet onder dit sectorplan maar onder sectorplan 20).
71	Niet onder 20 01 21 en 20 01 23 vallende afgedankte elektrische en elektronische apparatuur die gevaarlijke onderdelen (6) bevat	200135	
71	Niet onder 20 01 21, 20 01 23 en 20 01 35 vallende afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	200136	

Bijlage C

Lijst batterij recycling activiteiten wereldwijd

List of companies involved in battery recycling															
#	Country	Companies	Li-Ion	Akzo-C	Ni-Cd	Ni-Mn	Pb-Acid	Prometal	Hydromet	Thermal	Mechanical	Direct Physical	Colligative Solvent Prep	Materials Recovered / Capacity (tpa)	Website
1	Germany	ACCUREC-Recycling GmbH (initiated by NIREC Recycling GmbH)	✓		✓	✓		✓	✓		✓		✓	Li, Co, Cu, Fe, Ni, Co, Al, plastic / 8000 tpa	www.accurec.de
2	Finland	AkkuSer Oy **	✓				✓							Co, black mass	www.akkuser.fi
3	USA	American Battery Technology Company (ABTC)												Co, Co, Mn, Li	www.americanbatterytechnology.com
4	Canada	American Manganese Inc / RecycleCo												Co, Li, Ni, Mn, Al	www.americanmanganeseinc.com
5	USA	Aqua Metals Inc	✓				✓							Aqueous/leach, ULABs	www.aquametals.com
6	Slovenia	ASEKOL SK s.l.o. 2021												3,045 collection points	www.asekol.si
7	Switzerland	Bahre Industrie AG	✓			✓					✓			Mercury	www.bahrec.ch
8	Norway	Batterietur - Renesos	✓											20,000 collection points	www.batterietur.no
9	USA	Battery Resources Inc **	✓					✓						NMC hydroxide, Li	www.batterieresources.com
10	USA	Battery Solutions LLC	✓	✓										End-of-life battery sorting	www.batterysolutions.com
11	Belgium	Bebat VZW (merger Bebat and Recybat) - Renasos	✓											23,908 collection points	www.bebat.be
12	USA	BRME - Battery Recycling Made Easy LLC				✓								N-Cd	www.batteryrecyclingmadeeasy.com
13	China	Burg (subs of CATL)								✓				Ni, Co, Mn, Li / ~30,000-50,000 tpa	www.call.com/en/sustainable/recycling
14	Canada	Caltechycle Inc	✓		✓	✓				✓				End-of-life battery recycling management	www.caltechycle.org
15	Germany	Chemetal (parent BASF)	✓		✓	✓								Co, Cu, Ni, Li (small scale)	www.chemetal.com
16	Switzerland	Citron (closed on December 2019) *	✓				✓			✓				No data	No website
17	USA	Clarios / Varis (subs of Brookfield Business Partners)	✓											Li, ULABs	www.clarios.com
18	USA	Clean Earth (former AERC Recycling Solutions)						✓						No data	www.cleanearthinc.com
19	Italy	Cobalt Ripa (subs of Cobalt) - Renesos											✓	Battery, WEEE, tires collection only	www.cobalt.it
20	Germany	DK Recycling and Roheisen GmbH												No data	www.dk-dusborg.de
21	Japan	Dowa Eco-System / Mettec Ltd (part of Dowa Holdings Co., Ltd.)	✓											Cu, Co, Ni / 1000 tpa	www.ir.dowa.co.jp
22	Germany	Duesenfeld GmbH (partner of BMW) **	✓					✓			✓			Li, Co, Ni, Fe, Cu, Al / 3,000 tpa	www.duesenfeld.com
23	UK	Ecobat Logistics (aka GGP Batteries)	✓										✓	Battery collection only	www.ecobat-logistics.com
24	Czech Republic	ECOBAT s.r.o.	✓										✓	20,000 collection points	www.ecobat.cz
25	Australia	Ecobat (part of Recycal group) - ecocycle.com.au	✓	✓		✓								Mercury recycler, battery processor, ULAB	www.ecobat.net
26	Malaysia	EcoNiU Battery (part of Taisen Recycling Company China)	✓											Ni, Mn, Co, Al, WEEE	www.econil2b.com
27	Spain	Ecopilas	✓						✓					44,812 collection points	www.ecopilas.es
28	Australia	Eclipse Solutions (part of QLS Group)	✓											WEEE, 300+ collection centres	www.ecyclesolutions.net.au
29	France	Eliot - Euro Dieuze Industrie / Vedica (subs of SARP Industries)	✓			✓		✓			✓			Li, Co, Cu NFM / ~5,000-6,000 tpa	www.sarpi.vedica.com
30	Portugal	Electro	✓											WEEE, 3,500 collection points	www.electrao.pt
31	Poland	ENERIS Recycpol Sp. z o.o	✓			✓								No data	www.eners.pl
32	Spain	Envirobat	✓	✓		✓								Zn, Mn	www.envirobat.es/pagina
33	Australia	Envirobatman Australia Pty Ltd, a subsidiary of Lithium Australia	✓											AMMO, collection	www.envirobatman.com.au
34	France	Eramet Group	✓	✓		✓								Li, Co, Ni, Fe, Cu, Al	www.eramet.com
35	France	Eristel aka Valdi (AFE Group) acquired by Eramet	✓											Ni, Co, Mn, Tungsten, Vanadium, NFM, other	www.erastel.com
36	Germany	Eros Production und Montage GmbH (part of Weck+Pollar Holding GmbH) ***	✓											LiB, plastic	www.wpgroup.de
37	USA	Exide Technologies (acquired by Atlas Holdings)					✓							ULABs, US factory closed in 2020	www.exide.com
38	Finland	Fortum Corporation (aka Criosolite)	✓											Li, Co, Ni, Mn	www.fortum.com
39	Japan	Fourt - 4R Energy Corp (Nissan/Sumitomo)											✓	Refabricate, Recycle, Resell and Reuse	www.4r-energy.com
40	China	Ganzhou Highpower (part of Highpower International Inc)												10,000 tpa	www.highpowertech.com
41	China	GEM Co., Ltd				✓					✓			Cu, Al, Fe, Co, Ni / ~5,000-10,000 tpa	www.gemchina.com
42	Switzerland	Gleason P.L.C / Xtrata									✓			Battery collection only in EU - export to Canada	www.gleason.com
43	Singapore	Green Union Pte Ltd **									✓			Li	www.green-union.com
44	Germany	GRS Batteries Foundation - Renesos	✓											15,000 collection points	www.grs-batteries.de
45	Japan	GS Yuasa International Ltd	✓	✓		✓		✓						Plastic	www.gsyuasa-es.com
46	China	Guangdong Guanghua So-Tech Co., Ltd.	✓								✓			LiB, Co, Ni, Mn / ~10,000 tpa	www.gtech.com
47	UK	H Ripley & Co (JV with uRecycle)	✓											WEEE, tire, cable, Nickel, Cobalt, Graphite, Copper and Alun	www.hripley.co.uk
48	Japan	Honda Motor / Japan Metals & Chemicals / Matsuda Sangyo												No data	www.honda.com
49	China	Huayou Cobalt Co., Ltd (part of Huayou Recycling Technology)	✓											Co, Ni / ~65,000 tpa	www.en.huayou.com
50	Norway	Hydrovolt AS (JV with Notthoff) **	✓											Li, Mn, Co / 8,000 tpa (target)	www.hydrovolt.com
51	UK	Impact solutions	✓											Li, Co, Mn	www.impact-solutions.co.uk
52	USA	Indelco (American Zink Recycling)	✓			✓								Ni, other valuable metals	www.azr.com
53	Japan	JN Nippon Mining & Metals Corporation (owned by JXTG Holdings, Inc.) ***	✓											800 tpa from WEEE, Co	www.nmmjkg-group.co.jp
54	South Korea	Kobor Ltd (KB Corporation)	✓											Fe, Ni, Cd, Co / 2,100 tpa total	www.kobor.co.kr
55	South Korea	Korea Zinc	✓											Zn, Pb, Cd, Fe, Sn, Cu, Ni	www.koreazinc.co.kr
56	Japan	Kyoei Industrial Co. Ltd (part of Kyoei Seiko Co., Ltd)	✓											Ni, Co, Cu	www.kyoei-seiko.co.jp
57	Germany	Lars Walch GmbH & Co. KG	✓											Li, Nd, Fe, magnets, RE, scrap, wind turbine	www.walch-recycling.de
58	UK	LiBat Recycling Ltd (part of Recycrus Group)	✓			✓		✓						WEEE	www.liatreycling.com
59	Canada	Li-Cycle Corp. **	✓											Li, Ni, Mn, Co	www.li-cycle.com
60	UK	Lincoln Storm Ltd (aka ReCoNi Ltd)	✓											Ni, Co, Li, Mn / 8000 tpa	www.lincolnstorm.com
61	USA	Litico Corporation (acquired by Comstock Mining)	✓			✓								Li, Co, Ni, Mn, Spent LIBs, Co-precipitation method	www.litico.com
62	Canada	Lithion Recycling **	✓											Upcoming in 2022	www.lithionrecycling.com
63	Netherlands	Lithium Safety Solutions (former Battery Safety Solutions)	✓										✓	LiB	www.lithiumsafety.com
64	India	Lohum	✓											Li, Co, Ni, Mn, Graphite, RE	www.lohum.com
65	Austria	Neometals Ltd	✓						✓		✓			Li, Co, Ni, Cu, Fe, Au, Graphite, Mn, plastic	www.neometals.com.au
66	Germany	Nickelhütte Aue GmbH	✓						✓					Ni, Cu, Co, Zn, Mo / 7000 tpa	www.nickelhutte.com
67	Japan	Nippon Recycle Center Corp	✓						✓	✓				No data	www.recy21.co.jp
68	Germany	NIREC Nickel - Recycling GmbH (related to ACCUREC-Recycling GmbH) *	✓											Ni, 1,000 tpa	No website
69	Sweden	NorthVolt AB (by 2022) **	✓											90% recycled material by 2030 (target) / 25,000 tons	www.northvolt.com
70	USA	Nth Cycle Inc	✓											Electrochemical processing (on-site), RE, PM, LiB	www.nthcycle.com
71	USA	OnTo Technology LLC	✓										✓	LiB	www.onto-technology.com
72	Spain	Pilagost *	✓											Manganese, graphite, plastic	www.pilagost.cat
73	Germany	Primobus GmbH ***	✓	✓										Co, LiBs	www.primobus.com
74	Germany	PROMESA GmbH & Co. KG (subs of Verwertung- und Vertriebsgesellschaft)	✓	✓									✓	Co, Ni	www.promesa-tec.de
75	Canada	Raw Materials Company	✓				✓							Zinc, Mn, Consumer batteries, plastic	www.rawmaterials.com
76	Greece	Re-Battery A.E.	✓											8,170 collection points	www.rebattery.gr
77	Germany	Reco-e GmbH	✓			✓								Co, Ni, Al, Fe, plastic, scrap	www.reco-e.de
78	France	Recupyl SAS	✓			✓								Mn, Co, Li, Ni, Al, Cu, Fe	www.recupyl.fr
79	India	Recyclex of ULAB & lead wastes/scrap (81 companies)	✓											ULABs and other / 259,000 tpa	www.rncpb.gov.in
80	France	Recyclex SA	✓						✓					ULABs, Zinc, plastic	www.recyclex.eu
81	Spain	Recycplus / Indumetal	✓						✓					Lamps, NFM	www.recycplus.com
82	Germany	Redux GmbH (part of Saubermacher Dienstleistungs AG)	✓											Fe, Al, Cu, Co, Ni, plastic / 10,000 pta	www.redux-recycling.com
83	USA	RedWood Materials (Tesla recycler) **	✓											Li, Ni, Cu, As, Ag, Co, Sn, Pd, Ta, Nd, ~20,000 tons	www.redwoodmaterials.com
84	Belgium	Renescos SCS (has network in EU)	✓											Li	www.renecos.eu
85	Australia	ReSource	✓			✓								Co cables, scrap metal, plastic	www.re-source.net.au
86	USA	Review Technologies (formerly Toxco, Inc.)	✓			✓		✓			✓			LiB	www.reviewtech.com
87	Belgium	Revaltech	✓			✓			✓					Zn, Pb, Cu, Ni, Sn, Co, Mo / 50,000 tpa	www.revaltech.be
88	UK	RICARDO (aka AEA Technology)	✓											Li, Co, H2O not industrial scale	www.ricardo.com
89	Poland	ROYAL WEES RECYCLING SP. Z O.O.	✓											WEEE	www.royalwees.pl
90	Sweden	SAFT AB	✓											2,900 tpa	www.saftbatteries.com
91	USA	Salicor System USA Inc. (Dissolved on 31 March 2008) *	✓											Mercury recovery	No website
92	USA	SMCC Recycling (SungEel MCC Americas LLC)	✓											3,000 tons if LiBs, Co, Ni, Li, Cu	www.smccrecycling.com
93	France	SNAM (Societe Nouvelle d'Alliage des Metaux) ***	✓			✓								Co, Ni, Cu, Al, Fe + Repurposing	www.snam.com
94	Romania	SNRB	✓											All kinds of batteries	www.snrb.org
95	USA	Spiers New Technology (NL)	✓											Repair, remanufacturing, refurbishing, repurposing	www.spiersnewtechnologies.com
96	Netherlands	Sibat - Renesos	✓											23,907 collection points	www.sibat.nl
97	Japan	Sumitomo Metals Mining Company	✓											No data	www.smm.co.jp
98	South Korea	SungEel Tech Co., Ltd	✓											WEEE, Co, Ni, Mn, Li / 8000 tpa	www.sungeltd.com
99	China	Tale Battery Recycle Technology Co.,Ltd. ***	✓											Co, Li, Fe, LiB / 3,000 tpa / 32,30 collection points	www.en.talebattery.com
100	Singapore	TES B	✓											90,000 tonnes of WEEE and Li, Co	www.tes-smm.com
101	USA	The Doe Run Company	✓											ULABs, plastic	www.doe-run.com
102	Japan	Toho Zinc	✓			✓		✓						No data	www.toho-zinc.co.jp
103	Belgium	Umicore Recycling Solutions (AZUR SPACE)	✓					✓	✓					Li, Co, Ni, Cu, RE / 7000 tpa	www.umicore.com
104	Finland	uRecycle (related to H.Ripley & Co) *	✓											Black mass	No website
105	Spain	UTE VILOMARA II	✓			✓		✓						Lamps	www.utevilomara.es/en
106	Netherlands	Van Paperzeel	✓												

Bijlage D

Verbeterpotentieel sectorplannen hoogwaardige verwerkingsmethodes

Openen van interactieve stromenkaarten

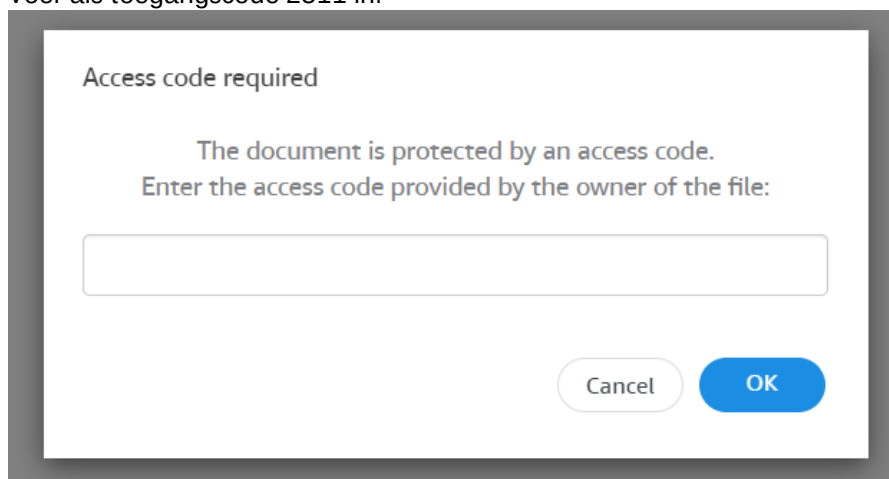
Stap 1:

Klik op de onderstaande link:

<https://geofluxus.awsapps.com/workdocs/index.html#/share/document/8c05984080ffb97418a47295af8ec7169a62e4c291a4adc4528f39ad996d8763>

Stap 2:

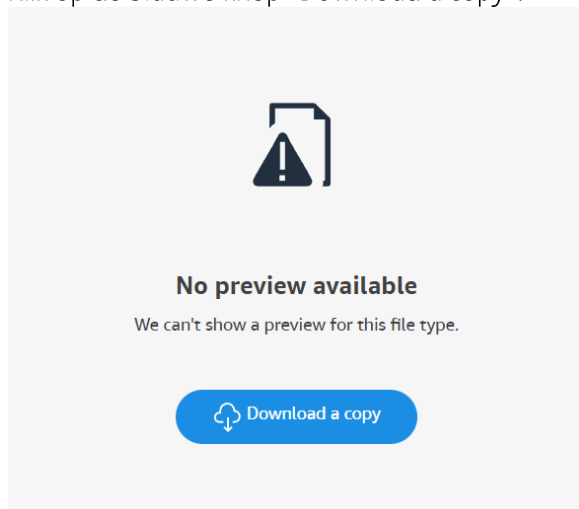
Voer als toegangscode 2511 in.



A dialog box titled "Access code required" with a light gray background and a dark gray border. The text inside reads: "The document is protected by an access code. Enter the access code provided by the owner of the file:". Below the text is a white rectangular input field with a thin gray border. At the bottom right of the dialog are two buttons: a white "Cancel" button with a gray border and a blue "OK" button with white text.

Stap 3:

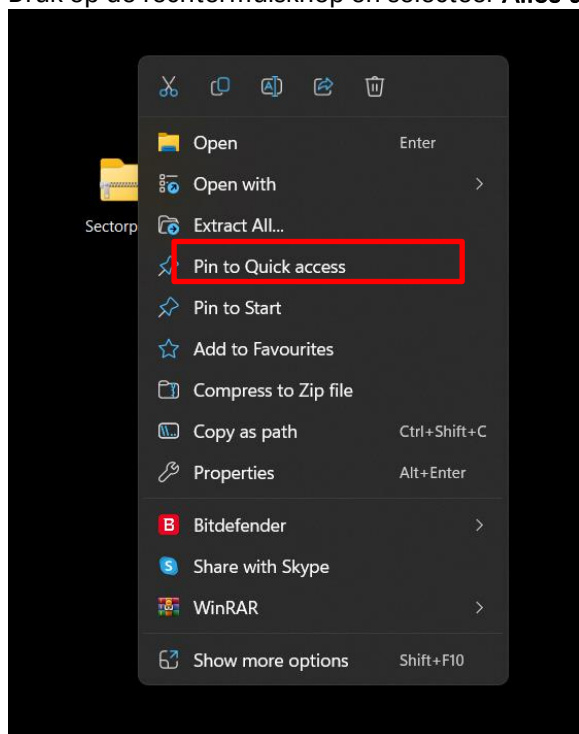
Klik op de blauwe knop “Download a copy”.

**Stap 4:**

Sla het bestand op, op een plek van voorkeur, door op **opslaan** te drukken.

Stap 5:

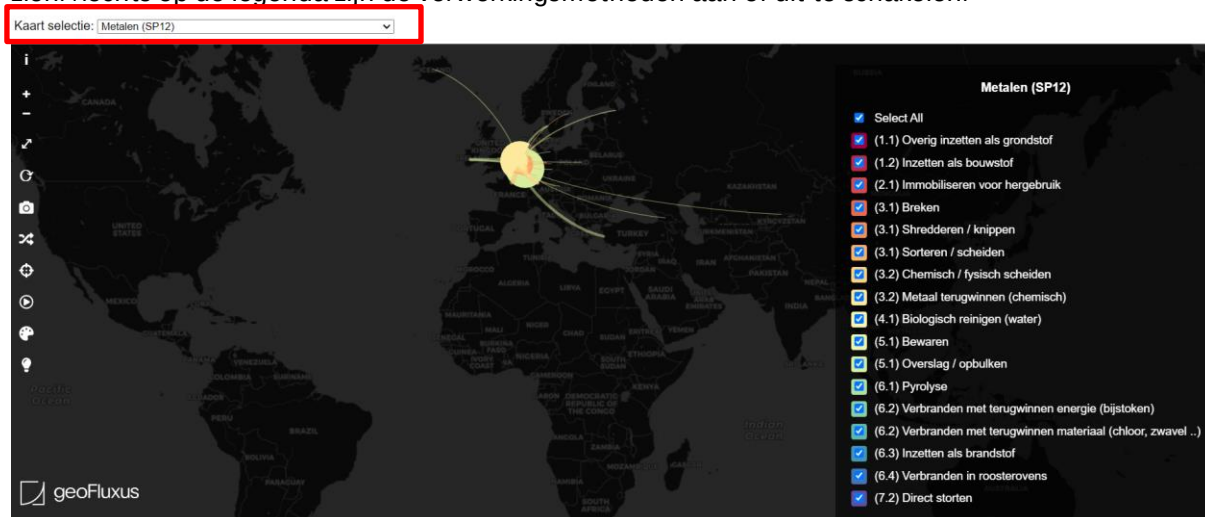
Druk op de rechtermuisknop en selecteer **Alles uitpakken** en volg de instructies.

**Stap 6:**

Dubbelklik op het bestand **stromen.html** om het bestand in uw webbrowser te openen.

Stap 7:

Selecteer linksboven in het menu het sectorplan waarvan je de verwerkingsmethoden wilt zien. Rechts op de legenda zijn de verwerkingsmethoden aan of uit te schakelen.



deze section break niet verwijderen

Bijlage E

Koppeling 4-digit productgroepen (geharmoniseerd systeem) en kritieke grondstoffen

Deze tabel is een gecomprimeerde versie van de koppeling zoals die in het MIDNE onderzoek (Bastein et al. 2015) zoals in het hoofdrapport besproken in §**Error! Reference source not found.** De tabel geeft inzicht in de aard van de (geharmoniseerd systeem) productgroepen via de labels. Deze tabel is gebruikt in de duiding van kritieke grondstoffen in de EURAL codes zoals die in **Error! Reference source not found.** en **Error! Reference source not found.** worden getoond. Die duiding is verkregen door een expert-judgement koppeling te maken tussen EURAL afvalcodes en de productgroepen zoals die in de wereldeconomie worden geïmporteerd en geëxporteerd.

De gele, oranje en rode tinten geven aan of een kritieke grondstof enigszins (geel), matig (oranje) of sterk (rood) in een productgroep aanwezig is. Een groene tint betekent dat een kritieke grondstof niet aanwezig is. In de kolommen 12, 13, 27, 51 en 71 wordt aangegeven in welk sectorplan een productgroep verwacht wordt, via een markering “12”, “13”, “27”, “51” en “71”. Als een productgroep in een ander sectorplan terugkomt of in hoofdstuk A4/buiten LAP valt wordt respectievelijk een aanduiding “a” of “b” gebruikt.

[illegible]

						ander sector	A4 of																																										
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In						
2840	12							Boraten																																									
2841								Zouten van oxometaal- zuren of van peroxometaal- zuren																																									
								Andere anorganische zouten en peroxozouten (aluminosilicaten, al dan niet chemisch welbepaald, daaronder begrepen), met uitzondering van aziden																																									
2842								Edele metalen in colloïdale toestand																																									
2942	12							Andere organische verbindingen																																									
3204	12							Synthetische organische kleurstoffen, ook indien chemisch welbepaald																																									
3206	12							Andere kleur- en verfstoffen																																									
3207								Bereide pigmenten, bereide opacifieermiddelen en bereide verfstoffen, verglaasbare samenstellingen, engobes (slips), vloeibare glansmiddelen en dergelijke preparaten, van de soort gebruikt voor keramiek, voor het emaileren of voor glaswerk																																									
3208								Verf en vernis op basis van synthetische polymeren of gewijzigde natuurlijke polymeren, gedispergeerd of																																									

						ander sector	A4 of																																				
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In
								opgelost in een niet-waterig medium																																			
								Verf en vernis op basis van synthetische polymeren of gewijzigde natuurlijke polymeren, gedispergeerd of opgelost in een waterig medium																																			
3209								Andere verf en vernis																																			
3210								Pigmenten (metaalpoeder en metaalvlokken daaronder begrepen), gedispergeerd in een niet-waterig medium, als vloeistof of als pasta, van de soort gebruikt voor de vervaardiging van verf																																			
3212	12							Stopverf, harscement en ander mastiek (kit)																																			
3214								Smeermiddelen (boor, snij- en draaiolie (koelolie), preparaten voor het losmaken van bouten en moeren, roest- en corrosie werende preparaten en preparaten voor het insmeren van vormen, op basis van smeermiddelen, daaronder begrepen), alsmede preparaten van de soort gebruikt voor het smouten, vetten of oliën van																																			
3403																																											

						ander sector	A4 of																																				
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In
								textiel, van leder, van pelterijen of van andere stoffen, andere dan preparaten bevattende als basisbestanddeel 70 of meer gewichtspersenenten aardolie of olie uit bitumineuze mineralen																																			
3506								Lijm en andere bereide kleefmiddelen, elders genoemd noch elders onder begrepen																																			
3606	12							Ferrocium en andere vonkende legeringen, ongeacht de vorm																																			
3707								Chemische preparaten voor fotografisch gebruik, andere dan vernis, lijm en dergelijke preparaten																																			
3802								Actieve kool																																			
3804								Residulogen, ontstaan bij de vervaardiging van houtcellulose, ook indien geconcentreerd, ontsuikerd of chemisch behandeld, ligninesulfonaten daaronder begrepen, doch met uitzondering van de bij posten 3803 bedoelde tallolie																																			

[illegible]

						ander sector	A4 of																																														
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In										
3917			27					Buizen, slangen en hulpstukken daarvoor (bijvoorbeeld verbindingstukken, moffen, ellebogen, flenzen), van kunststof																																													
3919			27					Platen, vellen, foliën, stroken, strippen en andere platte producten, van kunststof, zelfklevend, ook indien op rollen																																													
3920			27					Andere platen, vellen, foliën, stroken en strippen, van kunststof zonder celstructuur, niet versterkt, gelaagd of op dergelijke wijze gecombineerd met andere stoffen, niet op een drager																																													
3923			27					Artikelen voor vervoer of voor verpakking, van kunststof																																													
3924								Tafelgerei, keukengerei, andere huishoudelijke artikelen en hygiënische en toiletartikelen, van kunststof																																													
3925								Uitrustingsstukken voor gebouwen, van kunststof, elders genoemd noch elders onder begrepen																																													
3926								Andere artikelen van kunststof en artikelen van andere stoffen																																													

						ander sector	A4 of																																							
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In			
								bedoeld bij de posten 3901 tot en met 3914																																						
6802								Werken van steen (andere dan leisteen), bewerkte steen daaronder begrepen, andere dan bedoeld bij posten 6801																																						
								Molenstenen, slijpstenen en dergelijke artikelen, zonder onderstel, om te malen, te vervezelen, te breken, te wetten, te polijsten, te slijpen, te zagen of te snijden, handwetstenen en handpolijststenen, alsmede delen daarvan, van natuursteen, van geagglomereerde natuurlijke of kunstmatige schuur-, slijp- of polijstmiddelen, of van keramiek, ook indien met delen van andere stoffen																																						
6804								Natuurlijke of kunstmatige schuur-, slijp- of polijstmiddelen in poeder of in korrels, op een drager van textiel, van papier, van karton of van andere stoffen, ook indien in een bepaalde vorm gesneden, genaaid of op andere wijze aaneengezet																																						

						ander sector	A4 of																																								
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In				
6806	12							Slakkenwol, steenwol en dergelijke minerale wol																																							
6815								Werken van steen of van andere minerale stoffen (koolstofvezels, werken van koolstofvezels en werken van turf daaronder begrepen), elders genoemd noch elders onder begrepen																																							
6902								Vuurvaste stenen en tegels en dergelijke vuurvaste keramische vormstukken, voor constructiedoeleinden, andere dan van diatomeenaarde of van dergelijke kiezelaarden																																							
6903								Andere vuurvaste keramische voorwerpen (bijvoorbeeld retorten, smeltkroezen, moffels, mondstukken, stoppen, dragers, schuitjes, pijpen, buizen, hulzen, staafjes en schuiven), andere dan van diatomeeënaarde of van dergelijke kiezelaarden																																							
6905								Dakpannen, elementen voor schoorstenen, rookkanalen, bouwkundige ornamenten en ander bouw materiaal, van keramische stoffen																																							

						ander sector	A4 of																																								
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In				
6909					71			Apparaten en artikelen, voor chemisch of ander technisch gebruik, van keramische stoffen																																							
6914								Andere werken van keramische stoffen																																							
7002								Glas in kogels (andere dan de microbolletjes bedoeld bij posten 7018), in staven, in stengels of in buizen, onbewerkt																																							
7003								Gegoten of gewalst glas in platen of profielen, ook indien voorzien van een absorberende, reflecterende of niet-reflecterende laag, doch niet op andere wijze bewerkt																																							
7004								Getrokken of geblazen glas in platen, ook indien voorzien van een absorberende, reflecterende of niet-reflecterende laag, doch niet op andere wijze bewerkt																																							
7005								Vuurgepolijst glas en op een of beide zijden geslepen of gepolijst glas, in platen, ook indien voorzien van een absorberende, reflecterende of niet-reflecterende laag, doch niet op andere wijze bewerkt																																							

[illegible]

						ander sector	A4 of																																														
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In										
7018								Glazen kralen, onechte parels, onechte edelstenen en dergelijk klein glaswerk, alsmede werken daarvan, andere dan fancy bijouterie																																													
7019								Glasvezels (glaswol daaronder begrepen) en werken daarvan (bijvoorbeeld garens, rovings, weefsels)																																													
7020								Ander glaswerk																																													
7103								Natuurlijke edelstenen (halfedelstenen daaronder begrepen), andere dan diamant, ook indien bewerkt of in stellen, doch niet aaneengeregen, gevat noch gezet																																													
7104								Synthetische of gereconstrueerde edelstenen of halfedelstenen, ook indien bewerkt of in stellen, doch niet aaneengeregen, gevat noch gezet																																													
7105								Poeder en stof, van natuurlijke of van synthetische edelstenen of halfedelstenen																																													
7106	12							Zilver (verguld zilver en geplatineerd zilver daaronder begrepen), onbewerkt, halfbewerkt of in poedervorm																																													

						ander sector	A4 of																																									
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In					
7107								Onedele metalen geplateerd met zilver, onbewerkt of halfbewerkt																																								
7110								Platina, onbewerkt, halfbewerkt of in poedervorm																																								
7111								Onedele metalen, zilver en goud, geplateerd met platina, onbewerkt of halfbewerkt																																								
7113								Bijouterieën en juwelen, alsmede delen daarvan, van edele metalen of van metalen geplateerd met edele metalen																																								
7114								Edelsmidswerk en delen daarvan, van edele metalen of van metalen geplateerd met edele metalen																																								
7115								Andere werken van edele metalen of van metalen geplateerd met edele metalen																																								
7116								Werken van echte of gekweekte parels, van natuurlijke, synthetische of gereconstrueerde edelstenen of halfedelstenen																																								
7117								Fancy bijouterieën																																								
7118	12							Munten																																								
7201	12							Gietijzer en spiegelijzer, in gietelingen, in blokken of in andere primaire vormen																																								
7202	12							Ferrolegeringen																																								

						ander sector	A4 of																																												
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In								
7203	12							Ferroproducten verkregen door het rechtstreeks reduceren van ijzererts en andere sponsachtige ferroproducten, in blokken, in pellets of in dergelijke vormen																																											
7204	12							Resten en afval, van gietijzer, van ijzer of van staal (schroot)																																											
7205	12							Korrels en poeder, van gietijzer, van spiegelijzer, van ijzer of van staal																																											
7210	12							Gewalste platte producten, van ijzer of van niet-gelegeerd staal, met een breedte van 600 mm of meer, geplateerd of bekleed																																											
7211	12							Gewalste platte producten, van ijzer of van niet-gelegeerd staal, met een breedte van minder dan 600 mm, niet geplateerd noch bekleed																																											
7212	12							Gewalste platte producten, van ijzer of van niet-gelegeerd staal, met een breedte van minder dan 600 mm, geplateerd of bekleed																																											
7217	12							Draad van ijzer of van niet-gelegeerd staal																																											
7220	12							Gewalste platte producten van roestvrij staal, met een breedte van minder dan 600 mm																																											

						ander sector	A4 of																																								
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In				
7224	12							Ander gelegeerd staal in ingots of in andere primaire vormen																																							
7225	12		27					Gewalste platte producten van ander gelegeerd staal, met een breedte van 600 mm of meer																																							
7226	12		27					Gewalste platte producten van ander gelegeerd staal, met een breedte van minder dan 600 mm																																							
7227	12							Walsdraad van ander gelegeerd staal																																							
7228	12							Staven en profielen van ander gelegeerd staal																																							
7304	12							Buizen, pijpen en holle profielen, naadloos, van ijzer of van staal																																							
7305	12							Andere buizen en pijpen (bijvoorbeeld gelast, geklonken, genageld, gefelst), met een rond profiel en met een uitwendige diameter van meer dan 406,4 mm, van ijzer of van staal																																							
7306	12							Andere buizen, pijpen en holle profielen (bijvoorbeeld gelast, geklonken, genageld, gefelst of met enkel tegen elkaar liggende randen), van ijzer of van staal																																							
7307	12		27					Hulpstukken (fittings) voor buisleidingen (bijvoorbeeld verbindingstukken, ellebogen,																																							

						ander sector	A4 of																																								
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In				
								moffen), van gietijzer, van ijzer of van staal																																							
7308	12		27					Constructiewerken en delen van constructiewerken (bijvoorbeeld bruggen, bruggdelen, sluisdeuren, vakwerkmasten en andere masten, pijlers, kolommen, kapconstructies, deuren en ramen, alsmede kozijnen daarvoor, drempels, luiken, balustrades), van gietijzer, van ijzer of van staal, andere dan de geprefabriceerde bouwwerken bedoeld bij posten 9406																																							
7309	12		27					Reservoirs, voeders, kuipen en dergelijke bergingsmiddelen, voor ongeacht welke goederen (andere dan voor gecomprimeerd of vloeibaar gemaakt gas), van gietijzer, van ijzer of van staal, met een inhoudsruimte van meer dan 300Â l, niet voorzien van een mechanische inrichting of van een inrichting om te koelen of te warmen, ook indien inwendig bekleed of voorzien van een warmte-isolerende bekleding																																							

[illegible]

						ander sector	A4 of																																				
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In
								artikelen, voor handwerk, van ijzer of van staal																																			
7321	12		27					Kachels, kookketels met vuurhaard, keukenfornuizen (die, welke mede dienen voor centrale verwarming daaronder begrepen), barbecues, vuurpotten, gaskookplaten, bordenwarmers en dergelijke niet-elektrische toestellen voor huishoudelijk gebruik, alsmede delen daarvan, van gietijzer, van ijzer of van staal																																			
7323	12		27					Keukengerei en huishoudelijke artikelen, alsmede delen daarvan, van gietijzer, van ijzer of van staal																																			
7325	12		27					Andere gegoten werken van ijzer of van staal																																			
7326	12		27					Andere werken van ijzer of van staal																																			
7401	12							Kopersteen of ruwsteen																																			
7402	12							Niet-geraffineerd koper																																			
7403	12							Geraffineerd koper en koperlegeringen, ruw																																			
7406	12							Poeder en schilfers, van koper																																			
7407	12		27					Staven en profielen, van koper																																			
7408	12		27					Draad van koper																																			

						ander sector	A4 of																																									
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In					
7409	12		27					Platen, bladen en strippen, van koper, met een dikte van meer dan 0,15 mm																																								
7411	12		27					Buizen en pijpen, van koper																																								
7412	12		27					Hulpstukken (fittings) voor buisleidingen, van koper (bijvoorbeeld verbindingstukken, ellebogen, moffen)																																								
7415	12		27					Draadnagels, spijkers, punaises, aangepunte krammen en dergelijke artikelen, van koper of met schacht van ijzer of van staal en een koperen kop																																								
7419	12		27					Andere werken van koper																																								
7501	12							Nikkelmatte, nikkeloxidesinters en andere tussenproducten van de nikkelmetallurgie																																								
7502	12							Ruw nikkel																																								
7504	12							Poeder en schilfers, van nikkel																																								
7505	12		27					Staven, profielen en draad, van nikkel																																								
7506	12		27					Platen, bladen en strippen, van nikkel																																								
7507	12		27					Buizen en pijpen, alsmede hulpstukken (fittings) voor buisleidingen (bijvoorbeeld verbindingstukken, ellebogen, moffen), van nikkel																																								

						ander sector	A4 of																																										
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In						
7508	12		27					Andere werken van nikkel																																									
7601	12							Ruw aluminium																																									
7602	12		27					Resten en afval, van aluminium																																									
7603	12		27					Poeder en schilfers, van aluminium																																									
7604	12		27					Staven en profielen, van aluminium																																									
7605	12		27					Draad van aluminium																																									
7606	12		27					Platen, bladen en strippen, van aluminium, met een dikte van meer dan 0,2 mm																																									
7607	12		27					Bladaluminium (ook indien bedrukt of op een drager van papier, van karton, van kunststof of op dergelijke dragers) met een dikte van niet meer dan 0,2 mm (de dikte van de drager niet meegerekend)																																									
7608	12		27					Buizen en pijpen, van aluminium																																									
7609	12		27					Hulpstukken (fittings) voor buisleidingen (bijvoorbeeld verbindingstukken, ellebogen, moffen), van aluminium																																									
7610	12		27					Constructiewerken en delen van constructiewerken (bijvoorbeeld bruggen, brugdelen, torens, vakwerkmasten en andere masten, pijlers, kolommen, kapconstructies, deuren en																																									

						ander sector	A4 of																																								
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In				
								ramen, alsmede kozijnen daarvoor, drempels, luiken, balustrades), van aluminium, andere dan de geprefabriceerde bouwwerken bedoeld bij posten 9406																																							
7611	12		27					Reservoirs, voeders, kuipen en dergelijke bergingsmiddelen, voor ongeacht welke goederen (andere dan voor gecomprimeerd of vloeibaar gemaakt gas), van aluminium, met een inhoudsruimte van meer dan 300Â l, niet voorzien van een mechanische inrichting of van een inrichting om te koelen of te warmen, ook indien inwendig bekleed of voorzien van een warmte-isolerende bekleding																																							
7612	12		27					Reservoirs, fusten, trommels, bussen, blikken en dergelijke bergingsmiddelen (buisjes en tubes daaronder begrepen), voor ongeacht welke goederen (andere dan voor gecomprimeerd of vloeibaar gemaakt gas), van aluminium, met een inhoudsruimte van niet																																							

						ander sector	A4 of																																												
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In								
								meer dan 300Â l, niet voorzien van een mechanische inrichting of van een inrichting om te koelen of te warmen, ook indien inwendig bekleed of voorzien van een warmte-isolerende bekleding																																											
7613	12		27					Bergingsmiddelen voor gecomprimeerd of voor vloeibaar gemaakt gas, van aluminium																																											
7614	12		27					Kabels, strengen en dergelijke artikelen, van aluminium, niet geïsoleerd voor het geleiden van elektriciteit																																											
7615	12		27					Keukengerei, toiletartikelen, huishoudelijke en sanitaire artikelen, alsmede delen daarvan, van aluminium																																											
7616	12		27					Andere werken van aluminium																																											
7801	12							Ruw lood																																											
7802	12		27					Resten en afval, van lood																																											
7804	12		27					Platen, bladen en strippen, van lood																																											
7806	12		27					Andere werken van lood																																											
8001	12							Ruw tin																																											
8002	12		27					Resten en afval, van tin																																											
8003	12		27					Staven, profielen en draad, van tin																																											

						ander sector	A4 of																																									
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In					
8007	12		27					Andere werken van tin																																								
8101			27					Wolfraam en werken daarvan, resten en afval daaronder begrepen																																								
	12		27																																													
8102	12		27					Molybdeen en werken daarvan, resten en afval daaronder begrepen																																								
8103	12		27					Tantaal en werken daarvan, resten en afval daaronder begrepen																																								
8104	12		27					Magnesium en werken daarvan, resten en afval daaronder begrepen																																								
8105	12		27					Kobaltmatte en andere tussenproducten van de kobaltmetallurgie																																								
8108	12		27					Titaan en werken daarvan, resten en afval daaronder begrepen																																								
8109	12		27					Zirkonium en werken daarvan, resten en afval daaronder begrepen																																								
8110	12		27					Antimoon en werken daarvan, resten en afval daaronder begrepen																																								
8111	12		27					Mangaan en werken daarvan, resten en afval daaronder begrepen																																								

[illegible]

						ander sector	A4 of																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
8207	12		27		71			Verwisselbaar gereedschap voor al dan niet mechanisch handgereedschap of voor gereedschapswerktuigen (bijvoorbeeld voor het stampen, stansen, draadtappen, draadsnijden, boren, ruimen, kotteren, frezen, draaien, vastschroeven), daaronder begrepen trekstenen of trekmatrijzen en pers- of extrusiematrijzen voor het bewerken van metalen, alsmede grond- en gesteenteboren																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															</

						ander sector	A4 of																																				
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In
								papierhechters, hoekplaatjes, clips, ruitertjes en dergelijke kantoorbenodigdheden, van onedel metaal																																			
8306	12		27					Klokken, bellen, gongs en dergelijke artikelen, andere dan elektrische, van onedel metaal																																			
8307	12		27					Buigzame buizen (slangen), van onedel metaal, ook indien voorzien van hulpstukken (fittings)																																			
8308	12		27					Sluitingen, sluitbeugels, gespen, sluitgespen, haken en ogen en dergelijke artikelen, van onedel metaal, voor kleding of voor kledingtoebehoren, voor schoeisel, voor bijouterieën of juwelen, voor polshorloges, voor boeken, voor dekzeilen, voor lederwaren, voor reisartikelen of voor zadels of voor andere geconfectioneerde goederen																																			
8309	12		27					Stoppen (kroonkurken, schroefstoppen en schenkkurken daaronder begrepen), deksels, flessencapsules, schroefspinnen, sponblikjes, plombeerblikjes en -loodjes en																																			

						ander sector	A4 of																																																		
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In														
								andere benodigdheden voor verpakkingen, van onedel metaal																																																	
8310	12		27					Straatnaamborden, uithangborden, naam- en nummerborden en dergelijke borden, cijfers, nummers, letters en dergelijke, van onedel metaal, andere dan die bedoeld bij posten 9405																																																	
8311	12		27					Draad, staven, buizen, platen, elektroden en dergelijke artikelen, van onedel metaal of van metaalcarbide, bekleed of gevuld met vloeimiddelen, voor het lassen, solderen of afzetten van metaal of van metaalcarbide																																																	
8401							b	Kernreactoren																																																	
8405							b	Generatoren voor watergas of voor luchtgas, ook indien met bijbehorende zuiveringstoestellen																																																	
8406							b	Stoomturbines en andere damperturbines																																																	
8409							b	Delen waarvan kan worden onderkend dat zij uitsluitend of hoofdzakelijk bestemd zijn voor																																																	

						ander sector	A4 of																																										
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In						
								motoren bedoeld bij posten 8407 of 8408																																									
8411							b	Turbinestraalmotoren																																									
							b	Luchtpompen, vacuÛmpompen, compressoren voor lucht of voor andere gassen, alsmede ventilatoren																																									
8414								Machines en apparaten voor de regeling van het klimaat in besloten ruimten, bestaande uit een door een motor aangedreven ventilator en elementen voor het wijzigen van de temperatuur en de vochtigheid van de lucht, die waarmee de vochtigheid van de lucht niet afzonderlijk kan worden geregeld daaronder begrepen																																									
8415								Industriële ovens en ovens voor laboratoria, ovens voor verbranding van afval daaronder begrepen, niet elektrisch																																									
8417							b	Koelkasten, vrieskasten en andere machines, apparaten en toestellen voor de koeltechniek, al dan niet elektrisch werkend																																									
8418																																																	

[illegible]

						ander sector	A4 of																																									
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In					
8437							b	Machines voor het reinigen of sorteren van zaad, graan of gedroogde peulgroenten																																								
8438							b	Machines en toestellen, niet genoemd of niet begrepen onder andere posten van dit hoofdstuk, voor de industriële bereiding of vervaardiging van voedingsmiddelen of dranken, andere dan machines en toestellen voor de extractie of de bereiding van dierlijke of van plantaardige of microbiële vette oliën of vetten																																								
8441							b	Andere machines en toestellen voor de bewerking van papierstof, van papier of van karton, snijmachines van alle soorten daaronder begrepen																																								
8442							b	Machines, toestellen en uitrustingsstukken (andere dan de machines bedoeld bij de posten 8456 tot en met 8465) voor het prepareren of het maken van drukplaten, drukcilinders en ander materiaal voor het drukken																																								

						ander sector	A4 of																																							
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In			
8448							b	Hulpmachines en hulptoestellen voor de machines bedoeld bij de posten 8444, 8445, 8446 en 8447 (bijvoorbeeld dobby's of schaftmechanismen, jacquardmechanismen, ketting- en inslagwachters, wisselmechanismen voor schietspoelen)																																						
8451							b	Machines en toestellen (andere dan de machines bedoeld bij posten 8450) voor het wassen, het reinigen, het wringen, het drogen, het strijken, het persen (fixeerpersen daaronder begrepen), het bleken, het verven, het appreteren, het afwerken, het bestrijken of het impregneren van garens, van weefsels of van textielwaren, alsmede machines voor het opbrengen van deklagen op weefsels of op andere onderlagen die worden gebruikt bij de vervaardiging van vloerbedekkingen, zoals linoleum																																						
8452					71			Naaimachines, andere dan de naaimachines voor het																																						

						ander sector	A4 of																																				
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In
								boekbindersbedrijf bedoeld bij posten 8440																																			
					71			Convertors, gietpannen, gietvormen voor ingots (blokvormen), alsmede gietmachines, voor ijzer- of staalfabrieken en voor gieterijen																																			
8454																																											
								Walsstoelen voor metalen en rollen daarvoor																																			
8455	12																																										
							b	Gereedschapswerktuigen voor het bewerken van ongeacht welke stof waarbij materiaal wordt weggenomen, met behulp van laser- of andere licht- of fotonenstralen, van ultrasone trillingen, van elektro-erosie (vonkerosie), van elektrochemische procedés, van elektronenstralen, van ionenstralen of van plasmastralen																																			
8456																																											
							b	Machines voor het afbramen, slijpen, lappen, polijsten, afslijpen, honen of op andere wijze afwerken van metalen of van cermets, met behulp van slijpmiddelen (slijpstenen, slijpschijven, hoonstenen) of polijstschijven, andere dan de																																			
8460																																											

						ander sector	A4 of																																				
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In
								machines voor het frezen, steken, schaven, slijpen of afwerken van tandwielen bedoeld bij posten 8461																																			
							b	Schaafbanken, sterkearmschaafbanken, steekbanken, trekfreesbanken, machines voor het frezen, steken, schaven, slijpen of afwerken van tandwielen, zaagmachines, afsteekbanken en andere machines voor het verspanend bewerken van metaal of van cermets, elders genoemd noch elders onder begrepen																																			
8461																																											
							b	Andere gereedschapswerktuigen voor het niet-verspanend bewerken van metaal of van cermets																																			
8463																																											
							b	Delen en toebehoren waarvan kan worden onderkend dat zij uitsluitend of hoofdzakelijk bestemd zijn voor de machines bedoeld bij de posten 8456 tot en met 8465, daaronder begrepen werkstukhouders en gereedschaphouders,																																			
8466																																											

						ander sector	A4 of																																					
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In	
								zelfopenende draadsnijkoppen, verdeelkoppen en andere speciale toestellen, voor montage op deze machines																																				
8467					71			Handgereedschap dat pneumatisch, hydraulisch of door een ingebouwde elektrische of niet-elektrische motor wordt aangedreven																																				
8468					71			Machines en toestellen voor het solderen of het lassen, ook indien geschikt voor het snijden, andere dan die bedoeld bij posten 8515																																				
8471					71			Automatische gegevensverwerkende machines en eenheden daarvoor																																				
8472							b	Andere kantoormachines en -toestellen (bijvoorbeeld hectografen en stencilmachines, adresseermachines, machines voor het automatisch afleveren van bankbiljetten, machines voor het sorteren, het tellen of het verpakken van geld, potloodslijpmachines,																																				

						ander sector	A4 of																																												
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In								
								perforeermachines en hechtmachines)																																											
8473							b	Delen en toebehoren (andere dan koffers, hoezen en dergelijke) waarvan kan worden onderkend dat zij uitsluitend of hoofdzakelijk bestemd zijn voor machines en toestellen bedoeld bij de posten 8470 tot en met 8472																																											
8474							b	Machines en toestellen voor het sorteren, het ziften, het scheiden, het wassen, het breken, het malen, het mengen of het kneden van aarde, van steen, van ertsen of van andere vaste minerale stoffen (poeders en pasta's daaronder begrepen)																																											
8475							b	Machines voor het samenstellen van elektrische of elektronische lampen of buizen of van flitslampen, met een omhulling van glas																																											
8477							b	Machines en toestellen voor het bewerken van rubber of van kunststof of voor de																																											

						ander sector	A4 of																																				
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In
								vervaardiging van producten van deze stoffen, niet genoemd of niet begrepen onder andere posten van dit hoofdstuk																																			
							b	Machines en mechanische toestellen met een eigen functie, niet genoemd of niet begrepen onder andere posten van dit hoofdstuk																																			
8479																																											
8480	12		27					Vormkasten voor gieterijen																																			
8482	12		27					Kogellagers, rollagers, naaldlagers en dergelijke lagers																																			
	12		27					Drijfwerkassen (nokkenassen en krukassen daaronder begrepen) en krukken																																			
8483	12		27																																								
8484	12		27					Metalloplastische pakking																																			
8485								Machines voor additieve productie																																			
8486							b	Machines voor het maken van halfgeleiders																																			
					71			Elektromotoren en elektrische generatoren, andere dan generatoraggregaten																																			
8501					71			Elektrische generatoraggregaten en roterende omvormers																																			
8502					71																																						
8503					71			Delen waarvan kan worden onderkend dat zij uitsluitend of hoofdzakelijk bestemd zijn voor																																			

						ander sector	A4 of																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
--	--	--	--	--	--	-----------------	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

						ander sector	A4 of																																										
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In						
								elektrische toestellen om ijsafzetting op of om het beslaan van ruiten tegen te gaan, van de soort gebruikt op rijwielen of op motorvoertuigen																																									
8513		13			71			Draagbare elektrische lampen, ontworpen om met eigen energiebron te werken (bijvoorbeeld met elementen of batterijen, met accumulatoren of met ingebouwde dynamo), andere dan die bedoeld bij posten 8512																																									
8514							b	Elektrische ovens voor industrieel gebruik of voor laboratoriumgebruik, ovens werkend met inductieve of met dialectische verwarming daaronder begrepen																																									
8515					71			Elektrische machines, apparaten en toestellen (met elektrisch verhit gas werkende daaronder begrepen) en machines, apparaten en toestellen werkend met laserstralen of met andere licht- of fotonenbundels, met ultrasone trillingen, met elektronenstralen, met magnetische impulsen of met																																									

						ander sector	A4 of																																							
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In			
								plasmastraal, voor het solderen of voor het lassen, ook indien geschikt voor het snijden																																						
8516					71			Elektrische geisers en andere elektrische heetwatertoestellen en elektrische dompelaars																																						
8517					71			Telefoontoestellen, daaronder begrepen smartphones en andere telefoontoestellen voor cellulaire netwerken of voor andere draadloze netwerken																																						
8518					71			Microfoons en statieven daarvoor																																						
8521					71			Video-opname- en videoweergaveapparaten, ook indien met ingebouwde videotuner																																						
8524					71			Modules voor platte beeldschermen, ook indien met ingebouwde aanraakschermen																																						
8528					71			Monitors en projectietoestellen, niet uitgerust met ontvangtoestel voor televisie																																						
8529					71			Delen waarvan kan worden onderkend dat zij uitsluitend of hoofdzakelijk bestemd zijn voor																																						

						ander sector	A4 of																																													
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In									
								de toestellen bedoeld bij de posten 8524 tot en met 8528																																												
								Elektrische signaaltoestellen (andere dan die voor de overbrenging van berichten), veiligheids-, controle- en bedieningstoestellen, voor spoor- en tramwegen, voor verkeers- en waterwegen, voor parkeerterreinen, voor havens of voor vliegvelden (andere dan die bedoeld bij posten 8608)																																												
8530								Elektrische toestellen voor hoorbare of voor zichtbare signalen (bijvoorbeeld bellen, sirenes, signaalborden, alarmtoestellen tegen diefstal of brand), andere dan die bedoeld bij de posten 8512 en 8530																																												
8531								Elektrische condensatoren (vast, regelbaar of instelbaar)																																												
8532								Elektrische weerstanden (reostaten en potentiometers daaronder begrepen), andere dan verwarmingsweerstanden																																												
8533								Gedrukte schakelingen																																												
8534																																																				

						ander sector	A4 of																																						
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In		
8535					71			Toestellen voor het inschakelen, uitschakelen, omschakelen, aansluiten of verdelen van of voor het beveiligen tegen elektrische stroom (bijvoorbeeld schakelaars, zekeringen, bliksemafleiders, overspanningsveiligheden, golfafvlakkers, contactdozen en contactstoppen (stekkers) en andere verbindingstukken, aansluitdozen en -kasten), voor een spanning van meer dan 1000 V																																					
8536					71			Toestellen voor het inschakelen, uitschakelen, omschakelen, aansluiten of verdelen van of voor het beveiligen tegen elektrische stroom (bijvoorbeeld schakelaars, relais, zekeringen, golfafvlakkers, contactdozen en contactstoppen (stekkers), lamp- en buishouders en andere verbindingstukken, aansluitdozen en -kasten), voor een spanning van niet meer dan 1000 V																																					

						ander sector	A4 of																																												
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In								
8537					71			Borden, panelen, kasten en dergelijke, voorzien van twee of meer toestellen bedoeld bij posten 8535 of 8536, voor elektrische bediening of voor het verdelen van elektrische stroom, ook indien voorzien van instrumenten of toestellen bedoeld bij hoofdstuk 90, alsmede toestellen voor numerieke besturing, andere dan de schakelapparaten bedoeld bij posten 8517																																											
8538					71			Delen waarvan kan worden onderkend dat zij uitsluitend of hoofdzakelijk bestemd zijn voor de toestellen bedoeld bij posten 8535, 8536 of 8537																																											
8539					71			Elektrische gloeilampen en - buizen en elektrische gasontladingslampen en -buizen en lampen en buizen voor ultraviolette of voor infrarode stralen daaronder begrepen																																											
8540					71			Elektronenbuizen met verhitte kathode, met koude kathode of met fotokathode (bijvoorbeeld luchtledige of met damp of met gas gevulde buizen,																																											

						ander sector	A4 of																																												
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In								
								kwikdampgelijkrichtbuizen, kathodestraalbuizen, buizen voor televisiecamera's), andere dan die bedoeld bij posten 8539																																											
8541					71			Halfgeleiderelementen (bijvoorbeeld dioden, transistors, op halfgeleiders gebaseerde omvormers)																																											
8542					71			Elektronische geïntegreerde schakelingen																																											
8543					71			Elektrische machines, apparaten en toestellen, met een eigen functie, niet genoemd of niet begrepen onder andere posten van dit hoofdstuk																																											
8544					71			Draad, kabels (coaxiale kabels daaronder begrepen) en andere geleiders van elektriciteit, geïsoleerd (ook indien gevernist of gelakt zogenaamd emaildraad of anodisch geoxideerd), ook indien voorzien van verbindingstukken																																											
8545		13			71			Koolelektroden, koolborstels, koolspitsen voor lampen, koolstaven voor elementen of batterijen en andere artikelen van grafiet of andere koolstof,																																											

						ander sector	A4 of																																								
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In				
								ook indien verbonden met metaal, voor elektrisch gebruik																																							
8546					71			Isolatoren voor elektriciteit, ongeacht de stof waarvan zij zijn vervaardigd																																							
8547					71			Isolerende werkstukken, geheel van isolerend materiaal dan wel voorzien van daarin bij het gieten, persen enz. aangebrachte eenvoudige metalen verbindingstukken (bijvoorbeeld nippels met schroefdraad), voor elektrische machines, toestellen of installaties, andere dan de isolatoren bedoeld bij posten 8546																																							
8548					71			Elektrische delen van machines, van apparaten of van toestellen, niet genoemd of niet begrepen onder andere posten van dit hoofdstuk																																							
8549					71			Elektrische en elektronische resten en afval																																							
8701							b	Tractors (trekkers), andere dan die bedoeld bij posten 8709																																							

						ander sector	A4 of																																							
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In			
8702				51				Automobielen voor het vervoer van tien of meer personen, de bestuurder daaronder begrepen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8703				51				Automobielen en andere motorvoertuigen hoofdzakelijk ontworpen voor personenvervoer (andere dan die bedoeld bij posten 8702), motorvoertuigen van het type stationwagen of break en racewagens daaronder begrepen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8704				51				Automobielen voor goederenvervoer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8705				51				Automobielen voor bijzondere doeleinden (bijvoorbeeld takelwagens, kraanauto's, brandweerauto's, automobielen met menginstallatie voor beton, veegauto's, sproeiauto's, werkplaatsauto's, röntgen auto's), andere dan die hoofdzakelijk ontworpen voor het vervoer van personen of van goederen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8706				51				Chassis met motor, voor motorvoertuigen bedoeld bij de posten 8701 tot en met 8705	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

						ander sector	A4 of																																										
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In						
8708				51				Delen en toebehoren van motorvoertuigen bedoeld bij de posten 8701 tot en met 8705																																									
							b	Transportwagens met eigen beweegkracht, niet voorzien van een hefsysteem, van de soort gebruikt in fabrieken, in opslagplaatsen, op haventerreinen of op vliegvelden, voor het vervoer van goederen over korte afstanden																																									
8710							b	Gevechtswagens en pantserauto's, ook indien met bewapening																																									
8714				51				Delen en toebehoren van de voertuigen bedoeld bij de posten 8711 tot en met 8713																																									
							b	Andere luchtvaartuigen (bijvoorbeeld hefschroefvliegtuigen, vliegtuigen), met uitzondering van onbemande luchtvaartuigen bedoeld bij post 8806																																									
8802																																																	
8804						a		Valschermen (bestuurbare valschermen en vliegschermen daaronder begrepen) en rotochutes																																									

						ander sector	A4 of																																																		
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In														
8805						a		Lanceertoestellen voor luchtvaartuigen																																																	
						a		Passagiersschepen, rondvaartboten, veerboten, vrachtschepen, aken en dergelijke schepen voor het vervoer van personen of van goederen																																																	
8901																																																									
8902						a		Vissersvaartuigen																																																	
8903						a		Jachten en andere plezier- en sportvaartuigen																																																	
8904						a		Sleepboten en duwboten																																																	
						a		Lichtschepen, pompboten, baggermolens en zandzuigers, drijvende kranen en andere schepen, waarbij het varen slechts van bijkomstige betekenis is vergeleken met de hoofdfunctie																																																	
8905																																																									
						a		Andere schepen, daaronder begrepen oorlogsschepen en reddingsboten, andere dan roeiboten																																																	
8906																																																									
						a		Ander drijvend materieel (bijvoorbeeld vlotten, tanks, caissons, aanlegsteigers, boeien, bakens)																																																	
8907																																																									
8908						a		Sloopschepen en ander drijvend materieel bestemd voor de sloop																																																	

						ander sector	A4 of																																													
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In									
9001					71			Optische vezels en optische vezelbundels																																												
9002					71			Lenzen, prisma's, spiegels en andere optische elementen, ongeacht de stof waarvan zij zijn vervaardigd, gemonteerd, voor instrumenten, apparaten en toestellen, andere dan die van niet-optisch bewerkt glas																																												
9003	12							Monturen voor brillen of voor dergelijke artikelen, alsmede delen daarvan																																												
9004	12							Brillen (voor de verbetering van de gezichtsscherpte, voor het beschermen van de ogen en andere) en dergelijke artikelen																																												
9005	12							Binocles, verrekijkers, astronomische kijkers, optische telescopen, alsmede onderstellen daarvoor																																												
9006					71			Fototoestellen																																												
9010								Apparaten en uitrustingsstukken voor fotografische en cinematografische laboratoria, niet genoemd of niet begrepen onder andere posten van dit hoofdstuk																																												
9011					71			Optische microscopen, toestellen voor fotomicrografie,																																												

						ander sector	A4 of																																				
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In
								cinefotomicrografie en microprojectie daaronder begrepen																																			
9012					71			Microscopen, andere dan optische																																			
9013							b	Lasers, andere dan laserdioden																																			
9014					71			Kompassen																																			
					71			Instrumenten, apparaten en toestellen voor de geneeskunde, voor de chirurgie, voor de tandheelkunde of voor de veeartsenijkunde, daaronder begrepen scintigrafische en andere elektromedische apparaten en toestellen, alsmede apparaten en toestellen voor onderzoek van het gezichtsvermogen																																			
9018																																											
9019					71			Toestellen voor mechanische therapie																																			
9021					71			Orthopedische artikelen en toestellen, daaronder begrepen medisch-chirurgische gordels en banden, alsmede krukken																																			

						ander sector	A4 of																																										
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In						
					71			Röntgen toestellen en toestellen waarbij gebruik wordt gemaakt van alfa-, beta- gamma- of andere ioniserende stralen, ook indien voor medisch, chirurgisch, tandheelkundig of veeartsenijkundig gebruik, daaronder begrepen toestellen voor radiografie of voor radiotherapie, voor het gebruik in of met vorengenoemde toestellen bestemde röntgenbuizen en andere röntgen straalgeneratoren, spanningsgeneratoren, bedieningslessenaars, schermen, tafels, stoelen en dergelijke artikelen voor onderzoek of behandeling																																									
9022																																																	
9024					71			Machines, apparaten en toestellen voor onderzoek van de hardheid, de trekvastheid, de samendrukbaarheid, de rekbaarheid of andere mechanische eigenschappen van materialen (bijvoorbeeld metaal, hout, textiel, papier, kunststof)																																									

						ander sector	A4 of																																										
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In						
9025					71			Densimeters, areometers, vochtwegers en dergelijke drijvende instrumenten, thermometers, pyrometers, barometers, hygrometers en psychrometers, ook indien zelfregistrerend																																									
9026					71			Instrumenten, apparaten en toestellen voor het meten of het verifiëren van de doorstroming, het peil, de druk of andere variabele karakteristieken van vloeistoffen of van gassen (bijvoorbeeld doorstromingsmeters, peiltoestellen, manometers, warmteverbruiksmeters), andere dan instrumenten, apparaten en toestellen, bedoeld bij de posten 9014, 9015, 9028 en 9032																																									
9027					71			Instrumenten, apparaten en toestellen voor natuurkundige of scheikundige analyse (bijvoorbeeld polarimeters, refractometers, spectrometers, analysetoestellen voor gassen of voor rook)																																									
9028					71			Verbruiksmeters en productiemeters voor gassen,																																									

						ander sector	A4 of																																											
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In							
								voor vloeistoffen of voor elektriciteit, standaardmeters daaronder begrepen																																										
9029					71			Toerentellers, productietellers, taximeters, kilometertellers, schredentellers en dergelijke																																										
9030					71			Oscilloscopen, spectrumanalysetoestellen en andere instrumenten, apparaten en toestellen voor het meten of het verifiëren van elektrische grootheden																																										
9031					71			Meet- of verificatie-instrumenten, -apparaten, -toestellen en -machines, niet genoemd of niet begrepen onder andere posten van dit hoofdstuk																																										
9032					71			Automatische regelaars																																										
9033					71			Delen en toebehoren (niet genoemd of niet begrepen onder andere posten van dit hoofdstuk) van machines, apparaten, toestellen, instrumenten of artikelen bedoeld bij dit hoofdstuk																																										
9102	12							Polshorloges, zakhorloges en dergelijke horloges (stophorloges daaronder																																										

						ander sector	A4 of																																				
Code	12	13	27	51	71	plan	buiten LAP	Omschrijving productgroep	Sb	Be	Co	Nb	Ti	Ta	Si	Te	Ta	Li	Sr	Dy	Yt	Sc	Se	Yb	Te	Ru	Sa	Pr	Ne	Gd	La	Eu	Pt	Ce	Rh	Pa	Ir	W	Ge	Mg	Ga	Va	In
								begrepen), andere dan die bedoeld bij posten 9101																																			
9111	12							Kasten voor horloges bedoeld bij de posten 9101 en 9102, alsmede delen daarvan																																			
9113	12							Horlogebanden en delen daarvan																																			
9401	12							Stoelen, banken en andere zitmeubelen (andere dan die bedoeld bij posten 9402), ook indien zij tot bed kunnen worden omgevormd, alsmede delen daarvan																																			
9405	12							Lichtarmaturen en verlichtingstoestellen (zoeklichten en schijnwerpers daaronder begrepen) en delen daarvan, elders genoemd noch elders onder begrepen																																			
9406	21							Geprefabriceerde bouwwerken																																			
9507	12							Hengelstokken, vishaken en andere hengelbenodigheden																																			
9607	12							Treksluitingen en delen daarvan																																			

deze section break niet verwijderen

ICT, Strategy & Policy

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
www.tno.nl