MaterialenNL PLATFORM ChemistryNL

MaterialenNL: Strategic Autonomy

Kennisagenda strategische autonomie voor grondstoffen

COLOFON

De Kennisagenda Strategic Autonomy Materialen NL is op initiatief van ChemistryNL (*topsector Chemie*) en het MaterialenNL Platform tot stand gekomen op basis van de bijdragen van ruim honderd meedenkers en -doeners uit het Nederlandse bedrijfsleven, de onderzoekswereld en de overheid.

Kernteam
Conceptontwikkeling en regie van de Kennisagenda waren in handen van een kernteam bestaande uit Jacob Biemond (Damen Shipyards Group), Aart Bouwmeester (Yolk), Ardi Dortmans (Brightlands Chemelot Campus), Floor Govers (Design Innovation Group), Marleen Janssen Groesbeek (Avans University of Applied Sciences), Luc Kikkert (TNO), René Kleijn (Leiden University), Tijmen Lamers (NWO), Sander de Leeuw (Wageningen University), Ayze Terzi (Avans University of Applied Sciences), Erik Verbrugge (VNCI) en Esther van der Wel (NWO).

Productie
Tekstproductie: Remco Hoogma (Dwarsverband)
Eindredactie: Vigor&Zest
Vormgeving: Koduijn ontwerpers

Afzender
ChemistryNL
Postbus 93138, 2509 AL Den Haag
info@chemistrynl.com
www.chemistrynl.com

Uitgave
Augustus 2023

MaterialenNL PLATFORM ChemistryNL

MaterialenNL: Strategic Autonomy

Kennisagenda strategische autonomie voor grondstoffen

Opmerking voor de lezer: dikgedrukte woorden in de tekst verwijzen met hyperlinks naar bronreferenties.

Inhoudsopgave

MANAGEMENTSAMENVATTING **5**

VOORWOORD **11**

1. WAAROM EEN KENNISAGENDA STRATEGISCHE AUTONOMIE VOOR GRONDSTOFFEN? **16**

1.1 Globalisering van toevoerketens 16
1.2 Kink in de kabel en behoefte aan resilience 17
1.3 Einde aan ongeremde globalisering: behoud van strategische autonomie 18
1.4 Behoefte aan een kennisagenda strategische autonomie voor grondstoffen 22

2. STRATEGISCHE AUTONOMIE IN INDUSTRIEKETENS **28**

2.1 Inleiding 28
2.2 Groene industrie (energietransitie) 28
2.3 Digitale industrie (ict) 31
2.4 Lucht- en ruimtevaartindustrie en defensiesector 32

3. KENNISAGENDA STRATEGISCHE AUTONOMIE VOOR GRONDSTOFFEN **36**

3.1 Inleiding 36
3.2 Hoofdlijnen van de kennisagenda 37
3.3 Nederland als kritieke grondstoffen-hub voor Europa 40
3.4 Waardecreatie met kritieke grondstoffen: voorbeelden van initiatieven 42

4. HOE VERDER? **48**

BIJLAGE: KENNISVRAGEN ROND STRATEGISCHE AUTONOMIE VOOR GRONDSTOFFEN **52**

A. Inzicht in productieketens, materiaalstromen, leveringsrisico's en effecten op economie en maatschappij 54
B. Techniek, industrie en waardecreatie 58
C. Competentieopbouw 67
D. Governance, gedrag en ketenverantwoordelijkheid 69

Managementsamenvatting

Waarom deze kennisagenda?

De nationale kennisagenda strategische autonomie voor grondstoffen is een initiatief van ChemistryNL *(topsector Chemie)* en het MaterialenNL Platform, waarbinnen de topsectoren Chemie, HTSM en Energie gezamenlijk optrekken. Aanleiding voor deze agenda is dat industrie en politiek het schijnbaar onbeperkte aanbod aan materialen niet langer als een gegeven zien. De energietransitie vraagt om grote hoeveelheden minerale grondstoffen voor toepassing in o.a. batterijen, zonnecellen en elektrolysers. Zoals lithium, kobalt en zeldzame aardmetalen. Nederland is hiervoor afhankelijk van toevoerketens die veelal in buitenlandse (niet-Europese) handen zijn.

De maatschappij en economie moeten zich voorbereiden op een nieuwe werkelijkheid als het gaat om materialengebruik, risico's beheersen en kansrijke oplossingsrichtingen ontwikkelen. Deze nieuwe werkelijkheid roept veel kennisvragen op bij bedrijven, burgers, de overheid en de wetenschap. In deze kennisagenda komen dergelijke vragen samen.

Een ander doel van deze kennisagenda is het gevoel van urgentie over de grondstoffentransitie en de schaarste van kritieke metalen te verhogen. Deze grondstoffentransitie is net zo belangrijk als de energietransitie, maar krijgt tot dusver veel minder aandacht. Daarbij komt dat de grondstoffentransitie nodig is om de energietransitie te volbrengen.

Deze agenda komt op het moment dat de politiek en het bedrijfsleven de grondstoffentransitie urgenter dan ooit tevoren vinden. De Europese Commissie heeft voor 2024 een Europese Grondstoffenwet (Critical Raw Materials Act, CRMA) aangekondigd, onder meer om de afhankelijkheid van landen als China en Rusland te verminderen. Nederland heeft met hetzelfde doel in het najaar van 2022 zijn Grondstoffenstrategie gepubliceerd. Ook vanuit dit oogpunt is het tijd voor de ontwikkeling van deze kennisagenda en een daarop gebaseerde programmatische aanpak van de grondstoftransitie.

Resilience en strategische autonomie

Hoofdstuk 1 zet uiteen waarom er (juist nu) behoefte is aan een kennisagenda strategische autonomie voor grondstoffen. De afgelopen decennia hebben de westerse landen de focus gelegd op globalisering en daarmee het verlagen van de kosten van producten en diensten. Soms is dit echter ten koste gegaan van 'resilience' (vrij vertaald 'veerkracht' van de economie) en autonomie. Meer resilience vergroot de autonomie, dat wil zeggen de vrijheid en mogelijkheid van bedrijven, sectoren en landen om zelf(standig) beslissingen te nemen over - in dit geval - het gebruik van grondstoffen. Die vrijheid en de mogelijkheden waren en zijn in een open economie per definitie begrensd: er is altijd een afhankelijkheid van de rest van de wereld. De EU streeft naar 'open strategische autonomie': het vermogen om als mondiale speler haar publieke belangen te borgen en weerbaar te zijn in een onderling verbonden wereld. Op basis van eigen inzichten en keuzes, in samenwerking met internationale partners. Een van die publieke belangen is dat de industrie voldoende toegang heeft tot grondstoffen voor haar producten.

Strategische autonomie voor de grondstoffen die onze maatschappij en economie nodig hebben, wordt een expliciet doel voor overheid en het bedrijfsleven. Dit doel komt naast kennis,

beroepsbevolking, infrastructuur, energie en financiën. Dit geldt met name voor de industrieketens in de groene industrie (energietransitie), digitale industrie (ict) en de lucht- en ruimtevaartindustrie en defensiesector. Hoofdstuk 2 gaat in op de afhankelijkheden van kritieke grondstoffen in deze industrieketens.

Kennisagenda op hoofdlijnen

Het doel waar deze kennisagenda aan wil bijdragen is het bereiken van strategische autonomie voor grondstoffen. De agenda moet een basis bieden om innovaties te stimuleren die kunnen bijdragen aan het bereiken van deze autonomie. Strategische autonomie betekent niet dat alle grondstoffen in de EU (laat staan Nederland) moeten worden gewonnen. Dit is onmogelijk, gezien de voorkomens van de grondstoffen. We moeten wel streven naar resilient supplychains. Hieronder verstaan we leveringsketens die erop voorbereid zijn om interne of externe verstoringen op te kunnen vangen.

De scope van de agenda is beperkt tot de grondstoffen die volgens de Europese Commissie als kritiek of strategisch gelden. Dit zijn voornamelijk metalen. Dit laat onverlet dat beschikbaarheid van andere materialen ook belangrijk is, zoals beton, staal, zout en biogrondstoffen. Een deel van de kennisvragen is ook voor zulke grondstoffen relevant.

De winning, handel en gebruik van grondstoffen is verbonden met:

- economische vraagstukken, zoals beschikbaarheid, toegankelijkheid en prijs;
- sociale, ethische en juridische vraagstukken, zoals mensenrechten, uitbuiting en armoede;
- politieke vraagstukken, zoals governance, strategisch gebruik van grondstoffen voor politieke doelen en samenwerking met ontwikkelingslanden;
- technische vraagstukken, zoals technieken voor grondstoffenwinning en karakteriseren en scheiden van materialen;
- veiligheidsvraagstukken, zoals instabiliteit (die oorzaak en gevolg van schaarste is);
- milieuvraagstukken, zoals vervuiling en verlies van biodiversiteit.

De in bijlage 1 verzamelde kennisvragen weerspiegelen zoveel mogelijk deze breedte en veelzijdigheid. Kennis blijft zich echter altijd ontwikkelen omdat de wereld constant in beweging is. Elk inzicht leidt tot nieuwe kennisvragen. Een kennisagenda is in die zin nooit af en altijd een momentopname.

Er zijn kennisvragen en oplossingsrichtingen geformuleerd vanuit vier perspectieven:

1. inzicht in productketens, materiaalstromen, leveringsrisico's en effecten op economie en maatschappij,
2. techniek, industrie en waardecreatie,
3. opbouw van competenties en
4. governance, gedrag en ketenverantwoordelijkheid.

Hiermee wordt een kennisagenda nagestreefd die zowel maatschappelijke, methodologische als technologische vernieuwing in de juiste balans voorstaat en daarmee recht doet aan de complexiteit van het onderwerp. Hoofdstuk 3 geeft de kennisagenda op hoofdlijnen weer.

1. Inzicht in productketens, materiaalstromen, leveringsrisico's en effecten op economie en maatschappij

Om te beginnen is het van belang om te analyseren waar onze kwetsbaarheden zitten. Van de Nederlandse economie als geheel, maar ook van sectoren en individuele bedrijven. Het gaat daarbij niet alleen om bedrijven die direct grondstoffen gebruiken (dat is een beperkt aantal), maar ook bedrijven die afhankelijk zijn van componenten en deelsystemen. Indirect zijn deze bedrijven misschien wel weer afhankelijk van grondstoffen, namelijk via de landen waar deze componenten worden geproduceerd uit grondstoffen. De agenda richt zich daarom bijvoorbeeld op inzicht in behoefte, herkomst en duurzaamheid van kritieke en strategische materialen en productieprocessen. Ook richten de kennisvragen zich op inzicht in kritieke en strategische toevoerketens en materiaalstromen, en het opstellen van digitale productpaspoorten om inzicht in de samenstelling van materialen te bieden. Dergelijke inzichten zijn cruciaal voor beleidsvorming en het is daarom belangrijk dat kennis op dit gebied wordt opgebouwd.

2. Techniek, industrie en waardecreatie

Als het gaat om kansen voor de Nederlandse industrie om bij te dragen aan Europese strategische autonomie voor grondstoffen, dan is de vraag: waar kunnen we ons in onderscheiden? Nederland heeft behalve zoutwinning geen mogelijkheden voor mijnbouw. Wel kan Nederland een voorname rol spelen bij het ontwikkelen van duurzame productie op basis van recycling en extractie van metaalhoudende grondstoffenstromen. Met weinig milieu-impacts en met circulaire businessmodellen. Het gaat dan om het creëren van waarde uit end-of-life producten specifiek gericht op kritieke grondstoffen. Nederland kan zijn kennis van chemie, hightechproducten, logistiek en zijn geografische ligging en infrastructuur benutten voor het opbouwen van (chemische) recycling- en extractiecapaciteit. Dit voor materiaalstromen uit import (mijnbouw elders), aangevuld met stromen uit urban mining. Daarmee kan Nederland een onmisbare positie innemen in de industriële ketens binnen Europa. Met zijn kennis van chemie en technologie kan Nederland ook bijdragen aan het ontwikkelen van alternatieven voor kritieke grondstoffen (verschillende vormen van substitutie) en levensduurverlenging (resource sufficiency). Nederland kan ook bijdragen aan de verduurzaming van mijnbouw elders. Zo kan Nederland een 'hub' in Europa worden voor bedrijvigheid rondom kritieke grondstoffen.

3. Opbouw van competenties

Zowel capaciteit als kennis ontbreken bij overheid en (kleinere) bedrijven om te reageren of anticiperen op de ontwikkelingen in supplychains voor kritieke grondstoffen. Daarom bevat de kennisagenda vragen op het gebied van competenties. Het gaat dan om:

- het inrichten van onderwijs, werk en vestigingsklimaat op de toekomstige arbeidsvraag in de circulaire economie (Human Capital Agenda);
- het (anders) waarderen van banen ten dienste van circulaire economie;
- competenties bij overheden ontwikkelen, zodat zij de gewenste transitie met beleid vorm kunnen geven.

4. Governance, gedrag en ketenverantwoordelijkheid

Supplychains van grondstoffen zijn complex. Om enige mate van ketenregie te ontwikkelen volstaat een lineaire aanpak niet. Er moet een circulaire aanpak worden ontwikkeld. Daarbinnen moeten

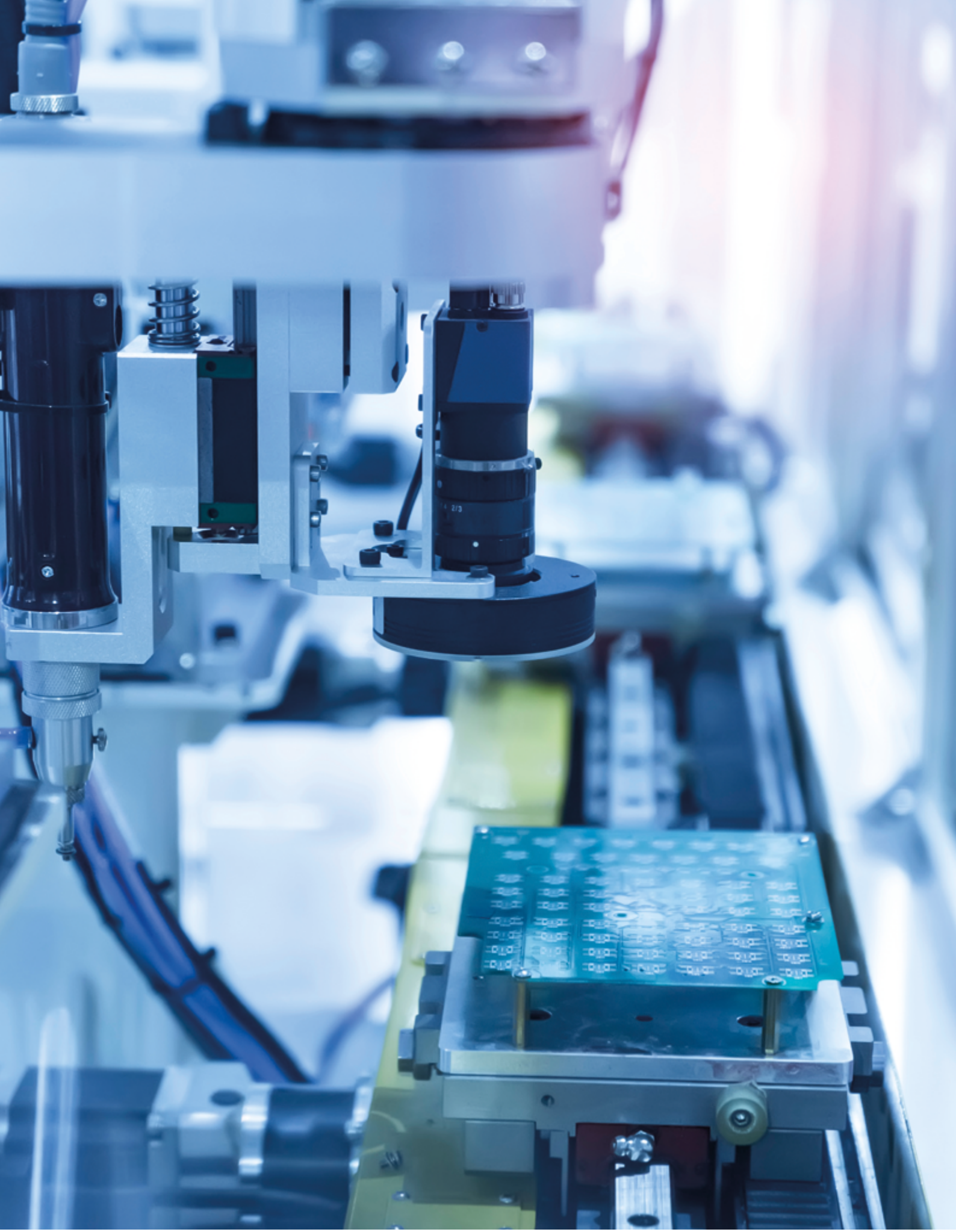
beleidsinterventies worden gepleegd, gericht op bevorderen van duurzame keuzes. Namelijk voor duurzame materialen, tegengaan van verspilling, langer gebruiken van producten, mogelijk maken van hergebruik en recycling. Hierbij is altijd de vraag hoe effectief die interventies kunnen zijn. In de discussie over strategische autonomie voor grondstoffen moet voorts het belang van verantwoorde winning nadrukkelijk aan de orde komen. Ook als we grondstoffen van elders halen moeten de milieu- en sociale aspecten van de winning worden meegenomen. Dat is een kwestie van ketenverantwoordelijkheid.

Hoe verder?

Deze kennisagenda legt de basis voor een programmatische aanpak vanuit de topsector Chemie, die in een volgende fase kan worden uitgewerkt. Dit alles in samenwerking met andere topsectoren en betrokken ministeries. De eerste stap is gezet om de collectieve kennisbasis bij wetenschap, bedrijfsleven en overheid rond dit onderwerp te vergroten, de volgende stap is het programmeren van onderzoek en innovatie. Belangrijke onderdelen van die programmatische aanpak moeten zijn:

- Aanleggen van data en informatie waarmee politiek en bestuur betere beslissingen kunnen nemen om open strategische autonomie te waarborgen.
- Bijdragen aan kennis voor beleidsvorming op het gebied van strategische autonomie, economische veiligheid en strategische geopolitieke diplomatie.
- Afstemmen van procedures en programma's (Kennis- en Innovatieconvenant, Groeifonds, Klimaatfonds, InvestNL, kabinetsbesluiten etc.). Deze maken het bijvoorbeeld mogelijk om kleine, directe en voorwaarden-arme publieke investeringen te doen in start-ups, scale-ups en industriële projecten.
- Financieel aantrekkelijk maken van investeringen in primaire en secundaire productieketens voor kritieke grondstoffen in de EU.
- Wegnemen van wettelijke barrières voor circulaire economie in Nederland en Europa.
- Vergroten van maatschappelijk draagvlak onder de bevolking door directe en onweerlegbare voordelen te verkondigen van investeringen in de grondstofketen, namelijk prijscompensatie (beheersing van productprijzen), werkgelegenheid, etc.
- Opleiden van mensen op alle niveaus (Human Capital Agenda).

Deze agenda moet de krachten bundelen om tot gezamenlijke programma's te komen die de urgentie en kansen voor de grondstoffenstrategie 'materialiseren'. ChemistryNL (*topsector Chemie*) en het MaterialenNL Platform zullen als initiatiefnemers van deze kennisagenda zich inzetten om deze en andere initiatieven verder te ontwikkelen en te ondersteunen, samen met andere topsectoren zoals HTSM, Energie en Logistiek, en de ministeries van Economische Zaken en Klimaat, Infrastructuur en Waterstaat, Defensie en Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. Dit betreft bijvoorbeeld projectaanvragen voor het Nationaal Groeifonds, een nieuw Meerjarig Missiegedreven Innovatieprogramma voor kritieke materialen binnen de KIA CE, en onderzoek naar resilient supply chains via TKI Dinalog.



Voorwoord

Het schijnbaar onbeperkte aanbod aan materialen wordt door industrie en politiek niet langer als een gegeven gezien. De energietransitie vraagt om grote hoeveelheden minerale grondstoffen voor toepassing in o.a. batterijen, zonnecellen, en elektrolysers. Zoals lithium, kobalt en zeldzame aardmetalen. Nederland is hiervoor afhankelijk van toevoerketens die veelal in buitenlandse (niet-Europese) handen zijn. De Nationale Grondstoffenstrategie anticipeert hierop vanuit een aantal nationale en internationale handelingsperspectieven. Het bevorderen van onderzoek en innovatie, bijvoorbeeld op het gebied van circulaire economie - complementair aan het Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030, is één van de beoogde stappen. Bijvoorbeeld op het gebied van circulaire economie.

In de gezondheidszorg doet zich een vergelijkbare ontwikkeling voor. Ook hier is sprake van een sterke afhankelijkheid van niet-Europese landen.

Beide voorbeelden geven aan dat de noodzaak voor strategische autonomie[1] ook vanuit materialenperspectief een belangrijk opkomend thema is dat vele facetten van de maatschappij raakt. Het gaat om technologische vraagstukken, en om maatschappelijke en economische vraagstukken. Die laatste twee raken vooral aan het gedrag van bedrijven en burgers.
Zijn wij bereid ons gebruiksgedrag aan te passen; zijn wij als burgers bereid 'urban mining' als oplossingsstrategie te omarmen; hoe kijken wij aan tegen groei in een wereld met eindige voorraden grondstoffen; welke rol spelen geopolitieke verhoudingen? Het is tijd om een nationale kennisagenda strategische autonomie voor grondstoffen te ontwikkelen waarin deze vraagstukken vanuit breed stakeholdersperspectief worden benoemd, en prioriteiten voor de komende jaren worden geduid en uitgediept.
Dit legt de basis voor een programmatische aanpak vanuit de topsector Chemie, die in een volgende fase kan worden uitgewerkt. Dit alles in samenwerking met andere topsectoren en betrokken ministeries.

De topsector Chemie geeft al langer aandacht aan kritieke grondstoffen. Vorig jaar heeft TNO in opdracht van ChemistryNL een rekentool ontwikkeld waarin voor diverse voor de energietransitie benodigde technologieën is gekeken naar de behoefte en leveringsrisico's van benodigde grondstoffen voor o.a. windturbines en zonnepanelen. Het **onderzoek** maakte het belang duidelijk van een gebundelde inzet op het onderwerp onder meer vanuit de chemische sector.

Deze agenda komt op het moment dat de politiek en het bedrijfsleven de grondstoffentransitie urgenter dan ooit tevoren vinden. De Europese Commissie heeft voor 2024 een Europese Grondstoffenwet aangekondigd, onder meer om de afhankelijkheid van landen als China en Rusland te verminderen. Nederland heeft met hetzelfde doel in het najaar van 2022 zijn Grondstoffenstrategie

1. De EU streeft naar 'open strategische autonomie': het vermogen om als mondiale speler, in samenwerking met internationale partners, op basis van eigen inzichten en keuzes haar publieke belangen te borgen en weerbaar te zijn in een onderling verbonden wereld. Een van die publieke belangen is dat de Europese industrie voldoende toegang heeft tot grondstoffen voor haar producten.

gepubliceerd. Ook vanuit dit oogpunt is het tijd voor de ontwikkeling van deze kennisagenda en een daarop gebaseerde programmatische aanpak van de grondstoftransitie.

Op initiatief van ChemistryNL (*topsector Chemie*) en het MaterialenNL Platform, waarbinnen de topsectoren Chemie, HTSM en Energie gezamenlijk optrekken, is in het najaar van 2022 een eerste kernteam gestart met de ontwikkeling van de nationale kennisagenda MaterialenNL Strategic Autonomy. Dit heeft geresulteerd in twee succesvolle workshops op 10 en 14 februari 2023, waarin ruim honderd vertegenwoordigers uit het bedrijfsleven, de onderzoekswereld en de overheid hun input hebben gegeven voor de ontwikkeling van deze kennisagenda.[2] Er zijn kennisvragen en oplossingsrichtingen geformuleerd vanuit vier perspectieven:

1. inzicht in productketens, materiaalstromen, leveringsrisico's en effecten op economie en maatschappij,
2. techniek, industrie en waardecreatie,
3. competentieopbouw en
4. governance, gedrag en ketenverantwoordelijkheid.

Hiermee wordt een kennisagenda nagestreefd die zowel maatschappelijke, methodologische als technologische vernieuwing in de juiste balans voorstaat. En daarmee recht doet aan de complexiteit van het onderwerp.

De scope van de agenda is beperkt tot de grondstoffen die volgens de Europese Commissie als kritiek of strategisch gelden. Dit zijn voornamelijk metalen. Dit laat onverlet dat beschikbaarheid van andere materialen ook belangrijk is, zoals beton, staal, zout en biogrondstoffen. Een deel van de kennisvragen is ook voor zulke grondstoffen relevant.

Nederland kan zijn kennis van chemie, hightechproducten, logistiek en zijn geografische ligging en infrastructuur benutten voor het opbouwen van (chemische) recycling- en extractiecapaciteit. Dit voor materiaalstromen uit import (mijnbouw elders), aangevuld met stromen uit urban mining. Daarmee kan Nederland een onmisbare positie innemen in de industriële ketens binnen Europa.

Met zijn kennis over chemie en technologie kan Nederland ook bijdragen aan het ontwikkelen van alternatieven voor kritieke grondstoffen (verschillende vormen van substitutie). Voortbouwend op de kennisagenda zullen ChemistryNL (*topsector Chemie*) en het MaterialenNL Platform initiatieven ontwikkelen om deze visie ten uitvoer te brengen. Hierbij gaat het om initiatieven voor verschillende onderzoeks-, ontwikkeling- en demonstratieprogramma's.

Een kennisagenda als deze kan niet zonder een gedegen en continue opbouw van data en kennis. Het gebrek hieraan beperkt het vermogen om kansen en risico's te analyseren. Dit gebrek komt direct voort uit de jarenlang heersende gedachte dat markten de strategische afhankelijkheden optimaal zouden reguleren. Publieke interventie was in dat wereldbeeld niet nodig, gedeelde data en informatie dus ook niet. Een visie kan alleen worden ontplooid als een realistisch en expliciet beeld van de huidige afhankelijkheden kan worden gegeven.

Ik wil iedereen die heeft bijgedragen aan het totstandkomen van deze kennisagenda hartelijk

2. Voor de gezondheidszorg wordt een afzonderlijk traject doorlopen.

bedanken, zowel vanuit de wetenschap als vanuit bedrijfsleven en niet-gouvernementele organisaties. Deze agenda markeert de overgang van inventarisatie van kennisvragen naar verdere programmering van onderzoek, ontwikkeling en innovatie. Samenwerking in quadruple helix-verband tussen overheid, onderzoek, bedrijven en maatschappij biedt de beste kansen om de uitdagingen succesvol aan te pakken.

Jacqueline Vaessen
Boegbeeld ChemistryNL

H1

Hoofdstuk 1
Waarom een kennisagenda strategische autonomie voor grondstoffen?

1.1 GLOBALISERING VAN TOEVOERKETENS

De mens is altijd op zoek geweest naar grondstoffen voor de productie van gebruiksvoorwerpen, gebouwen, energie en infrastructuur. Met de ontwikkeling van beschavingen op verschillende plekken op de wereld in combinatie met verbeterde transportmiddelen, is de afstand waarover grondstoffen werden vervoerd enorm toegenomen. De hoeveelheden grondstoffen werden ook steeds groter. Kolonialisme en de industriële revolutie speelden hierbij een grote rol.

Na de Tweede Wereldoorlog kwam het besef dat internationale samenwerking noodzakelijk was voor groei van de welvaart en het voorkomen van geopolitieke spanningen. Dit werd ondersteund door de vorming van internationale instituties zoals de Verenigde Naties, de Wereldbank en het Internationaal Monetair Fonds. In Europa werd in 1951 de Europese Gemeenschap voor Kolen en Staal opgericht, de eerste stap naar wat uiteindelijk de Europese Unie zou worden. Met de val van de Berlijnse Muur en de economische ontwikkeling van China ontstond een extra economische impuls door de beschikbaarheid van goedkope arbeid. De opkomst van het internet en de digitale wereld in de jaren ‘90 van de vorige eeuw vergemakkelijkte de communicatie en het internationaal betalingsverkeer, waardoor de mondiale economische ontwikkeling opnieuw versnelde.

Deze combinatie van markt en internationale governance heeft een wereld opgeleverd waarin toevoerketens van alledaagse producten zoals auto’s, wasmachines, tv’s, mobiele telefoons en laptops complex zijn geworden. Het kan voorkomen dat in een wasmachine uit Europa staal is verwerkt dat geproduceerd is in China en gemaakt van ijzererts afkomstig uit Australië. In diezelfde wasmachine kan men plastics vinden die geproduceerd zijn in Duitsland, gemaakt van olie uit Saoedi-Arabië. Net als elektromotoren waarin koper uit Chileense mijnen is verwerkt; en in China geproduceerde magneten, gemaakt van zeldzame aardmetalen afkomstig uit Myanmar. Achter alle complexe producten schuilt zo een internationale wirwar van toevoerketens waarin veel partijen zijn betrokken.

Globalisering heeft grote voordelen voor de wereldeconomie. In theorie leidt globalisering tot regionale specialisatie en daarmee productie op die plekken waar de omstandigheden optimaal zijn. Zodat de prijzen van producten en diensten zo laag mogelijk worden. Dat heeft er ook voor gezorgd dat zware, vaak vervuilende, industrie vertrok naar plaatsen waar arbeid en grondstoffen goedkoop zijn en zowel de milieuregels als het toezicht op arbeidsomstandigheden minder streng zijn. Zo heeft globalisering mogelijk gemaakt dat China zich in minder dan vijftig jaar heeft ontwikkeld tot de dominante speler in de maakindustrie: ‘de fabriek van de wereld’.

Door klimaatverandering, verlies aan biodiversiteit en de geopolitieke spanningen zijn landen zich bewust geworden van de risico’s en externe effecten van globalisering. Ook werden sommige regeringen zich bewust van hun economische machtpositie. Hierdoor is de balans van globalisering

voor de wereldeconomie veel minder gunstig, zowel financieel als niet-financieel. In de huidige economische constellatie kijken ondernemingen alleen naar de kosten en opbrengsten die direct verbonden zijn met hun eigen activiteiten. De maatschappelijk en ecologische schade wordt afgewenteld op de samenleving. Die kosten kunnen we niet allemaal precies in prijskaartjes uitdrukken en doorberekenen aan de veroorzakers van die schade. We krijgen wel steeds beter in beeld wat de kosten van klimaatverandering en verlies aan biodiversiteit zijn. Dat wij voor veel van onze consumptiegoederen gebruikmaken van grondstoffen en productie in zich ontwikkelende landen, past niet bij het principe van klimaatrechtvaardigheid. Daarmee schuiven we ook de milieu- en maatschappelijke impact op deze landen af.

1.2 KINK IN DE KABEL EN BEHOEFTE AAN RESILIENCE

De coronacrisis en de Russische invasie in Oekraïne hebben een belangrijk aspect van internationale handel zichtbaar gemaakt: als we niet meer vreedzaam met elkaar handel kunnen drijven, is de huidige inrichting van onze economie niet meer te handhaven. Tijdens de coronacrisis bleek dat Europa en de VS afhankelijk zijn van China voor de productie van basale persoonlijke beschermingsmiddelen zoals mondkapjes en beschermende kleding. In tijden van vrij verkeer van goederen en diensten is dat geen probleem. Maar op het moment dat in tijden van crisis de grenzen dichtgaan, komen regeringen erachter dat het beter is om ook zelf over dit soort productiefaciliteiten te beschikken. De inval van Rusland in Oekraïne heeft ook duidelijk gemaakt hoezeer Europa voor de energievoorziening afhankelijk was van Russisch gas. De Europese lidstaten zijn allemaal op eigen wijze en in eigen tempo bezig met een transitie, weg van fossiele brandstoffen. Dat gaat niet snel genoeg. Het gaat om een fundamentele systeemverandering die plaatsvindt op micro-, meso- en macroniveau. De acute verstoring van de gasvoorziening is weliswaar opgevangen, maar heeft de energieprijzen blijvend verhoogd. De verstoring heeft ook middelen weggenomen die in de energietransitie geïnvesteerd konden worden.

Deze externe schokken hebben aangetoond hoe kwetsbaar het Westen is als het gaat om energie, grondstoffen, landbouwproducten en het vrije handelsverkeer. Deze kwetsbaarheid bestaat echter in veel meer productieketens. De afgelopen decennia hebben de westerse landen de focus gelegd op globalisering en daarmee het verlagen van de kosten van producten en diensten. Soms is dit echter ten koste gegaan van ‘resilience’ en autonomie. Meer resilience vergroot de autonomie, dat wil zeggen de vrijheid en mogelijkheid van bedrijven, sectoren en landen om zelf(standig) beslissingen te nemen over - in dit geval - het gebruik van grondstoffen. Die vrijheid en mogelijkheid waren en zijn in een open economie per definitie begrensd: er is altijd een afhankelijkheid van de rest van de wereld.

De EU streeft naar ‘open strategische autonomie’: het vermogen om als mondiale speler haar publieke belangen te borgen en weerbaar te zijn in een onderling verbonden wereld. Op basis van eigen inzichten en keuzes, in samenwerking met internationale partners. Een van die publieke belangen is dat de Europese industrie voldoende toegang heeft tot grondstoffen voor haar producten.

Voor toevoerketens van grondstoffen betekent het vergroten van resilience het inbouwen van flexibiliteit, bijvoorbeeld door de toevoer te diversifiëren (toevoer uit meer herkomstlanden). Het betekent ook het aanhouden van strategische voorraden. Of het ontwikkelen van alternatieven, in termen van gekozen grondstoffen, productieroutes of productontwerp (wat leidt tot minder afhankelijkheid van kritieke grondstoffen). Daarnaast is er tijd te winnen door het aanleggen van (strategische) voorraden van belangrijke grondstoffen, halffabricaten en onderdelen.

Ook is belangrijk om het inzicht binnen en tussen de toevoerketens te vergroten. We zien nu regelmatig dat wat er op specifieke plaatsen gebeurt, niet zichtbaar is voor partijen in andere delen van dezelfde toevoerketen. Kennis delen binnen en tussen de toevoerketens is niet altijd in het kortetermijnbelang van individuele partijen. Toch vergroot dit de rechtvaardigheid voor iedereen. Kennis delen is ook daarom wel in het langetermijnbelang van diezelfde partijen.

Het streven naar globalisering hoeft niet te betekenen dat resilience wordt ingeleverd. Wanneer er sprake is van een evenwichtige spreiding van de toevoer kan een verstoring van de toevoer vanuit één route wellicht worden opgevangen door de andere beschikbare routes. Dan kan de leveringszekerheid groter zijn dan wanneer een land afhankelijk zou zijn van één enkele binnenlandse leverancier. Spreiding van opties kan ook een steun in de rug betekenen voor meer duurzame leveranciers en leiden tot betrouwbaardere relaties. Burgers, bedrijven en overheden zijn de laatste decennia echter gewend geraakt aan de zogeheten 'Amazon Economy': vandaag besteld, morgen in huis. Het vertrouwen in de continuïteit van de toevoer heeft ervoor gezorgd dat het 'just-in-time-delivery'-concept vaak wordt toegepast. Dit beperkt de kosten van opslag en het risico van waardeverlies van voorraden, maar er zijn dan vrijwel geen buffers of voorraden om een eventuele (tijdelijke) verstoring van toelevering op te vangen.

Autonomie en resilience kunnen dus in financiële zin minder aantrekkelijk zijn. Er zijn verschillende manieren die meer autonomie en resilience opleveren. Denk aan voorraden aanleggen, buffers inbouwen, niet alles van de goedkoopste aanbieder willen afnemen, kiezen voor andere grondstoffen of productontwerp en investeren in eigen R&D en productie. Deze maatregelen brengen echter ook kosten met zich mee. Het gaat om goed aanwijsbare kosten voor hedging, minder goed aanwijsbare kosten voor reparatie en nog minder goed aanwijsbare kosten voor verloren efficiency. Deze kosten komen allemaal bij verschillende partijen terecht, en niet altijd bij de baathebber. Het zijn kosten die zich naar verwachting dubbel en dwars kunnen terugverdienen, monetair en uitgedrukt in waarden zoals duurzaamheid en rechtvaardigheid. Aan de andere kant is niet uit te sluiten dat de levenskosten voor de bevolking zullen stijgen: dat is dan de prijs voor onze autonomie. Om hier rechtvaardig mee om te gaan, is een sociaal plan nodig.

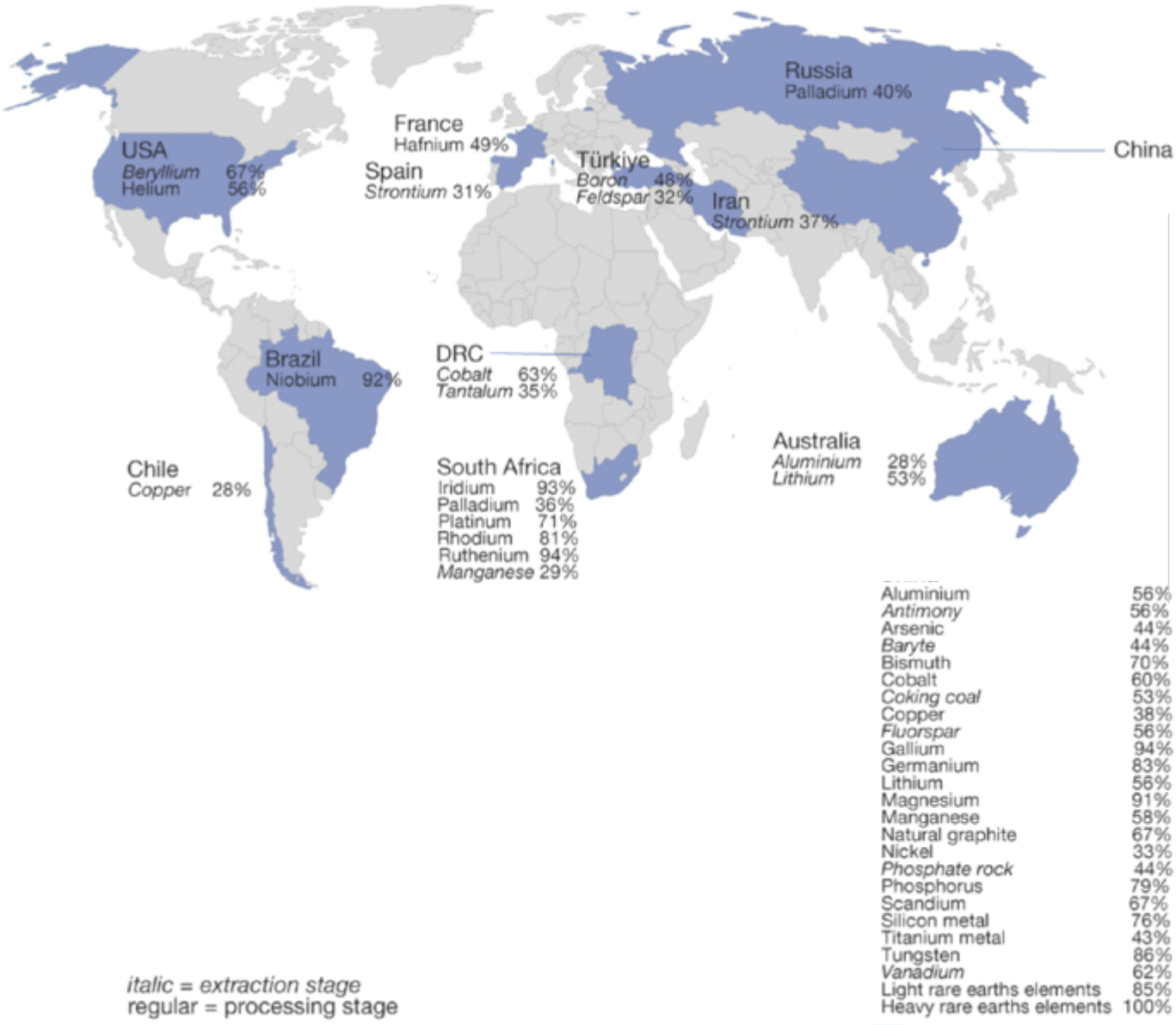
1.3 EINDE AAN ONGEREMDE GLOBALISERING: BEHOUD VAN STRATEGISCHE AUTONOMIE

Door de geopolitieke spanningen voor de coronacrisis en de oorlog in de Oekraïne stond de globalisering al onder druk. Door de opeenvolgende crises zien we een sterke toename van protectionistische maatregelen in de grote economische machtsblokken. In de VS is de Inflation Reduction Act (IRA) in het leven geroepen. De IRA heeft als doel om een stimulans te geven aan de Amerikaanse industrie en een impuls te geven aan initiatieven die emissies van broeikasgassen terugdringen. Zo worden industrieën van strategisch belang ondersteund, zoals ict, defensie, hernieuwbare energie, elektrische auto's en batterijen. Amerikaanse producten van Amerikaanse grondstoffen en halffabricaten kunnen rekenen op een fikse subsidie van de Amerikaanse overheid.

In maart 2023 heeft de Europese Commissie twee voorstellen voor wetgeving gelanceerd die in een soortgelijke richting werken. Dit zijn de **Critical Raw Materials Act** (CRMA) en de **Net Zero Industry Act** (NZIA). In de CRMA komen maatregelen die de EU minder afhankelijk moeten maken van de import van kritieke grondstoffen (Critical Raw Materials, CRM's) en strategische grondstoffen (Strategic Raw Materials, SRM's). De grondstoffen en de extractiecapaciteit voor deze grondstoffen

zijn aangemerkt als 'kritiek'. Dat betekent dat mijnbouw en extractie in de EU worden gestimuleerd, net als de import vanuit bevriende landen. Ook wordt een te grote afhankelijkheid van één enkele leverancier beperkt. De NZIA wil ervoor zorgen dat steeds meer van de in EU toegepaste duurzame (klimaatneutrale) technologie ook binnen de EU vervaardigd wordt. Het gaat dan om technologie zoals zonnepanelen (doelstelling: 40% van de vraag in 2030), windturbines (85%), warmtepompen (60%), batterijen (85%), elektrolysers voor groene waterstof (50%) en CO_2-opslag.

Het beleid in de VS en de EU is voor een deel een reactie op de dominante rol die China speelt in toevoerketens van kritieke en strategische grondstoffen, materialen en technologie. China is de grootste producent van onder andere batterijen voor elektrische auto's, zonnecellen, magneten voor



Afbeelding 1. Wereldwijde herkomst van kritieke grondstoffenlevering. Bron: **Intereconomics 2023**.

windmolens en de grondstoffen die nodig zijn voor de vervaardiging van al deze producten (zie afbeelding 1 op pagina 19). In China zijn bedrijven vaak nauw verbonden met de overheid, waardoor bedrijven vaak de strategische belangen van China nastreven. De Chinese overheid overweegt op dit moment eigen protectionistische maatregelen. De Amerikaanse en Europese wetgevingsinitiatieven zijn bedoeld om tegenwicht te bieden in het geopolitieke spel van maatregelen.

Er is dus sprake van een beweging weg van verdergaande globalisering en naar een meer protectionistische geopolitiek. De muren tussen de machtsblokken worden opgetrokken en er is meer aandacht voor resilience in de toevoerketens. Dat betekent zeker niet het einde van globalisering, maar wel een heroverweging van strategische afhankelijkheden. Kostenreductie wordt minder belangrijk, terwijl het belang van leveringszekerheid toeneemt. Strategische autonomie voor de grondstoffen die onze maatschappij en economie nodig hebben, wordt een expliciet doel voor overheid en het bedrijfsleven. Dit doel komt naast kennis, beroepsbevolking, infrastructuur, energie en financiën. Dit roept vragen op. Waar willen we naartoe, als het gaat om het bereiken van resilience en strategische autonomie? Moeten we aan 'reshoring' doen of kunnen we beter diversificatie toepassen, zowel in materialen als in handelspartners?

Europese lijst met kritieke en strategische grondstoffen

De Europese Commissie publiceert periodiek een lijst met kritieke grondstoffen. Deze lijst is het resultaat van een beoordeling op Europees niveau van een breed scala aan grondstoffen. De eerste lijst uit 2010 bevatte 14 grondstoffen. De herziene lijst van 2014 werd uitgebreid naar 20, de lijst van 2017 telde er 27, de lijst van 2020 omvatte er 30, en op de meest recente lijst staan 34 grondstoffen.

De lijst met kritieke grondstoffen moet helpen om:

- het industriebeleid van de EU uit te voeren en het industriële concurrentievermogen te versterken
- de productie van kritieke grondstoffen en de lancering van nieuwe mijnbouwactiviteiten in de EU te stimuleren
- acties te prioriteren, handelsovereenkomsten te sluiten, handelverstorende maatregelen aan te pakken en onderzoek en innovatie te bevorderen.

De actuele vijfde lijst met 34 kritieke grondstoffen werd gepubliceerd in Annex II van **het Richtlijnvoorstel COM(2023)**, dat is gebaseerd op de ***Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 - Final Report***. Hiervoor werden 70 grondstoffen onder de loep genomen, waarvan 67 elementen en 3 materiaalgroepen: 10 zware (HREE's) en 5 lichte (LREE's) zeldzame aardmetalen, en 5 platinametalen (PGM's). 4 nieuwe materialen werden beoordeeld: neon, krypton, xenon en rondhout. Koper en nikkel voldoen eigenlijk niet aan de criteria voor kritikaliteit (de mate waarin een grondstof als kritiek wordt bestempeld), maar staan wel op de CRM-lijst als strategische grondstoffen (dikgedrukt in de tabel). Naast kritieke grondstoffen onderscheidt de Europese Commissie ook strategische grondstoffen.

De studie ***Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU - A foresight study*** heeft 15 technologieën onderzocht, verdeeld over 5 industriesectoren.

Europese lijst van kritieke en strategische grondstoffen[3]			
Aluminium/Bauxiet	**Cokeskolen**	**Lithium**	**Fosfor**
Antimoon	Vloeispaat (fluoriet)	Lichte zeldzame aardmetalen	Scandium
Arsenicum	Fluorspaat	Magnesium	Siliciummetaal
Bariet	Gallium	**Mangaan**	Strontium
Beryllium	Germanium	Natuurlijk grafiet	Tantaal
Bismut	Hafnium	Niobium	Titaniummetaal
Boor/boraat	**Helium**	Platinametalen	**Wolfraam**
Kobalt	Zware zeldzame aardmetalen	Fosforiet	Vanadium
		Koper	**Nikkel**

De studie geeft een actueel beeld van de vraag naar materialen voor deze technologieën in 2030 en 2050. Ook geeft de studie een vollediger beeld van de technologieën die nodig zijn om de strategische doelen van de EU te bereiken. Het onderzoek heeft gediend als onderbouwing bij de totstandkoming van de Critical Raw Materials Act en de lijst met strategische grondstoffen.

Er is een discussie gaande om deze lijst uit te breiden, bijvoorbeeld met zink en magnesium. Zink is een strategische grondstof die in veel schone energietechnologieën wordt gebruikt. Ook is zink een 'carrier metal' voor een scala aan kritieke grondstoffen. Dat wil zeggen: in veel zinkrijke ertsen worden ook diverse kritieke metalen aangetroffen. Zink geeft daarmee toegang tot andere kritieke en strategische mineralen en metalen. Magnesium wordt ingezet in de vuurvaste industrie, voor het duurzaam bleken van papierpulp, voor het reinigen van rookgassen op zeeschepen en voor het sluiten van de fosfaatkringloop bij waterzuiveringen en in de landbouw. In Nederland wordt magnesium gewonnen in Veendam, waar zich een magnesiumzoutberg bevindt met een hoge zuiverheid.

Ook het International Energy Agency monitort de situatie rond kritieke grondstoffen in een jaarlijks te verschijnen **Critical Minerals Market Review**, waarvan dit jaar de eerste editie is verschenen.

3. Metalen uit de platinagroep omvatten iridium, palladium, platina, rhodium en ruthenium. Zeldzame aardelementen voor magneten zijn onder meer neodymium, praseodymium, terbium, dysprosium, gadolinium, samarium en cerium.

1.4 BEHOEFTE AAN EEN KENNISAGENDA STRATEGISCHE AUTONOMIE VOOR GRONDSTOFFEN

De maatschappij en economie moeten zich voorbereiden op een nieuwe werkelijkheid als het gaat om materialengebruik, risico's beheersen en kansrijke oplossingsrichtingen ontwikkelen. Deze nieuwe werkelijkheid roept veel kennisvragen op bij bedrijven, burgers/consumenten, de overheid en de wetenschap. In deze kennisagenda komen dergelijke vragen samen.

Een ander doel van deze kennisagenda is het gevoel van urgentie over de grondstoffentransitie en de schaarste van kritieke metalen te verhogen. Hiermee wordt bedoeld: zorgen voor voldoende beschikbaarheid van grondstoffen op de lange termijn. Onder meer door deze grondstoffen in het systeem te behouden en alternatieve grondstoffen te gebruiken, zoals biobased materialen. Deze grondstoffentransitie is net zo belangrijk als de energietransitie, maar krijgt tot dusver veel minder aandacht. Daarbij komt dat de grondstoffentransitie nodig is om de energietransitie te volbrengen, zoals wordt toegelicht in hoofdstuk 2. Andere industriële ketens waarvoor de grondstoffentransitie van groot belang is, zijn de lucht- en ruimtevaartindustrie, digitale industrie (ict) en de defensiesector.

De Sociaal-Economische Raad (SER) stelde in een recent **rapport** dat de maatregelen van Nederland onvoldoende zijn om een circulaire economie te bereiken in 2050, zoals het Nationaal Programma Circulaire Economie beoogt. De doelstelling om het gebruik van niet-biologische grondstoffen in 2030 te halveren wordt waarschijnlijk niet gehaald. Ook blijft ons land blijft de komende tijd volledig afhankelijk van derde landen voor de beschikbaarheid van kritieke grondstoffen waarvoor nog geen alternatief is gevonden. De oproep van de SER is daarom dat de grondstoffentransitie dezelfde urgentie moet krijgen als de energietransitie.

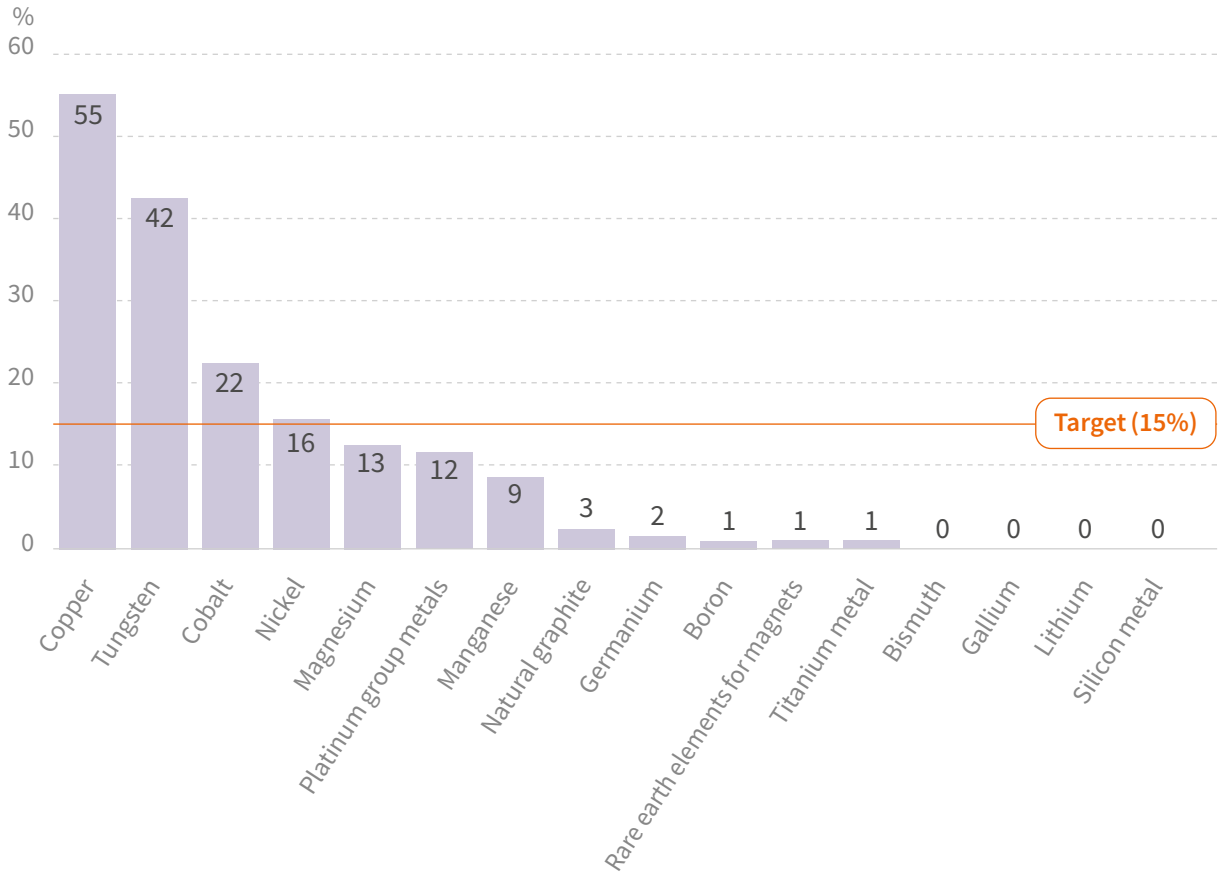
'Geopolitieke machtsverschuivingen zetten ons concurrentievermogen onder druk.
Mede door de klimaattransitie neemt de vraag naar grondstoffen sterk toe, in het bijzonder naar zogenoemde kritieke grondstoffen. Deze zijn belangrijk voor de technologieën die aan de basis liggen van de verduurzaming van het energiesysteem, denk aan grondstoffen voor accu's voor elektrische auto's en magneten voor windmolens. Deze kritieke grondstoffen zijn ook nodig voor digitalisering, defensie, vitale infrastructuur en in de gezondheidszorg. De kritieke grondstoffen komen veelal verwerkt in halffabricaten Nederland binnen. Nederland en Europa zijn sterk afhankelijk van een beperkt aantal landen en/of bedrijven voor de levering.'

Bron: ministerie van Economische Zaken en Klimaat, **'Perspectief op de Nederlandse economie: Innovatief, duurzaam, sterk en welvarend'**, juni 2023.

4. Ook het Europees Parlement geeft aandacht aan dit onderwerp, onder meer als opdrachtgever voor een studie door TNO e.a. met de titel **Strengthening the security of supply of products containing Critical Raw Materials for the green transition and decarbonisation** (december 2022).

De Europese Commissie werkt aan de **Raw Materials Act (CRMA)** die beschrijft welke stappen gezet moeten worden om voldoende beschikbaarheid van kritieke grondstoffen veilig te stellen. In het bijzonder wil de Europese Commissie de waardeketens van de geïdentificeerde kritieke en strategische materialen versterken.[4] Naast de lijst van kritieke grondstoffen die voor de hele Europese economie geldt, bevat de CRMA ook lijsten van strategische materialen. Deze zijn cruciaal voor strategische technologie voor de energietransitie, defensie en de digitale, lucht- en ruimtevaartindustrie en defensie (zie kader voor de lijsten van kritieke en strategische grondstoffen). De doelstellingen voor 2030 zijn het opbouwen van voldoende capaciteit voor mijnbouw, extractie, productie en recycling binnen Europa, zodat:

- ten minste 10% van gebruikte kritieke grondstoffen kan worden gewonnen via mijnbouw in Europa;
- ten minste 40% van producten waarin kritieke grondstoffen worden verwerkt, in Europa kan worden geproduceerd;
- ten minste 15% van de producten kan worden gerecycled;
- ten hoogste 65% van in de EU gebruikte kritieke grondstoffen uit een enkel land afkomstig is.



Afbeelding 2. Huidige percentages voor recycling aan het einde van de levensduur van strategische grondstoffen, inclusief de doelstelling van de CRMA. Bron: **Intereconomics 2023**.

Voor sommige grondstoffen worden deze doelen vandaag al wel gehaald, maar voor verreweg de meeste niet (zie afbeelding 2). De opgave is enorm: niet alleen de percentages moeten omhoog, maar de volumes moeten nog sterker toenemen. Dit komt omdat de vraag naar de grondstoffen nog sterk zal groeien.

Om de doelen te bereiken moeten vergunningsprocedures voor mijnbouw en recyclingprojecten rond kritieke grondstoffen versnellen. Voor strategische projecten komt ook financiering. Lidstaten moeten de inzameling van afvalstromen die rijk zijn aan kritieke grondstoffen verbeteren en recycling bevorderen. De EC stelt milieueisen op voor kritieke grondstoffen om circulariteit en duurzaamheid van de in Europa gebruikte grondstoffen te bevorderen. Om de resilience van toevoerketens te vergroten zorgt de CRMA voor monitoring en stress-testing van toevoerketens. Ook zorgt de CRMA voor coördinatie bij de aanleg van strategische voorraden. Grote bedrijven die strategische technologie produceren, moeten risicobeheerplannen maken.

Het is toe te juichen dat de CRMA gezamenlijke doelen stelt. Het nemen van maatregelen om de strategische autonomie ten aanzien van kritieke materialen te verhogen wordt echter vooral de opgave voor de lidstaten. Dat brengt het risico mee dat de lidstaten met elkaar gaan wedijveren: ieder land voor zich. Duitsland wil bijvoorbeeld een **staatsfonds** opzetten van € 2 miljard om projecten te ondersteunen op het gebied van mijnbouw van kritieke materialen. Het is van belang dat ook Nederland positie kiest.

Nederland nam hierop eind 2022 een voorschot met de **Nationale Grondstoffenstrategie** die verder wordt vormgegeven. Ons land zet in op vijf handelingsperspectieven om de leveringszekerheid van kritieke grondstoffen te vergroten: (1) circulariteit en innovatie, (2) duurzame Europese mijnbouw en raffinage, (3) diversificatie, (4) verduurzaming van internationale ketens en (5) kennisopbouw en monitoring. Deze kennisagenda strategische autonomie voor grondstoffen draagt bij aan kennisopbouw en monitoring. Tevens ondersteunt de kennisagenda de vier overige handelingsperspectieven.

Als het gaat om het risico op tekorten beheersen, is niet alleen kennis nodig om tekorten te kunnen voorkomen (langs oplossingsrichtingen als circulair, substitutie, innovatie, diversificatie, etc.). De crises van de afgelopen jaren zijn allemaal aangekondigd. Denk aan de covidpandemie, stijgende energieprijzen, de stikstofcrisis of, iets langer geleden: de pensioencrisis. Ondanks de waarschuwingen werden ‘we’ erdoor overvallen. Wezenlijk is daarom ook de vraag: hoe gaan de Nederlandse overheid en het bedrijfsleven om met tekorten als deze optreden? Laten we het over aan de markt? Of moet de overheid ingrijpen? Is er behoefte aan een Europees instituut dat gaat over verdelingsvraagstukken van kritieke materialen? Zijn er doelen/sectoren die absoluut voorrang moeten krijgen bij tekorten? Ook deze vragen maken deel uit van deze kennisagenda.

Europees onderzoek naar kritieke grondstoffen
De Europese Commissie heeft al langer aandacht voor grondstofafhankelijkheid. In 2014 startte het EIT Raw Materials (European Institute of Innovation and Technology) een groot Europees consortium van EU-onderzoeksinstellingen dat. Het consortium moet 'grondstofafhankelijkheid via innovatie moet ombuigen in een strategisch voordeel'. Projecten richten zich op recyclen, de zoektocht naar alternatieven en mijnbouw binnen Europa. Nederlandse onderzoekers en bedrijven zijn betrokken bij zeker vier programma's die vanuit EIT Raw Materials zijn gestart: ValoMAG, SusMagPro, REEsilience en SusCritMat:

- **ValoMag** (Valorisation of Magnets) richt zich bijvoorbeeld op technieken voor het ontmantelen van afgedankte harddisks en andere elektronica. Ook richt het programma zich op terugwinningsmethoden voor de zeldzame aarden daarin.
- **SusMagPro** heeft als doel om een recycling-toeleveringsketen voor zeldzame aardmetaalmagneten in Europa op te bouwen. Daarnaast heeft het programma als doel om de effectieve toepasbaarheid te demonstreren van gerecyclede zeldzame aardmetaalmagneten in verschillende industrieën.
- **REEsilience** richt zich op de totale keten van gebruikers en recyclers en nieuwe businessmodellen voor magnetische zeldzame aardmetalen.
- **SusCritMat** is een afgerond programma dat zich richtte zich op trainingen over kritieke grondstoffen voor onderzoekers en managers in industriesector.

H2

Hoofdstuk 2
Strategische autonomie in industrieketens

2.1 INLEIDING

In de Critical Raw Materials Act wordt de kwestie van strategische autonomie van materialen gekoppeld aan drie industriële ketens, namelijk:

1. Groene industrie (energietransitie)
2. Digitale industrie (ict)
3. Lucht- en ruimtevaartindustrie en defensiesector

De volgende paragrafen lichten toe wat strategische autonomie betekent voor deze industriële ketens.

2.2 GROENE INDUSTRIE (ENERGIETRANSITIE)

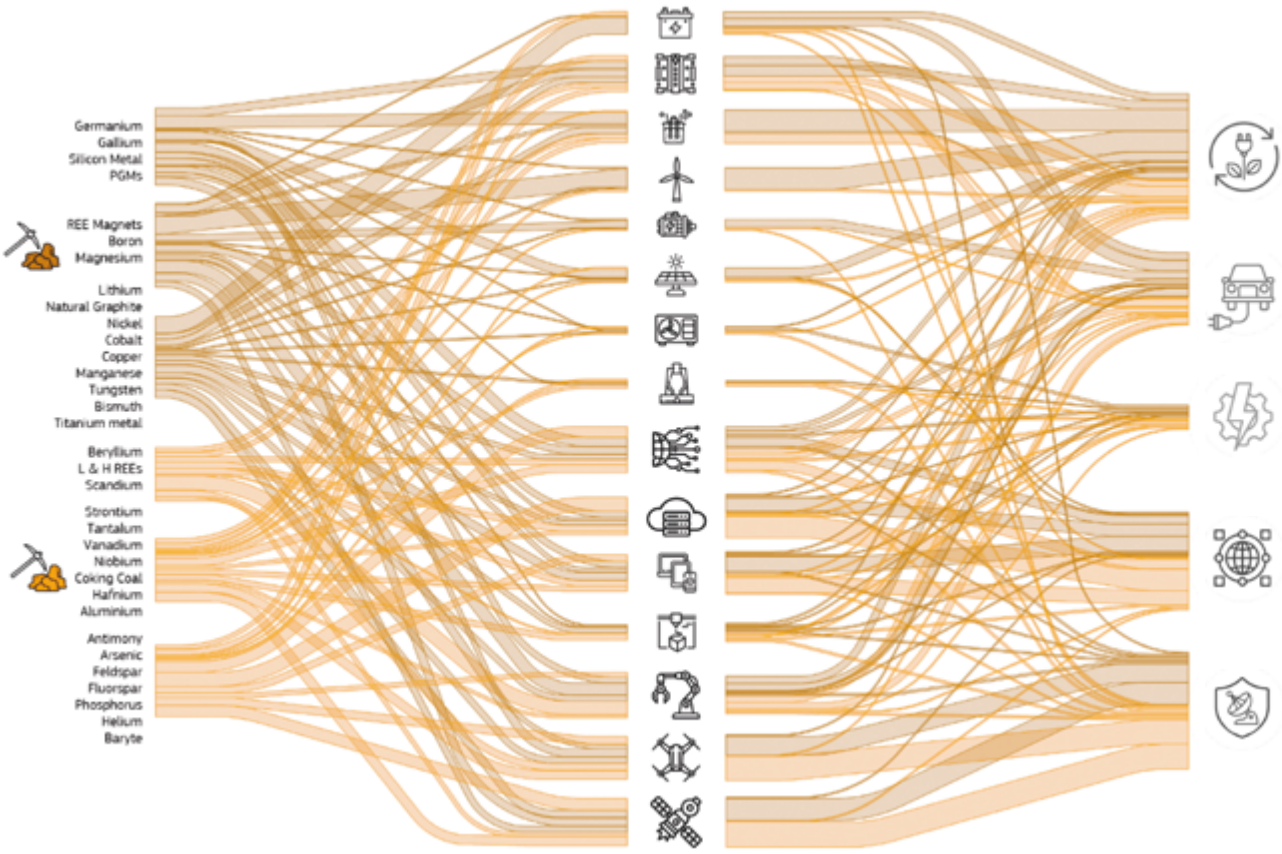
De energietransitie is ook een grondstoffentransitie
De heroverweging van globalisering komt in een tijd waarin we staan voor een enorme uitdaging: het oplossen van het klimaatprobleem dat wij veroorzaakt hebben. In de komende drie decennia zal daarom één van de grootste transities plaatsvinden die de mensheid ooit heeft doorgemaakt: van fossiele brandstoffen naar hernieuwbare energie. Het toekomstige energiesysteem zal voornamelijk gebruik maken van zon en wind als energiebronnen, aangevuld met kernenergie en waterkracht. Auto's met verbrandingsmotoren zullen plaats maken voor elektrische auto's en gebouwen zullen veelal met elektrische warmtepompen verwarmd worden. Verder zullen industriële processen steeds verder geëlektrificeerd worden.

Wanneer aardgas, benzine en diesel verdwijnen als brandstof zal vooral elektriciteit hun plaats innemen als energiedrager. Dat betekent dat het transport van elektriciteit aanzienlijk moet worden opgeschaald. Daarnaast moet het netwerk slimmer worden om de variabele toevoer van zon en wind af te stemmen op de vraag naar energie. Windmolens, zonnecellen en elektrische auto's vragen allemaal veel meer metalen per eenheid geïnstalleerd vermogen dan kolen- en gascentrales en benzineauto's. Ook de opschaling en aanpassing van het netwerk zal de vraag naar metalen sterk doen stijgen de komende decennia.

De industrie heeft naast elektriciteit ook moleculen nodig om producten zoals kunststoffen en chemicaliën te maken. Als het gebruik van fossiele brandstoffen wordt afgebouwd, worden andere grondstoffen ingezet om producten mee te ontwikkelen, onder andere binnen de chemische industrie. Deels zullen dit biotische materialen zijn die uit landbouw of afvalstromen komen. Voor een ander deel kunnen koolwaterstoffen worden geproduceerd uit waterstof (uit elektrolyse van water) en CO_2 uit de lucht. Waterstof zal ook nodig zijn voor processen waar elektriciteit alleen niet voldoende of geschikt is, zoals de productie van staal en kunstmest, en processen waarbij zeer hoge temperaturen nodig zijn. Waterstof kan ook een rol gaan spelen in de transportsector voor

Behoefte aan kritieke grondstoffen voor strategische technologieën en sectoren
Onderstaande afbeelding geeft een semi-kwantitatieve weergave van de behoefte aan kritieke grondstoffen voor de ontwikkeling en toepassing van 15 strategische technologieën in 5 sectoren. De Europese Commissie heeft dit in kaart laten brengen.

De sectoren van boven naar beneden: hernieuwbare energie, elektrische mobiliteit, energie-intensieve industrie, ict, en aerospace & defensie. De energietransitie (de eerste drie van de vijf sectoren samen) consumeert het grootste aandeel van de strategische grondstoffen. De technologieën van boven naar beneden: lithiumionbatterijen, brandstofcellen, elektrolysers, windturbines, elektrotractiemotoren, zonnepanelen, warmtepompen, staalproductie met waterstof (direct reduced iron) of elektriciteit (vlamboogoven), datatransmissienetwerken, dataopslag en servers, smartphones, tablets & laptops, additive manufacturing (AM), robotics, drones, en ruimtevaart-lanceerinrichtingen & satellieten.[5]



Afbeelding 3. Strategische grondstoffenstromen naar 15 technologieën en 5 sectoren. Bron: **JRC 2023**.

5. Een soortgelijke studie is uitgevoerd door **KU Leuven** die voor de Europese vereniging van de metalenindustrie Eurometaux de behoefte en leveringsrisico's van metalen voor energietechnologieen in kaart heeft gebracht.

vrachtvervoer, binnenvaart en luchtvaart voor continentale afstanden. Om al deze waterstof te produceren zal een groot aantal elektrolysers moeten worden gebouwd. Hiervoor is een grote hoeveelheid materialen nodig, waaronder nikkel en iridium. Ook het transport en de opslag van waterstof zal een grote materiaalbehoefte met zich meebrengen voor onder meer pijpleidingen.

De energietransitie zorgt zo voor een enorme toename van de hoeveelheid materialen in de maatschappij, met name metalen. Om dit alles op te bouwen is de komende 3-4 decennia eerst een toevoer van vooral metalen nodig. Er is echter een cruciaal verschil te zien tussen het oude en het nieuwe energiesysteem. Zodra de windmolens, zonnecellen, elektrische auto's en het nieuwe netwerk er zijn, kan zorgvuldige recycling ervoor kan zorgen dat er vrijwel geen nieuwe materialen meer nodig zijn (bij een gelijkblijvende energievraag. Als de energievraag toeneemt, zal ook de behoefte aan materialen waarschijnlijk toenemen. Zeker in Azië en Afrika.) De energietransitie zorgt voor een verschuiving van een energiesysteem dat draait om het veiligstellen van een continue instroom van fossiele brandstoffen, naar een circulair energiesysteem dat draait om het beheer van de grote voorraad metalen in de maatschappij.

Om de toevoer binnen de perken te houden en de voorraad goed te beheren is het essentieel dat we ons gedrag veranderen. De vraag naar materialen is wellicht niet duurzaam in te vullen als we meerdere auto's per huishouden willen, woningen niet isoleren, consumentengoederen niet repareren maar vervangen, afval niet scheiden en recyclen, enzovoorts. We zullen veel meer spullen moeten delen in plaats van individueel bezitten.

Een klimaatneutraal Nederland in een nieuwe geopolitieke realiteit

De Nederlandse industrie zal zich in de komende decennia moeten aanpassen aan een nieuwe geopolitieke realiteit. Deze valt samen met een grootschalige transitie van fossiele brandstoffen naar hernieuwbare energie of, in termen van grondstoffen, van fossiele brandstoffen naar metalen en biogrondstoffen.

De industrie in Nederland leunt op dit moment voor een belangrijk deel op het verwerken van fossiele brandstoffen die van buiten de EU worden geïmporteerd. Dit betreft:

- de raffinage van ruwe olie;
- de staalindustrie die gebruikmaakt van cokes uit steenkool als brandstof;
- de cementovens die een heel scala aan fossiele brandstoffen en daarvan afgeleide afvalproducten als brandstof gebruiken;
- de chemische industrie die gebruikmaakt van olieproducten als grondstof voor goederen en aardgas als grondstof en brandstof voor processen.

Omschakeling zal ook nodig zijn in de industrie die producten maakt die werken op fossiele brandstoffen, zoals de productie van vrachtwagens en bussen. De chemische industrie zal moeten omschakelen van het gebruik van olie en gas als grondstof naar grondstoffen die zijn gebaseerd op biomassa, waterstof en CO_2.

Er zal veel bedrijvigheid ontstaan rondom de productie en installatie van de technologie die past in een klimaatbestendig Nederland. Denk aan de installatie en het onderhoud van windturbines, zonnepanelen, warmtepompen, laadinfrastructuur, smartgrids, en een veel omvangrijker elektriciteitsnetwerk. Het beheer van de voorraad metalen in de maatschappij zal veel belangrijker worden. Producten als windmolens, zonnecellen en batterijen kunnen ontworpen worden met circulariteit in gedachte. Op deze manier kan Nederland een industrie opbouwen die zich richt op

onderhoud, hergebruik, refurbishment, re-manufacturing en recycling van deze producten (de **tredes op de R-ladder** van strategieën voor circulariteit). Batterijen uit auto's kunnen bijvoorbeeld een tweede leven krijgen als stationaire opslag in gebouwen en voor de stabilisatie van het elektriciteitsnetwerk. Consumenten kunnen openstaan voor deze producten door ze zoveel mogelijk voor gedeeld gebruik aan te bieden, met behulp van creatieve gedragsbeïnvloeding en innovatieve marketing- en contractvormen. Zo kan de behoefte aan materialen worden gedempt. Overheden kunnen dit bevorderen met regelgeving, fiscale regels en hun eigen inkoopgedrag.

Er zullen ook kansen ontstaan voor een volledig nieuwe industrie rondom de metalen die zo'n cruciale rol spelen in de energietransitie en waarvoor we streven naar meer strategische autonomie. Denk aan het bouwen van extractiecapaciteit voor metalen in het Rotterdamse havengebied. Of aan het opzetten van hoogwaardige recyclingfabrieken voor onder andere batterijen, elektronica, magneten en zonnecellen. Wanneer we ervoor zorgen dat de import-metalen binnen de EU kunnen worden hergebruikt, zal dit op termijn leiden tot een veel grotere autonomie.

Ten slotte zullen er kansen ontstaan bij het onderzoek naar - en de ontwikkeling van - nieuwe technologie die minder behoefte heeft aan schaarse grondstoffen. Denk hierbij aan perovskiet-zonnecellen die veel minder schaarse materialen bevatten dan de nu gangbare cellen die op silicium gebaseerd zijn. Ook de ontwikkeling van polymeren uit biotische grondstoffen kan leiden tot meer strategische autonomie. Hetzelfde geldt mogelijk voor de ontwikkeling van organische zonnecellen. Dit zijn slechts voorbeelden en het is belangrijk om deze mogelijkheden verder te onderzoeken.

2.3 DIGITALE INDUSTRIE (ICT)

Halfgeleiders spelen een onmisbare rol bij het aansturen van de moderne digitale economie. Computers, smartphones, smartgrids, auto's en straaljagers hebben chips nodig. Halfgeleiders zijn essentieel in de energietransitie, bijvoorbeeld voor nieuwe energieoplossingen waaronder zonne- en windenergie. Zonder halfgeleiders kunnen ook geen nieuwe halfgeleiders worden geproduceerd: de ontwerplaboratoria, gieterijen en machines die halfgeleiders produceren, hebben zelf ook halfgeleiders nodig. Het productieproces van halfgeleiders is op zijn beurt afhankelijk van een grote verscheidenheid aan kritieke grondstoffen. Halfgeleiders en kritieke grondstoffen vormen zo een onderling verbonden ecosysteem in de huidige wereldeconomie, volgens The Hague Center for Strategic Studies in (HCCS) in een **recente studie**.

Nederland speelt een kleine maar onmisbare rol in de halfgeleiderketen. De Nederlandse toelevering van apparatuur voor de productie van halfgeleiders vormt een belangrijk knelpunt in de hele waardeketen. Nederlandse industrieën zijn cruciaal, zowel in specifieke markten (bijvoorbeeld NXP in de auto-industrie) als in de hele halfgeleiderindustrie (bijvoorbeeld ASML en ASM International). Met name de rol van ASML biedt Nederland en Europa een onvervangbaar knooppunt in het genoemde ecosysteem. ASML is immers de belangrijkste en zelfs enige leverancier van cruciale apparatuur die nodig is voor geavanceerde chipproductie. De rol van Europa in de rest van de halfgeleiderwaardeketen is bescheiden.

Kritieke grondstoffen zoals palladium, kobalt, gallium, germanium, zeldzame aardmetalen en silicium, vormen het fundament waarop de toeleveringsketen van halfgeleiders rust. Dit varieert van apparatuur tot wafers. Vertrouwen op landen als China en Rusland in verschillende stappen van de toeleveringsketen van kritieke grondstoffen, vormt een bedreiging voor de halfgeleiderindustrie.

Zeker nu de rivaliteit tussen grote machten toeneemt. Ook de afhankelijkheid van politieke en sociaal instabiele landen, zoals Congo, kan de levering van grondstoffen voor de halfgeleiderproductie aanzienlijk verstoren. Om de Europese economie onbelemmerd te laten functioneren, moeten Nederland en de EU hun positie versterken in het ecosysteem voor halfgeleiders en kritieke grondstoffen. De Europese Chipwet, gericht op het investeren van tientallen miljarden euro's, is bedoeld om een groter deel van de toeleveringsketen van halfgeleiders Europees te maken.

Het 'reshoren' van de waardeketen voor halfgeleiders en kritieke grondstoffen naar Europa brengt kosten met zich mee. Decennialang werden waardeketens namelijk uitbesteed vanwege kostenefficiëntie en milieuvervuiling. Het door de coronapandemie veroorzaakte tekort aan chips belemmerde de productie van alles, van auto's tot essentiële medische apparaten. Dit benadrukte de kosten van zelfs maar een tijdelijke verstoring van het ecosysteem. Omdat het volledig verstoren van het ecosysteem ook grote bedreigingen voor de economische veiligheid met zich mee brengt. Daarom is het versterken van de positie van Europa in het halfgeleider- en kritieke grondstoffen-ecosysteem een noodzaak.

Belangrijk voor de digitale sector zijn verder de datatransmissienetwerken (DTN). De DTN-technologie kan worden verdeeld in drie hoofdsystemen. Het datatransmissie en IP-kernnetwerk maakt de overdracht van gegevens over lange afstanden mogelijk. Het vaste breedbandnetwerk en het mobiele/draadloze netwerk bieden de eindgebruikers respectievelijk vastgebonden of draadloze toegang tot het wereldwijde netwerk. Het datatransmissie- en IP-kernnetwerk omvat onderzeese optische kabelsystemen tussen continenten en landen. Ten slotte zijn er de bedrijfsnetwerken, die technisch overeenkomen met andere vaste apparatuur. De netwerken gebruiken uiteenlopende kritieke grondstoffen, voor het grootste deel geleverd door China. Slechts 3% van de gebruikte grondstoffen voor de netwerken komt uit de EU zelf.

2.4 LUCHT- EN RUIMTEVAARTINDUSTRIE EN DEFENSIESECTOR

Kritieke grondstoffen staan steeds meer in de belangstelling vanwege hun rol in de energietransitie en voor de digitale sector. Minder aandacht is er tot dusverre gegeven aan de betekenis van deze grondstoffen voor lucht- en ruimtevaart en in de defensiesector. Denk aan de mogelijke impact van verstoringen in de toeleveringsketen van kritieke grondstoffen op het militaire domein.

Vliegtuigen en ruimtevaart gebruiken een breed spectrum van kritieke grondstoffen. Zo worden titanium en wolfraam gebruikt in de legeringen waarmee turbinebladen en compressorbladen voor straalmotoren worden gemaakt. Als de luchtvaart verduurzaamt in de richting van elektrisch vliegen en waterstof, dan neemt de vraag naar metalen toe, net als bij elektrische wegvoertuigen. Het gaat in dit geval om de metalen lithium, kobalt, platina en zeldzame aardmetalen voor batterijen, brandstofcellen en elektromotoren.

De EU rekent drones (onbemande vliegtuigen) en ruimtevaart-lanceerinrichtingen en -satellieten tot strategische technologieën. Hiervoor heeft de EU een kritikaliteitsanalyse uitgevoerd. China is de grootste leverancier van kritieke grondstoffen voor drones, verantwoordelijk voor meer dan 40% van de levering. Particuliere drones zijn vooral van Chinese makelij, bij militaire drones lopen de VS en Israël voorop. De VS zijn sterk in bepaalde componenten zoals microprocessors. De EU lijkt vooralsnog de boot te missen in deze toekomstmarkt. Er zijn 15 grondstoffen beoordeeld als kritiek voor drones, waaronder kobalt, titanium, grafiet en magnesium.

Op veel gebieden worden satellieten gebruikt, waaronder ruimtewetenschap, aardobservatie, meteorologie, klimaatonderzoek, telecommunicatie, navigatie en verkenning van de ruimte. De belangrijkste economische toegevoegde waarde van de ruimtevaartsector zit niet in de gegevens of beelden die door ruimtevaartuigen worden verzonden. Deze economische waarde zit juist in de potentiële downstream-toepassingen en nieuwe markten die mogelijk worden gemaakt door de gegenereerde gegevens. Om satellieten in een baan om de aarde te brengen zijn draagraketten nodig. Ruimtevaart-lanceerinrichtingen en -satellieten zijn beide complexe systemen waarin honderden onderdelen en componenten zijn geïntegreerd. Dit vereist een grote verscheidenheid aan kritieke materialen in hun constructie. De meeste ruimtevaartmaterialen en componenten zijn zeer specifiek en vereisen geavanceerde productiemogelijkheden en technologieën. De sector is qua volume slechts een kleine klant in vergelijking met andere grootschalige industrieën. Toch is er bereidheid om meer te betalen dan ander sectoren voor specifieke meterialen en componenten.

Ook de defensiesector maakt gebruik van diverse en grote hoeveelheid grondstoffen voor gevechtsmiddelen en ondersteunende apparatuur. **HCCS** heeft onderzocht welke grondstoffen worden gebruikt om bijvoorbeeld gevechtsvliegtuigen, tanks en korvetten te bouwen. In dezelfde studie beschrijft HCSS wat ketenrisico is van deze materialen. De studie geeft voor de defensiesector een risicobeoordeling van de korte- en langetermijn leveringszekerheid. Ook geeft de studie een overzicht van de geopolitieke risico's van grondstoffen en de kwetsbaarheid van de bevoorrading. Veertig materialen worden als kritisch of 'binnenkort' kritisch beschouwd. De waardeketenanalyse van elk materiaal bepaalt specifieke geopolitieke bedreigingen en ketenrisico's. Zo lopen grafiet en aluminium, de materialen die het meest worden gebruikt in militaire toepassingen, aanzienlijke risico's voor de leveringszekerheid. Dit komt door beperkte diversificatie van leveranciers en de instabiliteit in de leverende landen.

De kritikaliteit van materialen varieert tussen de takken van de strijdkrachten. Materialen die als zeer kritiek worden beschouwd voor de luchtmacht (denk aan vliegtuigen, helikopters en raketten bouwen) zijn misschien niet cruciaal voor de marine (denk aan korvetten, vliegdekschepen en onderzeeërs bouwen). Grafiet en goud worden beoordeeld als respectievelijk zeer hoog risico en laag risico voor de luchtmacht. Voor toepassingen in de marine zijn deze materialen juist bestempeld als hoog risico en gemiddeld risico. Zo kent elke tak van de strijdkrachten specifieke kwetsbaarheden. De beheersmaatregelen die nodig zijn ten aanzien van deze voorzieningsveiligheidsrisico's van grondstoffen zullen dan ook verschillen.

Bovendien is ook een allesomvattende strategie op nationaal, Europees en transatlantisch (trans-Atlantisch/NAVO)-niveau nodig. Deze moet samenhang aanbrengen tussen nationale veiligheids-, industrie- en grondstoffenstrategieën, in samenwerking tussen de civiele en militaire sector. In de komende jaren zal de concurrentie om de aanschaf van kritieke grondstoffen toenemen. Daarmee zal ook de noodzaak toenemen om samen te werken bij het opstellen van coherent beleid en strategieën om kritieke grondstoffen zeker te stellen. Samenwerking op Europees en NAVO-niveau is ook belangrijk om de toeleveringsketen beter te beveiligen, zoals de oorlog in Oekraïne heeft aangetoond.

H3

Hoofdstuk 3
Kennisagenda strategische autonomie voor grondstoffen

3.1 INLEIDING

Het doel waar deze kennisagenda aan wil bijdragen is het bereiken van strategische autonomie voor grondstoffen. De agenda moet een basis bieden om innovaties te stimuleren die kunnen bijdragen aan het bereiken van deze autonomie. De EU streeft naar 'open strategische autonomie': het vermogen om als mondiale speler haar publieke belangen te borgen en weerbaar te zijn in een onderling verbonden wereld. Op basis van eigen inzichten en keuzes, in samenwerking met internationale partners. Een van die publieke belangen is dat de Europese industrie voldoende toegang heeft tot grondstoffen voor haar producten.

Strategische autonomie betekent niet dat alle grondstoffen in de EU (laat staan Nederland) zouden moeten worden gewonnen. Dit is onmogelijk, gezien de voorkomens van de grondstoffen. We moeten wel streven naar resilient supplychains. Hieronder verstaan we leveringsketens die erop voorbereid zijn om interne of externe verstoringen op te kunnen vangen. Meer resilience vergroot de strategische autonomie.

Op initiatief van ChemistryNL en het MaterialenNL Platform is in het najaar van 2022 een kernteam gestart met de ontwikkeling van de nationale kennisagenda MaterialenNL Strategic Autonomy. Dit heeft geresulteerd in een gestructureerde lijst van kennisvragen vanuit uiteenlopende invalshoeken. De winning, handel en gebruik van grondstoffen is verbonden met:

- economische vraagstukken, zoals beschikbaarheid, toegankelijkheid en prijs;
- sociale, ethische en juridische vraagstukken, zoals mensenrechten, uitbuiting en armoede;
- politieke vraagstukken, zoals governance, strategisch gebruik van grondstoffen voor politieke doelen en samenwerking met ontwikkelingslanden;
- technische vraagstukken, zoals technieken voor grondstoffenwinning en karakteriseren en scheiden van materialen;
- veiligheidsvraagstukken, zoals instabiliteit (die oorzaak en gevolg van schaarste is);
- milieuvraagstukken, zoals vervuiling en verlies van biodiversiteit.

De in bijlage 1 verzamelde kennisvragen weerspiegelen zoveel mogelijk deze breedte en veelzijdigheid. Kennis blijft zich echter altijd ontwikkelen omdat de wereld constant in beweging is. Elk inzicht leidt tot nieuwe kennisvragen. Een kennisagenda is in die zin nooit af en altijd een momentopname. Hierna volgt een samenvatting van de kennisvragen.

3.2 HOOFDLIJNEN VAN DE KENNISAGENDA

Inzicht in ketens, leveringsrisico's en effecten op economie en maatschappij
Om te beginnen is het van belang om te analyseren waar onze kwetsbaarheden zitten. Van de Nederlandse economie als geheel, maar ook van sectoren en individuele bedrijven. Het gaat daarbij niet alleen om bedrijven die direct grondstoffen gebruiken (dat is een beperkt aantal), maar ook bedrijven die afhankelijk zijn van componenten en deelsystemen. Indirect zijn deze bedrijven misschien wel weer afhankelijk van grondstoffen, namelijk via de landen waar deze componenten worden geproduceerd uit grondstoffen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij Nederlandse bedrijven die batterijen samenstellen voor energieopslag met geïmporteerde cellen.

De kennisagenda bevat daarom kennisvragen gericht op vergroten van het inzicht in productieketens, materiaalstromen, leveringsrisico's en effecten op economie en maatschappij. Dit richt zich bijvoorbeeld op inzicht in behoefte, herkomst en duurzaamheid van kritieke en strategische materialen en productieprocessen. Ook richten de kennisvragen zich op inzicht in kritieke en strategische toevoerketens en materiaalstromen, en het opstellen van digitale productpaspoorten om inzicht in de samenstelling van materialen te bieden. Dergelijke inzichten zijn cruciaal voor beleidsvorming en het is daarom belangrijk dat kennis op dit gebied wordt opgebouwd. Blockchain kan een tool zijn om die gegevens van de toeleveranciers te krijgen. Ook materiaalstroomanalyses, supplychain mapping en analyse van de opbouw van voorraden in de maatschappij zijn belangrijk.

Voor een open economie als Nederland is niet zomaar in te schatten of een grotere autonomie van de Europese Unie voor kritische materialen zal leiden tot groei van het bruto binnenlands product (bbp). Dit is de methode waarop we nog steeds de economische groei meten. De Rotterdamse haven bijvoorbeeld is goed voor meer dan 8% van het Nederlandse bbp. Als de energietransitie doorzet, komt die positie al onder druk te staan omdat het grootste deel van de doorvoer nog steeds fossiele brandstoffen betreft. Naast de lagere inkomsten voor een open economie, zullen de kosten toenemen. Opslagkosten, minder concurrentie tussen aanbieders van de kritische materialen, en andere aanvoerroutes leiden op de korte termijn tot hogere kosten. De ontwikkeling van een Europese mijnbouwsector vraagt niet alleen om financiële investeringen, maar is ook duur vanwege de aanslag op het natuurlijk kapitaal.

Die kosten zijn misschien voor het multinationale bedrijfsleven te dragen, maar kunnen een flinke financiële aanslag op het Europese midden-en kleinbedrijf (mkb) betekenen. Daarnaast hebben grote bedrijven meer onderhandelingsmacht dan kleine en middelgrote. Het gevolg is dat de grote bedrijven te dominant zullen worden in de materialenketen omdat er geen vrije internationale markt is. Het mkb, in Europa de grootste werkgever, loopt het risico van de regen in de drup te geraken. Vanwege geopolitieke spanningen en schaarste moet het al hoge prijzen betalen. Met een monopolie of oligopolie van een aantal dominante spelers en meer opslagkosten vanwege de wens voor autonomie worden de prijzen nog hoger.

De oplossing voor deze hogere kosten is inzetten op hogere efficiency, hergebruik, het verbieden van geplande veroudering van producten en reparatieplicht. Resilience en autonomie is niet alleen zorgen dat je genoeg materialen hebt, maar ook dat je er minder van nodig hebt of dat je de materialen uit de oude producten haalt. Urban mining is daarbij geen overbodige luxe.

Op dit moment wordt er veel onderzoek gedaan naar hoe groot de economische effecten zullen zijn van een groter aandeel circulaire materialen in de bouw of van urban mining. Volgens de jongste **cijfers van het CBS** stagneert de ontwikkeling van de circulaire economie. In 2020 bestond 13 procent van de grondstoffen voor de Nederlandse economie uit hergebruikte materialen. Dit percentage is vrijwel hetzelfde als in 2014. Wat betreft hergebruik is de circulariteit van de economie nauwelijks toegenomen. Een van de redenen die uit onderzoek naar circulariteit in de bouw blijkt, is dat het gebruiksklaar maken van circulaire producten duur is. Daar moet ook in de ontwerpfase nog veel aan gebeuren.

Kansen voor Nederlandse industrie voor waardecreatie

Als het gaat om kansen voor de Nederlandse industrie om bij te dragen aan Europese strategische autonomie voor grondstoffen, dan is de vraag: waar kunnen we ons in onderscheiden? Nederland heeft behalve zoutwinning geen mogelijkheden voor mijnbouw. Wel kan Nederland een voorname rol spelen bij het ontwikkelen van duurzame productie op basis van recycling van en extractie uit metaalhoudende grondstoffenstromen. Met weinig milieu-impacts en met circulaire businessmodellen. Het gaat dan om het creëren van waarde uit end-of-life producten specifiek gericht op kritieke grondstoffen. De 'urban mine' moet hierbij als een echte mijn worden beschouwd. Dat wil zeggen: net als bij een primaire mijn moet aan 'prospecting' worden gedaan. Waar zitten welke materialen en zijn ze technisch en economisch winbaar?

Er is steeds minder draagvlak in Nederland voor vervuilende winning, recycling en extractie. Dit wordt ervaren als ongepast in de moderne westerse maatschappij. Dit wordt bijvoorbeeld geïllustreerd door de discussies rond vervuilende bedrijven, PFAS en gaswinning in Groningen. Als we de industrie voor Nederland willen behouden, moeten we juist inzetten op nieuwe, duurzame en circulaire productieprocessen, en circulair productontwerp. Ook moeten we zorgen voor substitutie van schaarse en vervuilende materialen door materialen die overvloedig beschikbaar zijn en passen in Safe and Sustainable by Design (SSbD). Als de Nederlandse industrie daarin een 'first mover' is, kunnen we die technologie exporteren en duurzaam verdienvermogen verwezenlijken.

De kennisagenda bevat daarom vragen op het gebied van Techniek, industrie en waardecreatie. Dit onderdeel richt zich op het (her)ontwerp van producten en de ontwikkeling van standaarden, op technieken voor open mijnbouw, recycling en extractie, en op nieuwe economische en businessmodellen. Standaardisering kan bijdragen aan levensduurverlenging van materialen. Een voorbeeld hiervan is de windmolens op zee: alles (elektriciteitsnetwerk, monopiles, turbines) kan gestandaardiseerd worden ontworpen, zodat ze 100 jaar kunnen blijven staan. Een voorbeeld van een businessmodel dat onderzocht moet worden, is het model waarbij bedrijven eigenaar blijven van de grondstoffen. Bedrijven verkopen dan het gebruiksrecht van materialen. Dat model zal er ook toe leiden dat producten zo worden ontworpen dat die grondstoffen makkelijk kunnen worden teruggewonnen. Dat kan ook op een andere manier worden gestimuleerd, bijvoorbeeld door eisen aan producten te stellen over recyclebaarheid of recycled content.

Hierbij moeten we er rekening mee houden dat grote multinationals wellicht beter in staat zijn om duurzaamheid te stimuleren op schaal. Uiteindelijk zullen ze vrijwel zeker een belangrijke rol spelen zodra concepten bewezen zijn. De concurrentie, regelgeving en maatschappelijke druk zal hen dwingen van richting te veranderen. Op kortere termijn is het echter waarschijnlijk dat start-ups en kleine bedrijven meer radicale veranderingen en innovaties kunnen ontwikkelen. Daarvoor moeten zij ruimte en ondersteuning krijgen.

Nederland dient de industrie te stimuleren die past bij al het bovenstaande, maar het is moeilijk om te bepalen op welke specifieke bedrijven je moet inzetten. Het alternatief is om te denken in transities en dan juist heel breed innovatieve ideeën te steunen ('duizend bloemen laten bloeien'). Dan komt er vanzelf een aantal succesvolle bedrijfsmodellen bovendrijven. Het hoeft niet alleen om nieuwe bedrijven te gaan. Het kan ook gaan om businessunits omvormen van business units binnen grote bedrijven richting de circulaire economie en daarbij gebruikmaken van minder problematische grondstoffen.

Opbouw van competenties

Een probleem dat geadresseerd moet worden is dat zowel capaciteit als kennis ontbreken bij overheid en (kleinere) bedrijven. Daarom bevat de kennisagenda vragen op het gebied van competenties. Het gaat dan om:

- het inrichten van onderwijs, werk en vestigingsklimaat op de toekomstige arbeidsvraag in de circulaire economie (Human Capital Agenda);
- het (anders) waarderen van banen ten dienste van de circulaire economie;
- competenties bij overheden ontwikkelen, zodat zij de gewenste transitie met beleid vorm kunnen geven.

Governance, gedrag en ketenverantwoordelijkheid

Ten slotte bevat de kennisagenda vragen met betrekking tot Governance, gedrag en ketenverantwoordelijkheid. Supplychains van grondstoffen zijn complex. Het is belangrijk om niet in individuele materialen, producten of industrieën te denken, maar in termen van systemen en 'wicked problems' (ongestructureerde problemen). Dit zijn problemen die moeilijk of onmogelijk oplosbaar zijn. Doordat de voorwaarden voor de oplossingen onvolledig, tegenstrijdig, veranderend, onderling afhankelijk en vaak moeilijk te onderscheiden zijn. Oftewel: er is geen eenduidige oplossing, en elke oplossingsrichting schept of vergroot andere problemen.

Om enige mate van ketenregie te ontwikkelen volstaat een lineaire aanpak niet. Er moet een circulaire aanpak worden ontwikkeld. Daarbinnen moeten beleidsinterventies worden gepleegd, gericht op bevorderen van duurzame keuzes. Namelijk voor duurzame materialen, tegengaan van verspilling, langer gebruiken van producten, en mogelijk maken van hergebruik en recycling. Hierbij is altijd de vraag hoe effectief die interventies kunnen zijn. Enkele voorbeelden:

- Belastinghervorming van loon en btw naar grondstoffen en energie kan één van de fundamentele problemen voor de circulaire economie verkleinen, dat materialen goedkoop zijn en arbeid duur.
- Regelgeving voor repareerbaarheid en voor vervangbare batterijen kan grondstoffen langer in de levensduurcyclus houden.

In de discussie over strategische autonomie voor grondstoffen moet het belang van verantwoorde winning nadrukkelijk aan de orde komen. Ook als we grondstoffen van elders halen moeten de milieu- en sociale aspecten van de winning worden meegenomen. Dat is een kwestie van ketenverantwoordelijkheid.

3.3 NEDERLAND ALS KRITIEKE GRONDSTOFFEN-HUB VOOR EUROPA

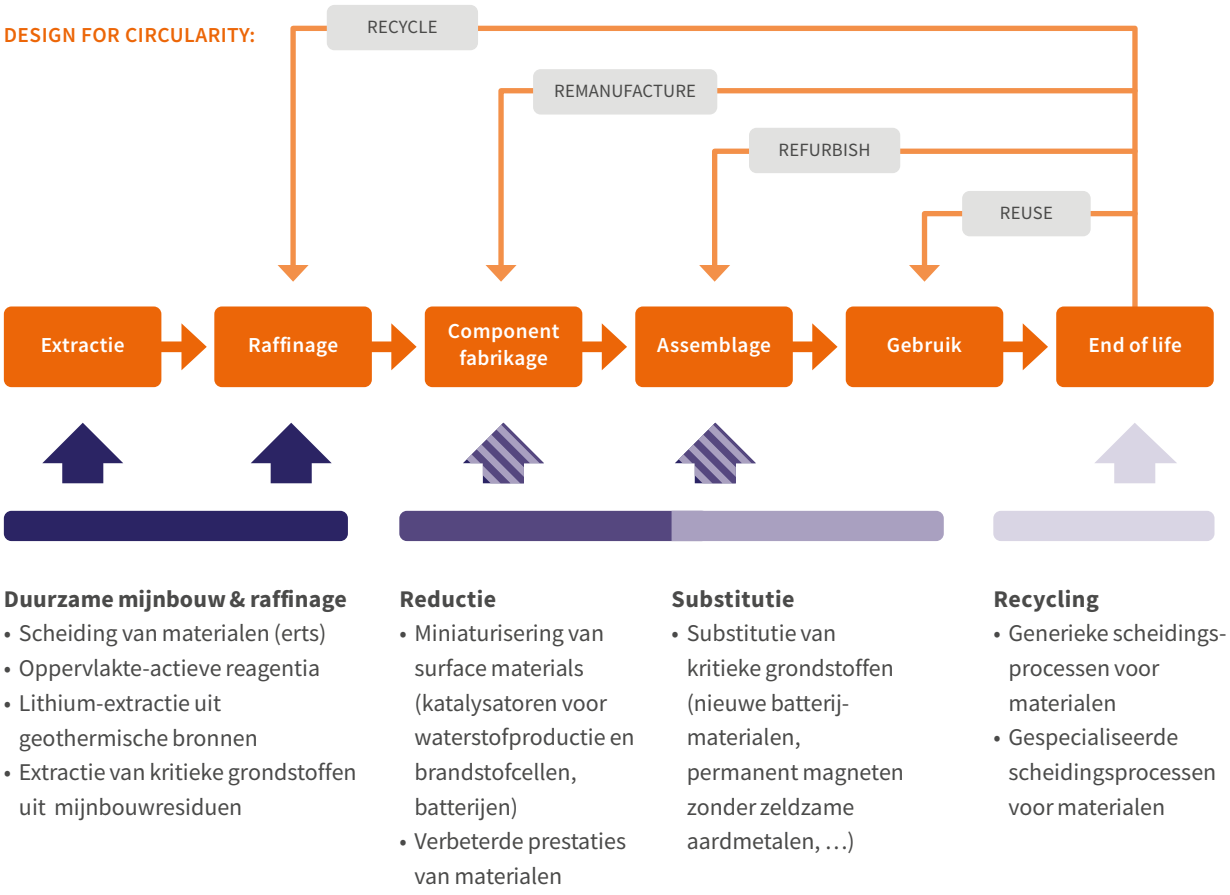
Binnen deze breed opgezette kennisagenda is speciaal aandacht voor de rol die de chemiesector kan spelen om strategische autonomie voor grondstoffen te verbeteren.

Nederland kan zijn kennis van chemie, hightechproducten, logistiek en zijn geografische ligging en infrastructuur benutten voor het opbouwen van (chemische) recycling- en extractiecapaciteit voor materiaalstromen uit import (mijnbouw elders), aangevuld met stromen uit urban mining, en daarmee een onmisbare positie innemen in de genoemde industriële ketens in Europa. Met zijn kennis van chemie en technologie kan Nederland ook bijdragen aan het ontwikkelen van alternatieven voor kritieke grondstoffen (verschillende vormen van substitutie). Nederland kan ook bijdragen aan de verduurzaming van mijnbouw elders (zie afbeelding 4). Zo kan Nederland een 'hub' in Europa worden voor bedrijvigheid rondom kritieke grondstoffen.

Er liggen kansen, maar het is niet vanzelfsprekend dat Nederland deze kan verzilveren:

- We hebben havens en goede logistieke mogelijkheden, maar geen grote historie met mijnbouw en verwerking van metalen anders dan bij Tata Steel en Nyrstar. De mijnbouwopleiding bij de TU Delft is afgebouwd, maar veel wetenschappelijke kennis zit bij die bedrijven en kennisinstellingen die groot zijn geworden in mijnbouw. België kent bijvoorbeeld een sterkere band met deze sector en is ook actief in onderzoek naar herwinning uit mijnbouwresiduen. België kent met Solvay een bedrijf dat een belangrijke speler is op het gebied van chemicaliën voor winning. Daarnaast is er het Belgische bedrijf Umicore voor verwerking van metaal(afval)stromen. Duitsland heeft een sterkere mijnbouwtraditie en metallurgische traditie. Samenwerking met België en Duitsland in ARRRA-verband (Antwerpen-Rotterdam-Rijn-Ruhr-area) ligt daarom voor de hand. Binnen Nederland is het nodig om georganiseerd aan de opbouw van kennis en onderzoekscapaciteit te werken aan universiteiten, hogescholen en instituten.
- De huidige EIT Materials-projecten (kader in hoofdstuk 1) laten nog weinig deelname zien vanuit de chemische sector. Dit geldt wel voor een aantal afval-/recyclingbedrijven en universiteiten die kijken naar terugwinning van kritieke grondstoffen uit (mijnbouw)residuen. Het is belangrijk dat er een ketensamenwerking tot stand komt tussen inzameling, mijnbouw en chemische industrie voor het verbeteren van de processen voor terugwinning. De complexiteit hierbij is dat het gaat om een cocktail aan kritieke grondstoffen die vaak in lage concentraties aanwezig zijn. Daarnaast wegen de opbrengsten tot nu toe niet op tegen de hoge kosten. Het hierdoor bestaande lek aan kritieke grondstoffen moet worden gedicht.
- Mijnbouw vindt in Nederland buiten zoutwinning niet meer plaats. Toch zijn de grote chemische bedrijven ook grote spelers in de productie van chemicaliën die worden gebruikt bij de winning en extractie van metalen. Als er meer behoefte komt aan winning en extractie van kritieke grondstoffen in Europa, dan zullen de processen en hulpchemicaliën moeten worden verduurzaamd. Er is mogelijk een rol voor Nederland weggelegd bij de ontwikkeling van een **circulaire hydrometallurgie** op basis van energiezuinige en hulpbronefficiënte stroomschema's en processen. Zij verbruiken een minimum aan reagentia en produceren zo min mogelijk afval produceren.
- Als Nederland ook in de fysieke zin een 'hub' wordt voor kritieke grondstofhoudende materiaalstromen, dan roept dat vragen op. Namelijk over de effecten op de knooppunten waar logistieke stromen bij elkaar komen. Kunnen en willen we hotspots aanwijzen voor logistiek rond kritieke grondstoffen? Als dit al gewenst is; sommige delen van Nederland zitten nu al vol met logistieke activiteiten. Daar kan geen magazijn meer bij, omdat het stroomnetwerk vol zit.

(Overigens zijn er juist op bedrijventerreinen kansen om netcapaciteit te delen als bedrijven complementaire dagprofielen van energievraag hebben.) Wat betekenen de logistieke knooppunten voor de industrietypen die eromheen liggen? Kunnen hier rondomheen industrieparken worden ontwikkeld? Nederland heeft bijvoorbeeld een sterke handelspositie op het gebied van cacao, thee en koffie. Ook heeft Nederland een flink aandeel in de logistiek daarvan. Hier is veel levensmiddelenindustrie omheen ontwikkeld. Dat zou ook kunnen gebeuren met kritieke grondstoffen.



Afbeelding 4. Overzicht van mogelijkheden voor de chemiesector om bij te dragen aan meer strategische autonomie voor grondstoffen door innovaties in verschillende schakels in de waardeketens voor uiteenlopende producten. Bron: MSG in opdracht van **ChemistryNL**.

3.4 WAARDECREATIE MET KRITIEKE GRONDSTOFFEN: VOORBEELDEN VAN INITIATIEVEN

Hieronder staan enkele voorbeelden van verschillende manieren van waardecreatie met kritieke grondstoffen.

Open mining

Diverse elementen kunnen worden gewonnen uit zeewater en brijn door middel van elektrolyse, waarbij een elektrische stroom door een gesmolten zout wordt geleid. Zo wil het Nederlandse Nobian met behulp van elektrolyse **lithium winnen** uit geothermische brijn in de Rijnvallei. Dit is de grootste lithiumvoorraad in Europa en is in handen is van de Australische firma **Vulcan Energy Resources**. Lithiumchloride in de brijn wordt via elektrolyse omgezet in lithiumhydroxide, dat geschikt is als grondstof voor batterijen. Nobian zal een elektrolyse- en kristallisatiedemonstratie-fabriek bouwen die samen met Vulcan wordt geëxploiteerd. Daarbij wordt ook gekeken naar de inzet van de bijproducten chloor en waterstof. Dit moet de opmaat zijn tot de bouw van een commerciële lithiumfabriek.

Urban mining

Urban mining is het recyclen van waardevolle grondstoffen uit stedelijk afval. Voorbeelden zijn koper, magneten, zeldzame aardmetalen en goud uit e-waste (elektrotechnische apparaten, zoals afgedankte harde schijven). Een tweede voorbeeld is het zodanig ontmantelen van gebouwen dat de materialen uit het gebouw zoveel mogelijk opnieuw toegepast kunnen worden. Of dat deze materialen als grondstof kunnen dienen voor nieuwe producten.
Een ander voorbeeld is **magnesium voor fosfaatterugwinning**. Nedmag in Veendam wint magnesiumzout uit een diepe zoutlaag. Magnesium bindt aan fosfaten. Dit maakt het mogelijk om fosfaten te scheiden uit een fosfaatrijke afvalstroom, zoals afvalwater, rioolslib of mest. Fosfaat is een eindige grondstof, die nodig is voor gewassen, dier en mens. Het wordt gemijnd uit fosfaaterts (fosforiet, opgenomen in de lijst met kritieke grondstoffen) en gebruikt om kunstmest te maken, maar bij het gebruik op het land spoelt veel fosfaat weg. Terugwinning van fosfaat is van groot belang, zodat er ook later voldoende beschikbaar is. Nedmag levert sinds de eerste ontwikkelingen de magnesium voor deze toepassingen.

Herontwerp van producten (Rethink)

Om de behoefte aan kritieke metalen te verminderen kunnen nieuwe productieprocessen of manieren voor levensduurverlenging (resource sufficiency) worden ontwikkeld. Een voorbeeld van het eerste is de vraag naar het kritieke metaal iridium voor Proton Exchange Membrane (PEM) elektrolysers. Dergelijke apparaten produceren waterstof door water te splitsen met een elektrische stroom. De beperkte beschikbaarheid van iridium kan over een jaar of tien de opschaling van elektrolysecapaciteit belemmeren. Voor de levering is de industrie afhankelijk van slechts enkele landen. TNO heeft een proces ontwikkeld waardoor de behoefte aan iridium 200 maal minder is dan in de huidige generatie elektrolysers. Dat wordt bereikt door een methode toe te passen om extreem dunne lagen functionele materialen op grote oppervlakken aan te brengen. Een ultradunne laag iridium wordt als katalysatormateriaal aangebracht op een poreuze transportlaag van titanium. Niet op een membraan, zoals nu gebruikelijk is. Bijkomend voordeel is dat het membraan in de elektrolyser vrij blijft van iridium en daardoor beter gerecycled en herbruikthergebruikt kan worden. Het doel is nu om de werkingsgraad van de elektrolysers te verhogen naar hetzelfde niveau als de gangbare techniek.

Substitutie

Er zijn verschillende vormen van substitutie mogelijk die leiden tot vermindering van de behoefte aan bepaalde grondstoffen. Neem het voorbeeld van grondstoffen in batterijen van elektrische auto's:

- In het productontwerp van de batterij kan gekozen worden voor andere grondstoffen (een andere batterijchemie) of minder van dezelfde grondstoffen (effectievere elektroden).
- In het productontwerp van de auto kan gekozen worden voor kleinere batterijen, of voor het gebruik van een andere technologie zoals brandstofcellen op waterstof in plaats van batterijen.
- In het ontwerp van het transportsysteem kan gekozen worden voor minder auto's en meer fietsen en openbaar vervoer.

Substitutie zal alleen succesvol zijn als het niet of weinig ten koste gaat van de prestaties of functionaliteit van de vervangen grondstof. Enkele **voorbeelden** van substitutie waarbij kritieke grondstoffen worden vervangen door breed beschikbare grondstoffen zijn:

- De helft van het antimoon wordt gebruikt voor vlamvertragers in plastic. Deze vlamvertragers met antimoon kunnen we voor 95% vervangen door andere, vaak ook minder giftige stoffen.
- Zink wordt veel gebruikt voor dakgoten. Zink is te vervangen door kunststof of aluminium.
- Borium wordt veel gebruikt in glaswol. Deze grondstof kan zonder verlies van functionaliteit worden vervangen door steenwol.

Niet voor alle kritieke grondstoffen zijn er substituten, of nog niet. Sommige metalen hebben unieke eigenschappen die nodig zijn voor hoogtechnologische toepassingen. Het is dan zaak om deze grondstoffen voor deze hoogwaardige toepassingen te reserveren en in de keten te houden.

Recycling van batterijen

Bij de verwerking van end-of-life (lithium-ion) batterijen worden in eerste instantie staal, koper, aluminium en plastic afgescheiden en benut door erkende verwerkers. De resulterende 'black mass' kan worden gebruikt voor andere producten en materialen (*downcycling*, bijvoorbeeld in de metallurgische industrie). De black mass kan ook worden verwerkt tot 'precursor'-materiaal om toe te passen in de productie van elektrodes/batterijen ('closing-the-loop').
Kennis van technologie en de industrie is nodig om inzicht te verschaffen in de mogelijkheden en uitdagingen. Het ontwerpen, toepassen en beheersen van deze processen vergt (technologische) kennis van de inkomende stroom end-of-life batterijen. Het is duur (en praktisch onmogelijk) om elke ontvangen batterij te analyseren en classificeren. Een paspoort met technische gegevens biedt uitkomst. Op deze manier kunnen de batterijen het beste gedistribueerd worden in een netwerk met meerdere opties voor verwerking. Zo gaat elke batterij gaat naar de installatie met het beste ontwerp voor een bepaalde samenstelling. Ook de waarde van een end-of-life batterij hangt af van de samenstelling.

Tijdens het recyclingproces worden dus tussenproducten geproduceerd, zoals black mass. Hier zitten de kritieke grondstoffen in. Men kan ervoor kiezen om alleen de black mass te verwerken (ongeveer de helft van de batterij). Plastic, staal, en andere laagwaardigere producten worden dan elders teruggewonnen.

Het doel van alle batterijrecyclers is om 'battery-grade' Li,-, Co,-, Ni,- en Mn-verbindingen te produceren. In de praktijk is dit heel uitdagend en kan er een extra opwerkingsstap nodig zijn. Bijvoorbeeld om van 95% zuiverheid naar een zuiverheid van boven de 99,5% te gaan. Met als doel om closed-loop-recycling te bewerkstelligen. Enkele start-ups richten zich met name op de productie van lithiumverbindingen. Op deze wijze wordt waarde toegevoegd, zodat het label 'afval verwerken' eigenlijk niet meer van toepassing is.

Diverse bedrijven hebben ambities om zo batterijen te recyclen. Een voorbeeld is Future Recycling Technologies uit Zeewolde, dat batterijen verkleint en materialen sorteert voor de terugwinning van kritieke materialen. **Refurb Battery** uit Rijsbergen hergebruikt cellen uit fietsbatterijen in energieopslagsystemen. En het Canadese bedrijf **Solumet** (opgericht door een Nederlander) zoekt mogelijkheden om de recycling van afval uit de staalindustrie uit te breiden met batterijrecycling.

Verwerking van lithium

Nederland is goed gepositioneerd om een belangrijke rol te spelen in de productieketen voor batterijen. Zeker drie afzonderlijke partijen hebben de ambitie uitgesproken om in Nederland ruwe lithium te raffineren naar battery-grade lithiumhydroxide en andere verbindingen. Een dergelijke fabriek zou importstromen van ruwe lithium verwerken tot grondstoffen voor Europese batterij-gigafactories. Zo wordt Europa minder afhankelijk van Chinese fabrikanten van lithiumionbatterijen. Lithiumverbindingen worden ook toegepast in de productie van rubber voor banden, farmacie, keramische materialen en industriële koelinstallaties. Lithiumgrondstof kan verkregen worden uit landen als Chili en Australië waar grote winbare voorraden zijn.

Key

Economically viable destinations of complex resources and materials, designed functional material combinations, scrap, residues, etc., to metallurgical processing infrastructure (each segment) to produce refined metals, high-quality compounds, and alloys in the best available technology.

R **Mainly recovered element**
Compatible with the base metal as an alloying element or can be recovered in subsequent processing.

R/L **Recovered in alloy/compound or lost if in the incorrect stream/scrap/module**
Governed by functionality, if not detrimental to base metal or product (e.g., if refractory metals in EoL product report to slag, and slag is also intermediate product for cement).

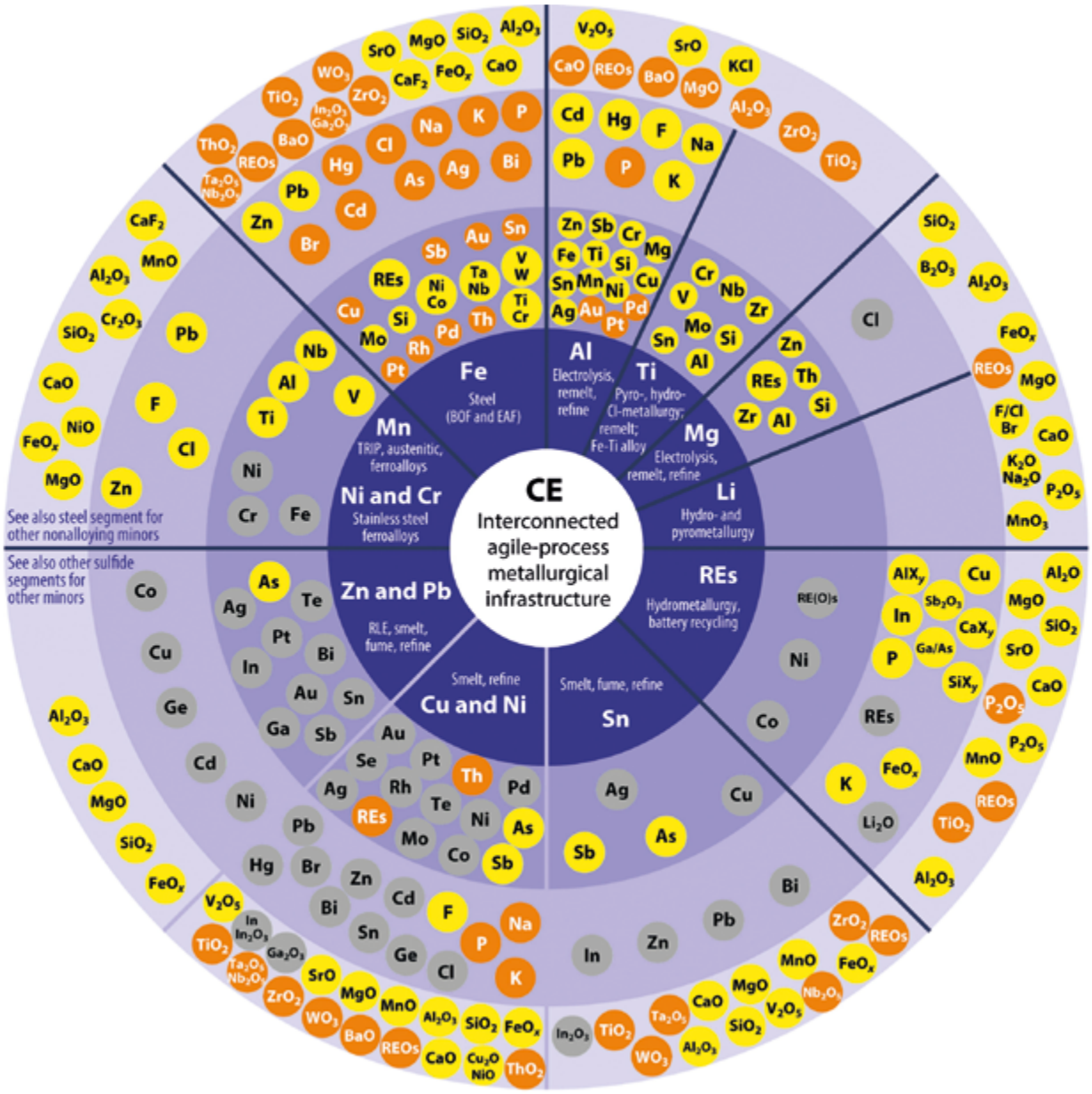
L **Mainly lost element: not always compatible with base metal or product**
Detrimental to properties and cannot be economically recovered; e.g., Au dissolved in steel or aluminum will be lost.

CE's agile base metal processing infrastructure
Extractive metallurgy's backbone, the enabler of a CE as it also recovers technology elements used, e.g., in renewable energy infrastructure, IoT, and eMobility, etc.

Dissolves primarily in base metal if metallic (mainly pyrometallurgy and smelting route)
Valuable elements recovered or dissipatively lost (metallic, speiss, compounds, and alloys in EoL also determine the destination). Linked hydro- and pyrometallurgical infrastructure determines percent recovery.

Compounds primarily to dust, slime, speiss (mainly hydrometallurgy and refining route)
Collectors of valuable minor elements as, e.g., oxides, sulfates, and chlorides, and mainly recovered in appropriate predominantly hydro-metallurgical infrastructure if economical. Often separate infrastructure.

Primarily lost to benign, lower-value building material products; also contributing to dissipative loss
Relatively lower value but an inevitable part of society and material processing. A sink for metals and loss from the CE system as oxides/compounds. Usually linked but separate infrastructure.



Afbeelding 5. Het 'metal wheel': overzicht van voorkomens van diverse bijproductmetalen in ertsen van dragermetalen. Hoe verder een bijproductmetaal staat vanaf het middelpunt, hoe kleiner de opbrengst ervan is bij de winning van het dragermetaal. Als het percentage niet bekend is staan de bijproductmetalen in de buitenste ring. Bron: **Reuter, Markus A., et al. 'Challenges of the circular economy: a material, metallurgical, and product design perspective.'** ***Annual Review of Materials Research 49 (2019): 253-274.***[6]

6. Zie ook UNEP, IRP. Metal recycling: Opportunities, limits, infrastructure. A report of the working group on the global metal flows to the international resource panel (2013). Download report: **https://www.resourcepanel.org/reports/metal-recycling**

Winning van kritieke metalen bij verwerking van zink en lood

Nyrstar is een internationale producent van mineralen en metalen. De mijnbouw, smeltprocessen en andere activiteiten van het bedrijf vinden plaats in Europa, de VS en Australië. De zinksmelter in Budel (Noord-Brabant) produceert essentiële mineralen en metalen voor de productie van windmolens, batterijen, zonneparken en elektrische auto's. In Australië en Duitsland produceert Nyrstar ook lood. Het wereldwijde hoofdkantoor is gevestigd bij de fabriek in Budel.
Zink en lood – Nyrstar produceert in Australië en Duitsland ook lood - zijn belangrijke 'carrier metals' voor een scala aan kritieke metalen. In het 'metal wheel' (afbeelding 5) staat weergegeven welke metalen samenhangen met de zink- en loodproducten. De mineralen en metalen die Nyrstar (afhankelijk van de bron van de ertsen) kan winnen, vallen binnen de taartpunt van Zn en Pb. In de zink- en loodconcentraten die Nyrstar in Europa verwerkt en verwaardt, bevinden zich germanium, antimoon, bismut, tin en mangaan. In Frankrijk produceert Nyrstar al indium uit zinkconcentraten.

Nyrstar ziet kansen voor het verder ontwikkelen van de lokale productie van een aantal van de eerdergenoemde kritieke mineralen en metalen in de feeds. Ook ziet Nyrstar kansen om de circulariteit van dit soort metalen te verhogen. Daartoe wil het bedrijf investeren in 'Metal Recovery Facilities' op de locaties van haar Europese vestigingen, waaronder de zinksmelter in Budel. Naast directe verwaarding vanuit de primaire feeds kunnen deze installaties ook een bijdrage leveren aan recycling - of 'urban mining' - van waardevolle mineralen en metalen. Nyrstar kan zink- en loodhoudende nevenstromen van derden (uit de recycling van e-waste of batterijen) en andere metallurgische processen bijmengen in de feeds voor de Metal Recovery Facilities. Door de grote schaal van haar operaties kan Nyrstar deze nevenstromen op een efficiënte wijze valoriseren. Hiermee kan Nyrstar bijdragen aan het opwaarderen van kleine reststromen tot een waardevolle 'non-waste'.

Het bedrijf werkt aan de business cases voor deze essentiële materialen en het definiëren van mogelijke toekomstige flow sheets. Om dit soort aanvullende productie te kunnen verwezenlijken, zijn forse investeringen nodig, en efficiënte vergunningstrajecten noodzakelijk. De feeds met het hoogste gehalte aan de gezochte mineralen dienen te worden zeker gesteld. Aangezien het gaat om energie-intensieve installaties is een gelijk speelveld binnen Europa nodig, met name met betrekking tot energiekosten.

H4

Hoofdstuk 4
Hoe verder?

De hier voorgestelde nationale kennisagenda strategische autonomie voor grondstoffen brengt in de breedte de relevante kennisvragen samen, vanuit uiteenlopende wetenschappelijke en technologische disciplines. Het vorige hoofdstuk vat de hoofdlijnen hiervan samen, en de volledige oogst staat in de bijlage. Hierbij is ook voor veel kennisvragen aangegeven welke onderzoeken al gedaan zijn of lopen. Dit overzicht is wellicht niet compleet, en is ook op sommige aspecten deels een momentopname. De agenda moet gezien worden als een levende of rollende agenda: kennis blijft zich altijd ontwikkelen omdat de wereld in beweging blijft. Elk inzicht leidt tot nieuwe kennisvragen.

Deze kennisagenda legt de basis voor de uitwerking van een programmatische aanpak vanuit de topsector Chemie, in goede samenwerking met andere topsectoren en betrokken ministeries. De eerste stap is gezet om de collectieve kennisbasis bij wetenschap, bedrijfsleven en overheid rond dit onderwerp te vergroten. De volgende stap is het programmeren van onderzoek en innovatie. Belangrijke onderdelen van die programmatische aanpak moeten zijn:

- Aanleggen van data en informatie waarmee politiek en bestuur betere beslissingen kunnen nemen om open strategische autonomie te waarborgen.
- Bijdragen aan kennis voor beleidsvorming op het gebied van strategische autonomie, economische veiligheid en strategische geopolitieke diplomatie.
- Afstemmen van procedures en programma's (Kennis- en Innovatieconvenant, Groeifonds, Klimaatfonds, InvestNL, kabinetsbesluiten etc.). Deze maken het bijvoorbeeld mogelijk om kleine, directe en voorwaarden-arme publieke investeringen te doen in start-ups, scale-ups en industriële projecten.
- Financieel aantrekkelijk maken van investeringen in primaire en secundaire productieketens voor kritieke grondstoffen in de EU.
- Wegnemen van wettelijke barrières voor circulaire economie in Nederland en Europa.
- Vergroten van maatschappelijk draagvlak onder de bevolking door directe en onweerlegbare voordelen te verkondigen van investeringen in de grondstofketen, namelijk prijscompensatie (beheersing van productprijzen), werkgelegenheid, etc.
- Opleiden van mensen op alle niveau's (Human Capital Agenda).

Naast de in het overzicht in de bijlage genoemde onderzoeken zijn er aanzetten voor nieuwe initiatieven:

- Onderzoek-, ontwikkeling- en innovatieprojecten over strategische autonomie van materialen en resilience van de economie en maatschappij passen binnen de doelstelling van het **Nationaal Groeifonds**. Partijen uit de chemiesector willen een projectvoorstel ontwikkelen voor de vierde ronde van het Groeifonds, waarvoor in het najaar van 2024 projectvoorstellen kunnen worden ingediend. Het Groeifonds is ingesteld voor gerichte investeringen op twee terreinen waar de meeste kansen aanwezig zijn voor structurele en duurzame economische groei, namelijk Kennisontwikkeling en Onderzoek, ontwikkeling en innovatie. Tussen 2021 en 2025 trekt het kabinet € 20 miljard uit voor Groeifondsprojecten.

- In een aantal Groeifondsaanvragen die in de derde ronde zijn gehonoreerd zijn al eerste contouren zichtbaar van thema's die in deze kennisagenda geadresseerd worden, zoals raffinage van lithium in Nederland en onderzoek naar vervangende materialen. Dit betreft de aanvragen **Circular Batteries** en **Circular Zonnepanelen**. Het project **Biobased Circular** richt zich op biogrondstoffen.
- Het ministerie van EZK heeft opdracht gegeven om het Meerjarige Missiegedreven Innovatie Programma (MMIP) voor non-ferromaterialen om te schrijven naar een MMIP voor kritieke materialen en onderzoek te doen naar de mogelijkheden van Urban Mining in Nederland. Het is de bedoeling dat het nieuwe MMIP wordt gebruikt voor programmering van onderzoeks- en innovatieactiviteiten bij NWO en RVO. Het MMIP voor non-ferromaterialen was onderdeel van **MMIP 6 Sluiting van industriële ketens** dat zich richt op de benodigde innovaties voor het sluiten van industriële grondstof/materiaalketens in de industrie.
- Strategische autonomie voor grondstoffen vraagt onder meer om een versterking en deels herontwerp van bestaande supply chains, met als doel om te zorgen voor een betrouwbare toelevering van benodigde grondstoffen voor de Nederlandse en Europese economie. De mogelijkheid bestaat om vanuit **TKI Dinalog** calls-for-tenders te organiseren voor onderzoeksvoorstellen op dit terrein. TKI Dinalog is het topconsortium kennis en innovatie waarin bedrijven, kennisinstellingen en overheid werken aan het innovatieprogramma van de Topsector Logistiek.

Deze agenda moet de krachten bundelen om tot gezamenlijke programma's te komen die de urgentie en kansen voor de grondstoffenstrategie 'materialiseren'. ChemistryNL (*topsector Chemie*) en het MaterialenNL Platform zullen als initiatiefnemers van deze kennisagenda zich ook inzetten om deze en andere initiatieven verder te ontwikkelen en te ondersteunen, samen met andere topsectoren zoals HTSM, Energie en Logistiek, en de ministeries van Economische Zaken en Klimaat, Infrastructuur en Waterstaat, Defensie en Onderwijs, Cultuur en Wetenschap.

B

Bijlage
Kennisvragen rond strategische autonomie voor grondstoffen

1. Hoe zijn de kennisvragen verzameld?
Op initiatief van ChemistryNL en het MaterialenNL Platform is in het najaar van 2022 een kernteam gestart met de ontwikkeling van de nationale kennisagenda MaterialenNL Strategic Autonomy. Dit heeft geresulteerd in een tweetal succesvolle workshops op 10 en 14 februari 2023, waarin ruim honderd vertegenwoordigers uit het bedrijfsleven, de onderzoekswereld en de overheid hun input hebben gegeven voor de ontwikkeling van deze kennisagenda.

De opgehaalde vragen zijn geordend en vervolgens aan de deelnemers toegestuurd met het verzoek om hierop te reageren:

- Kon men zich vinden in deze ordening?
- Ontbraken er nog (sub)thema's en vragen?
- Waren de gestelde vragen helder en specifiek genoeg, konden ze scherper worden geformuleerd?
- Welke vragen zijn al beantwoord in gedane onderzoeken, of zijn onderwerp van lopende onderzoeksprojecten?
- Bij openstaande vragen: wie kan/wil hier aan werken? Dat kunnen specifieke onderzoeksgroepen zijn of kan eventueel in algemene termen blijven zoals 'de industrie'.
- Welke onderzoeksprogramma's of organisaties kunnen dergelijk onderzoek ondersteunen?
- Welke vragen moeten prioriteit krijgen?

Input is ook gevraagd aan deelnemers van een bijeenkomst over kritieke grondstoffen van de VNCI op 6 juni, en er is input ontvangen uit een workshop tijdens het **4th DAN-CE event** op TU Delft. Dit is een jaarlijkse netwerkbijeenkomst voor onderzoekers van circulaire economie van alle Nederlandse universiteiten samen met andere belangstellenden. Ten slotte is de lijst kennisvragen nog door een groep wetenschappers onder de loep genomen in een sessie die door NWO is georganiseerd op 13 juli. In deze bijlage staat het eindresultaat van de hele exercitie.

Grondstoffen: een breed en veelzijdig thema
De winning, handel en gebruik van grondstoffen is verbonden met:

- economische vraagstukken, zoals beschikbaarheid, toegankelijkheid en prijs;
- sociale, ethische en juridische vraagstukken, zoals mensenrechten, uitbuiting en armoede;
- politieke vraagstukken, zoals governance, strategisch gebruik van grondstoffen voor politieke doelen en samenwerking met ontwikkelingslanden;
- technische vraagstukken, zoals technieken voor grondstoffenwinning en karakteriseren en scheiden van materialen;
- veiligheidsvraagstukken, zoals instabiliteit die oorzaak en gevolg van door schaarste is;
- milieuvraagstukken, zoals vervuiling en verlies van biodiversiteit.

De in deze bijlage gepresenteerde kennisvragen weerspiegelen zoveel mogelijk deze breedte en veelzijdigheid. Kennis blijft zich echter altijd ontwikkelen omdat de wereld in beweging blijft. Elk inzicht leidt tot nieuwe kennisvragen.

2. De kennisvragen

De gekozen indeling is in vier hoofdthema's:

A. Inzicht in productieketens, materiaalstromen, leveringsrisico's en effecten op economie en maatschappij
B. Techniek, industrie en waardecreatie
C. Competentieopbouw
D. Governance, gedrag en ketenverantwoordelijkheid.

A. INZICHT IN PRODUCTIEKETENS, MATERIAALSTROMEN, LEVERINGSRISICO'S EN EFFECTEN OP ECONOMIE EN MAATSCHAPPIJ

Probleem / oplossingsrichting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
Opstellen van breed gedeelde definities en scope	• Voor beter begrip van posities en mogelijkheden is belangrijk dat dezelfde definities worden gehanteerd. Bijvoorbeeld: wat verstaan we onder kritieke en strategische grondstoffen: wanneer is een grondstof kritiek? • Wat verstaan we onder strategische autonomie? Op welk schaalniveau zien we dit: EU, Nederland, regionaal? Is er verschil per materiaal op welk schaalniveau?	
Inzicht in behoefte, herkomst en duurzaamheid van kritieke en strategische materialen en productieprocessen vergroten	• Welke kritieke grondstoffen hebben we in eigen land/Europa? Wat zit er in de ondergrond en wat kunnen we nog verwachten te vinden bij verdere exploratie? • Welke materiaalstromen zijn er in, naar, door en buiten Nederland, EU en in de wereld, in welke volumes, via welke routes en knooppunten? Betreft het ruwe grondstoffen, bewerkte materialen, halffabricaten, componenten, eindproducten? • Wat is er straks (in de gewenste situatie) nodig, na substitutie, hergebruik, recycling etc.? Wat is er dan belangrijk voor strategische autonomie? • Hoe kunnen we inzicht krijgen waar de kritieke materialen inzitten (in hoge concentratie)? Vaak zitten ze op andere materialen of in de metaalfractie en daar kan je ze nauwelijks uithalen. • Hoe kun je de herkomst van materialen, waaronder urban sources, beter in kaart brengen en modelleren? Hoe kun je weten hoe jouw reststromen door een ander benut kunnen worden?	• Het Europese project **SCRREEN** geeft voor de kritieke grondstoffen op de Europese lijst factsheets met informatie over de markt, vraag en aanbod, Environmental, Social and Governance-aspecten. Universiteit Leiden neemt deel in het consortium. • Met behulp van de **Grondstoffenscanner**, een gezamenlijk initiatief van het ministerie van EZK, Koninklijke Metaalunie en FME, kunnen ondernemers en ontwerpers de leveringszekerheid in hun materiaalketen onderzoeken. Als je de kritieke grondstoffen in je producten hebt opgezocht krijg je een factsheet met specifieke karakteristieken van de grondstof, zoals waar ze vandaan komen en het risicoprofiel per materiaal (economische risico's, maar ook om milieu- en maatschappelijke risico's, bijvoorbeeld rond mensenrechten). • De bron voor de materialen die in de Grondstoffenscanner staan, is de database 'ecoinvent'. Ecoinvent is een vereniging zonder winstoogmerk.

> vervolg van tabel

	• Hoe kun je kwantitatief ketens gaan vergelijken? Is het mogelijk een KPI voor de kwaliteit van de keten te formuleren? En vervolgens te standaardiseren? (Hoe) kan een materialenpaspoort hierbij helpen? (Zie ook bij 'standaardisatie'.) • Hoe kan meer inzicht worden verkregen in hoe goed/slecht het huidige productieproces is en hoe dat richting design-for-recycling kan worden aangepast? • Hoe kunnen we 'situational awareness' bevorderen? Er is in de ketens kennis over het 'umfeld' nodig, die verder gaat dan kosteninformatie. • Wat is de impact van verschillende energietransitiepaden op de toevoer, leveringszekerheid en mate van kritikaliteit van kritieke grondstoffen? Als de beschikbaarheid van kritieke grondstoffen een harde systeemgrens is, wat is dan de resterende keuzeruimte voor verschillende ontwerpen van het energiesysteem? • Wat is het potentieel van verschillende patronen van energieconsumptie om de vraag naar kritieke grondstoffen te verminderen?	• TNO ontwikkelde voor het ministerie van Buitenlandse Zaken een methodiek voor het in kaart brengen van wereldwijde leveringsketens. De methodiek is getoetst aan twintig productgroepen waaronder chemische basisproducten, een geneesmiddel en batterijmaterialen. • Project **LogiCELL** (Logistics in the Circular Economy Living Lab, Topsector Logistiek met IenW-middelen) onderzoekt netwerken van reverse logistieke stromen (o.a. in relatie tot urban mining). • In opdracht van ChemistryNL heeft **TNO** een rekentool ontwikkeld waarin voor diverse voor de energietransitie benodigde technologieën is gekeken naar de leveringsrisico's van benodigde grondstoffen. Per technologie is de 'kritieke materialen intensiteit' in massa per geïnstalleerd vermogen bepaald voor o.a. windturbines en zonnepanelen.

> vervolg van tabel

Inzicht vergroten in kritieke en strategische toevoerketens en materiaalstromen	• Wat zijn de strategische toevoerketens voor Nederland en Europa? Wat bepaalt of een keten als strategisch geldt? In hoeverre wordt dit bepaald door de actualiteit? • Wat zijn belangrijke materiaalstromen voor Nederland en Europa en welke kwetsbaarheden zitten daarin? Hoe kunnen we stress in ketens testen? • Hoe kunnen bedrijven worden geholpen om hun kwetsbaarheden in de ketens te identificeren en adresseren? • Vragen die onderdeel zijn van de methodiek voor risicobeoordeling door HCSS (kolom rechts): • Leveringszekerheid op korte termijn: - Leveranciersdiversiteit: in welke mate heeft het materiaal een gediversifieerde leveranciersbasis? - Supply chain bottlenecks: In hoeverre zijn er (potentiële) bottlenecks in de supply chain? - Substituten: kan het materiaal worden vervangen in tijden van leveringsonderbrekingen? • Hoe groot zijn de wereldwijde (absolute en economisch winbare) reserves van kritieke en strategische grondstoffen evenals de in producten opgeslagen en recyclebare/herwinbare voorraden ('resources')? • Geopolitieke uitdagingen: - Stabiliteit. In welke mate zijn de belangrijkste leveranciers stabiele landen? - Betrouwbaarheid. In welke mate zijn de belangrijkste leveranciers betrouwbare partners? - Geopolitieke problemen tussen Europa en leveranciers. - In hoeverre zijn/kunnen er geopolitieke problemen zijn tussen Europa en het leveranciersland die de levering van materialen verhinderen? • Omdat omstandigheden in de wereld continu veranderen is het van belang om deze risicobeoordeling permanent uit te blijven voeren (monitoring) voor elke sector of bedrijfstak.	• Hier wordt al veel aan gedaan in het kader van internationaal MVO (IMVO). Niet alleen via CSRD-wetgeving, maar ook via convenanten en expertisecentra. Zie bijvoorbeeld het **IMVO-steunpunt voor bedrijven** bij RVO en de **IMVO-activiteiten bij de SER**. • De 'geologische' reserves en resources zijn goed bekend en worden jaarlijks **bijgewerkt**, maar er is een kennislacune als het gaat om de voorraden die nu besloten liggen in producten en beschikbaar kunnen komen in een circulaire economie. • HCSS heeft een methodiek ontwikkeld om de leveringszekerheids- en geopolitieke risico's van grondstoffen voor sectoren en bedrijfstakken te bepalen. Deze risicobeoordeling meet de impact en waarschijnlijkheid van verstoringen in de toeleveringsketen. Waarschijnlijkheid wordt ingeschat door te kijken naar de veiligheid van de toeleveringsketen op lange en korte termijn en naar geopolitieke risico's waaraan materialen onderhevig zijn. Impact wordt gewogen als de frequentie waarmee materialen worden gebruikt in bepaalde toepassingen, d.w.z. in hoeveel toepassingen een materiaal wordt gebruikt. Ten slotte leidt de risicobeoordeling tot de indeling van de materialen in vier categorieën: 1) Zeer risicovolle materialen; 2) Risicovolle materialen; 3) Middelgrote risicomaterialen; 4) Materialen met een laag risico.

> vervolg van tabel

Opstellen van digitale productpaspoorten om inzicht in samenstelling van materialen te bieden	• Hoe kan een universeel bruikbaar (voor consumenten en ketenpartijen) paspoort worden gestandaardiseerd dat eenvoudig weergeeft uit welke materialen een voorwerp of bouwwerk is opgebouwd, waaronder eventuele schadelijke stoffen? • Hoe zorg je dat dit paspoort ook gelezen en toegepast wordt (awareness), zodat het geen handleiding is die de la in gaat? • Hoe kunnen materiaalstromen worden inzichtelijk gemaakt, beheerd en getraceerd door middel van digitale technologieën en ontwikkelingen zoals Blockchain, Artificial Intelligence en Digital Twins? • Welke digitale infrastructuur is nodig voor het beheren en traceren van deze materiaalstromen en voor het delen van deze data, in bijvoorbeeld Cloud oplossingen, gebruik makend van algoritmen? • Op welke wijze kan digitale veiligheid daarbij worden gegarandeerd?	• Bij het ontwikkelen van een digitaal productpaspoort moet direct worden ingespeeld op de omvangrijke en wereldomvattende ontwikkelingen in markten en onderzoeksinitiatieven. Er kan worden geleerd van de ervaringen met toepassing van het **materialenpaspoort** in de bouw. Rond materialenpaspoorten wordt ook veel ontwikkeld in EU-verband.

B. TECHNIEK, INDUSTRIE EN WAARDECREATIE

B1. (Her)ontwerp en standaarden

Probleem / oplossingsrichting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
(Her)ontwerp volgens de R-ladder van strategieën voor circulariteit: productontwerp	• Hoe kunnen we grondstoffengebruik (en energiegebruik) in absolute zin verlagen (dus niet slechts ontkoppelen van economische groei, wat in de praktijk niet tot significantie reducties lijkt te leiden)? Waar zitten dit technische oplossingen, maatschappelijk, en rondom productontwerp?	• Zie voor meer informatie over de R-ladder van **strategieën voor circulariteit** bijvoorbeeld de website van RVO.
(Her)ontwerp volgens de R-ladder van strategieën voor circulariteit: R1. Refuse en Rethink en R2. Reduce	• Hoe ontwerp je producten en bijbehorende business modellen voor 'refuse' en 'rethink' (bijvoorbeeld gericht op levensduurverlenging van producten - resource sufficiency)? • Hoe kan multifunctionaliteit leiden tot verminderde behoefte aan kritieke grondstoffen? • Hoe kan de materiaalbehoefte worden verminderd door miniaturiseren van oppervlaktematerialen (katalysatoren voor waterstofproductie, brandstofcellen, batterijen), nieuwe concepten en verbetering van de prestaties van het material? • Welk effect hebben R1 en R2-strategieën op onze strategische autonomie en het Nederlandse bedrijfsleven? Welke banen, bedrijven en sectoren ondervinden positieve of negatieve impact van R1 en R2- strategieën?	• De **adviesroute** van de transitieagenda consumptiegoederen gaat hier op in.

> vervolg van tabel

(Her)ontwerp volgens de R-ladder van strategieën voor circulariteit: R3. Re-use en R4. Repair, Refurbish, Remanufacture en Repurpose	• Er zijn verschillende design strategieën, die elk een geheel andere aanpak nodig hebben: Design-for- Re-use, Design-for-Repair, Design-for-Remanufacturing/refurbishing, Design-for-product life extension. Voor elk van deze strategieën zijn de volgende vragen relevant: • Voor welke producten en sectoren is de ontwerpstrategie het beste toepasbaar? Wat zou de bijdrage hiervan kunnen zijn aan de CE-doelstellingen en hoe kunnen we dit concreet uitvoeren? Hoe ontwerp je producten en bijbehorende business modellen voor deze ontwerpstrategieën?	• Een bestaand initiatief is het **Nationaal Reparateursregister** van Techniek Nederland en het Ministerie van IenW i.s.m. Centraal Register Techniek. Op basis van bestaande kwaliteitsregelingen voor reparatie van elektrotechnische producten is een register van bedrijven opgezet die voldoen aan kwaliteitseisen op het gebied van bedrijfsorganisatie/ processen en vakbekwaamheid.
(Her)ontwerp volgens de R-ladder van strategieën voor circulariteit: R5. Recycling en R6. Recover	• Hoe kan bij het ontwerp of keuze van diverse materialen rekening worden gehouden met principes van Design for recyclability? • Kunnen we materiaalsamenstelling optimaliseren voor recycling? Dit vereist het definiëren van kwaliteit van het recyclaat en de vraag hoe deze kwaliteit wordt bewaakt. • Hoe kunnen we productieprocessen optimaliseren of herontwerpen om materialen beter herbruikbaar en recyclebaar te maken? • Bij welke producten en economische sectoren zouden we moeten focussen op het ontwerpen voor lange levensduur, en bij welke sectoren is een lange levensduur niet haalbaar en moeten we juist focussen op design strategieën voor kortstondig gebruik?	• Op het onderwerp materiaalsamenstelling optimaliseren voor recycling is binnen Hogeschool Rotterdam i. sm. CoE HRTech een onderzoekslijn gestart. Het vraagstuk komt terug in het Urban Mining project van HR en onderzoek naar (bio) chemische recyclingmechanismen voor kunststoffen.

> vervolg van tabel

Match tussen kritieke grondstoffen en nieuwe supply chains	• Stromen van kritieke grondstoffen zullen ontwikkeld (moeten) worden in de nieuwe context van open loop supply chains en handelsstructuren (productietechnisch, juridisch, ruimtelijk, qua informatie etc.). Hoe haalbaar is de match tussen kritieke grondstoffen en de nieuwe supply chains? Is het bereiken van deze match stuurbaar?	
Internationale standaarden nastreven die passen bij Nederlandse/EU-belangen	• Hoe ziet een Nederlandse strategie voor standaardisering in het veld van kritieke grondstoffen eruit? • Hoe kan samenwerking binnen het NEN-partnerschap worden versterkt om doelstellingen en ambities af te stemmen? • Hoe kan Nederland optrekken met andere (EU)-landen, in publiek-private samenwerking met industriële bondgenootschappen en met standaardisatieorganisatie CEN-CENELEC om de Chinese invloed in standaardiseringsgremia tegen te gaan? • Hoe kunnen de regelgevingsbevoegdheden van de EU worden gebruikt om striktere nationale standaarden vast te leggen?	• HCSS toont dat **China standaardisering** nastreeft in lijn met haar belangen. China's quasi-monopolie in de winning van kritieke grondstoffen en de ontwikkeling van aanverwante technologieën leidt ertoe dat de in dat land ingevoerde normen de factor internationaal worden vastgesteld. Bedrijven en agentschappen die China vertegenwoordigen in internationale organisaties worden gestimuleerd om China's strategische doelstellingen te realiseren.
Opstellen van (dynamische) kwaliteitsnormen in de markt	• Er zijn veel standaarden die weinig worden toegepast. Welke standaarden zijn goed om te gebruiken om te stimuleren dat partijen het steeds (iets) beter doen? Welke standaarden werken juist belemmerend voor circulaire economie? • Hoe zorg je dat de normstelling steeds scherper wordt de juiste richting in naarmate de technische mogelijkheden toenemen (dynamische normstelling)?	• De EU beoogt dynamische normstelling met het voorstel **ecodesign regulation**.

B2. Open mining

Probleem / oplossingsrichting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
Nieuwe mijnbouwlocaties in Europa ontwikkelen	• Is uitbreiding van mijnbouw in Europa mogelijk (uit sociaal oogpunt)? Wat is ervoor nodig om te accepteren dat het wel gebeurt in je achtertuin? • Kan Nederlandse industrie bijdragen aan winning elders in Europa door levering van kennis, mijnbouwchemicaliën (oppervlakte-actieve stoffen), aangaan van partnerships en financiering? • Kan lithium worden gewonnen uit geothermische bronnen (brijn) in samenhang met energiewinning uit deze bronnen? • Kunnen kritieke grondstoffen worden gewonnen uit mijnafval?	
Verduurzaming van chemicaliën voor mijnbouw en extractie	• De grote chemische bedrijven zijn ook vrijwel alle grote spelers in de productie van chemicaliën die worden gebruikt bij de winning en extractie van metalen. Zien we nu in de toekomst dat juist door meer winning hier meer vraag komt vooraan in de keten en dat deze processen en hulpchemicaliën moeten worden verduurzaamd? En is daar een rol vanuit Nederland voor weggelegd?	

B3. Substitutie

Probleem / oplossingsrichting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
Resilience vergroten door diversiteit: inventarisatie van beschikbaarheid en toepassingen van alternatieve materialen	• Is voor kritieke grondstoffen en materialen bekend welke alternatieven er zijn en hoe we die beschikbaar kunnen krijgen en toepassen? Bijvoorbeeld voor nieuwe batterijconcepten, magneten zonder zeldzame aardemetalen. • Kunnen we alternatieve bronnen vinden dan wel faciliteren dat ze gevonden kunnen worden? Zijn de alternatieven schaalbaar? • Is van de huidige toegepaste materialen in gebruiksvoorwerpen voldoende bekend wat hun functionaliteit bepaalt en of andere materialen deze functionaliteit ook kunnen bieden (bijvoorbeeld goud in smartphones)? • Hoe kunnen we er voor zorgen dat voor kritieke materialen substituten beschikbaar zijn die kunnen worden toegepast op tijdschaal van een te verwachten disruptie, zonder dat de kosten voor het onderhouden van die substitutiecapaciteit onacceptabel hoog wordt?	
Nieuwe materialen of principes vinden of aanpassen door te leren van de natuur	• In hoeverre kan technologie ons helpen om te denken zoals de natuur? Bijvoorbeeld een AI-programma dat simuleert hoe de natuur in elkaar zit en zoekt naar vergelijkbare problemen in de natuur en bijbehorende oplossing (bio-inspired ontwerpen met technologie). Hoe kan dit vervolgens worden gecombineerd met robotisering?	

B4. Recycling en extractie

Probleem / oplossingsrichting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
Karakteriseren en scheiden	• Hoe kunnen we in de dagelijkse praktijk materialen in afvalstromen identificeren en karakteriseren met een technische analyse (visueel, maar ook XRF, XRD, etc.) en massabalans? Welke metalen, verbindingen, plastics, etc. zitten er in bijv. een Li-ion batterij? Op welke manier is het product samengesteld en kunnen de waardevolle materialen vrijgemaakt worden om ze vervolgens te scheiden? Met welke technieken, handmatig, mechanisch, fysisch, chemisch? • In hoeverre helpt het samenstellen van materialenpaspoorten de recyclebedrijven om materialenstromen effectiever en efficiënter te recyclen? Kan dit betrouwbaar genoeg zijn? • Hoe kunnen we kritieke en strategische materialen beter scheiden uit bijvoorbeeld legeringen (hogere opbrengst, lager energiegebruik)? • Hoe kunnen we zeker stellen dat recycling niet leidt tot downcyclen (zorgen dat de materiaalwaarde behouden blijft)? • Hoe zorgen we voor extractie van alle materialen in recycling? Nu worden veelal alleen de economisch waardevolle materialen gewonnen uit de gemengde afvalstromen die een verwerkingsinstallatie ontvangt, en de rest wordt verbrand of gestort.	• Op het gebied van hydro- en pyrometallurgie (het bewerken van metaalerts en metaalschroot zodanig dat hieruit metalen kunnen worden gewonnen, respectievelijk in waterig milieu en door smelten) is en wordt er al veel onderzoek gedaan en is er veel knowhow. Het is dus niet nodig om vanaf een soort nul positie te beginnen en alles nieuw te inventariseren. • Identificeren van materialen in afvalstromen is onderzoeks-thema bij Hogeschool Rotterdam, instituut EAS, opleiding chemie i.s.m. CoE Hrtech voor kunststoffen en e-waste. Scheiden van kritieke grondstoffen uit legeringen wordt onderzocht in de onderzoekslijn Urban Mining. • Mechanische scheiding gebeurt in de onderzoeks-groep van TU Delft, Resources & Recycling (Peter Rem).
Urban mining	• Uit welke afvalstromen kunnen kritieke grondstoffen gewonnen worden, zoals e-waste, sloopafval, industriële afvalstromen, waterzuiveringsinstallaties, en dergelijke? • Wie is eigenaar van de deze stromen? • Welke technieken kunnen ingezet worden om de grondstoffen te winnen, zoals metalen uit e-waste, al dan niet elektrochemisch? • Kunnen we de inzameling verbeteren en hogere inzamelingspercentages halen? • Is er meer capaciteit nodig voor inzameling of kan overmatige capaciteit beter benut worden? • Is de keten van end-of-life tot end-of-waste voldoende transparant? ‘Lekken’ de waardevolle materialen (wellicht als second life) weg naar andere landen?	• Onderzoek naar technieken gaat lopen in een multidisciplinair studentenproject in de minoren vanuit het project Urban Mining van Hogeschool Rotterdam.

> vervolg van tabel

Industriële symbiose ontwikkelen rond kritieke grondstoffen	• In de chemie is vaak een klant ook leverancier; hoe kunnen we rond kritieke grondstoffen samenhang in industrieën ontwikkelen waardoor clusters gevormd worden met bedrijven die materiaalstromen delen en elkaars residuen benutten? • Kunnen we behalve end-of-life ook intermediaire producten (importeren en) opwerken tot end-of-waste producten voor toepassing in een samengesteld product (om in nichemarkten meer toegevoegde waarde te creëren)?	
Energievraag en netcapaciteit voor recycling- en extractiefabrieken	• Hoeveel hernieuwbare energie is nodig om recycling en extractie grootschalig in Nederland te laten plaatsvinden? Zal er voldoende energie beschikbaar komen mede gezien de ook toenemende energievraag voor andere toepassingen? • Is er synergie mogelijk tussen de energietransitie en Europese maakindustrie-initiatieven? Zware industrie zoals een smelterij voor metalenrecycling gebruikt veel energie en maakt de energietransitie daarmee moeilijker, maar aan de andere kant kan deze industrie een functionele rol vervullen om het elektriciteitsnet te balanceren. • Hoe zorgen we voor een gelijk speelveld binnen Europa als het gaat om energiekosten?	

B5. Nieuwe economische en business modellen

Probleem / oplossingsrichting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
Ontwikkelen van business modellen voor waardecreatie met kritieke grondstoffen	• Wat zijn mogelijke business case modellen voor waardecreatie met kritieke grondstoffen via voornoemde routes (urban mining, extractie, internationale handel, etc.)? • Wie is, uit ethisch en juridisch perspectief, eigenaar van grondstoffen in fabricaten en kan dat anders worden georganiseerd om nieuwe businessmodellen mogelijk te maken? • Hoe vinden prijsontwikkelingen plaats en hoe hebben die invloed op bedrijven en landen? • Supply chain ontwerp: waar leg je welke voorraden neer; via welke supply chains en knooppunten? • Welke vormen van servicelogistiek zijn nodig om de business modellen te ondersteunen?	• De onderzoekers uit het NWO-onderzoeksprogramma Duurzame Businessmodellen hebben een gezamenlijke **slotpublicatie** de resultaten en inzichten uit het onderzoek beschreven. Een duurzaam businessmodel is in alle sectoren mogelijk, een gepaste samenwerkingsstrategie is daarbij essentieel. • Het onderzoeksprogramma **LINCIT** (LINear to CIrcular Transition) begeleidt bedrijven met een lineaire supply chain te bij de transitie naar een circulair bedrijfsecosysteem, en organisatie van de bijbehorende logistieke en operationele processen. Vragen worden onderzocht in een Living Lab met drie use case clusters: herbruikbare verpakkingen en transportartikelen; servitization en remanufacturing; en circulaire kunststoffen.
Regisseren en financieren van duurzame en transparante materiaalketens	• Hoe lopen de geldstromen in en rond toevoerketens? Hoe zijn wij (Nederland) 'ingekocht' in het systeem? Wat kunnen we daarin veranderen en hoe doen we dat? Is zichtbaar waar de regisseur en macht zit (ketenregie)? • Hoe kun je ketenfinanciering organiseren: wie is (eind)verantwoordelijk, hoe verdeel je de winsten bij ketenfinanciering? • Wanneer kunnen we spreken van een transparante toeleveringsketen? Wat is de prijs voor het bereiken daarvan? Is het mogelijk om deze kosten te wegen met de waarde van strategische autonomie? • Hoe kan worden doorbroken dat producenten, afnemers en aandeelhouders altijd sturen op groei?	• Er zijn bij dit onderwerp veel raakvlakken en expertise bij internationaal maatschappelijk verantwoord ondernemen (IMVO). • Hier speelt ook allerlei nieuwe Europese wetgeving zoals de Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR) en Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD).

> vervolg van tabel

Inzicht bij de inkoper en consument in de materiaalketens vergroten	• In hoeverre bepaalt inzicht van de inkoper en consument in de materiaalketens diens keuzes? Mag je verwachten dat een inkoper of consument kiest voor producten omdat die voortkomen uit een duurzame/circulaire keten? Wat kan (wel) leiden tot andere keuzes?. • Hoe kan informatievoorziening over afvalscheiding eerlijker en transparanter worden? • Kan een True Pricing methodiek inzicht vergroten, hoe moet deze er dan uit zien?	• Een organisatie die op dit vlak ideeën en methodieken ontwikkelt is de **True Price Foundation** en diens zusterorganisatie **Impact Economy Foundation**. De True Price Foundation geeft onderwijs en training aan scholen, onderwijsinstellingen, NGO's en de publieke sector. ontwikkelt publicaties en gaat in gesprek met media om actie te stimuleren op het gebied van echte prijzen. • Een voorbeeld is het hanteren van een '**eerlijke CO_2-prijs**' door provincie Utrecht bij inkoop van producten en diensten.

C. COMPETENTIEOPBOUW

Probleem / oplossingsrichting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
Onderwijs, werk en vestigingsklimaat inrichten op toekomstige arbeidsvraag in circulaire economie	• Hoeveel studenten zou Nederland moeten hebben in aan kritieke grondstoffen gerelateerde competenties, wat zijn die competenties exact, welke universiteiten/ faculteiten/HBO's/MBO's etc. gaan dit concreet uitvoeren, en hoe krijgen de onderwijsinstellingen genoeg capaciteit om dit te ontwikkelen? • Hoe kunnen we circulair denken en werken een mainstream thema maken binnen ieder type onderwijs (scholing en bijscholing)? Hoe kunnen we mensen opleiden waardoor we de juiste mensen voor de juiste (circulaire) werkzaamheden voor de (energie)transitie hebben? Inclusief het aanbieden van digitale vaardigheden in het onderwijs- en cursusaanbod gericht op studenten en het mkb. • Wat moeten mensen kunnen en weten om in onze behoefte op de arbeidsmarkt te blijven voorzien? Welke mensen trek je hiervoor aan? Kunnen we hen een goed vestigingsklimaat bieden: is het fijn om hier te wonen en te werken? • Veel van het onderwijs dat nodig is voor kritieke grondstoffen waren er in het verleden maar zijn verdwenen omdat ze niet paste in de regels die het huidige onderwijssysteem vormgeven. Wat zijn de systeemspelregels waardoor deze competenties zijn verdwenen en kunnen we die veranderen zodat dit onderwijs weer terug kan komen? • Hoe kunnen we hoogwaardig hergebruik van producten, dat een uitgangspunt dient te zijn bij productontwerpen zodat we producten en materialen zo lang en goed mogelijk blijven gebruiken, onderdeel maken van onderwijsprogramma's?	• De SER werkt hieraan in met de **Actie-Agenda Leven Lang Ontwikkelen**. • Er is een digitale onderwijskaart gemaakt met alle opleidingen in Nederland rondom de energietransitie en circulaire economie. Deze geeft een overzicht van opleidingen in het **MBO** en van opleidingen in het **HBO en WO**. • De Nederlandse hogescholen werken aan het integreren van duurzaamheid en circulariteit in alle opleidingen. Voorbeelden zijn het lectorenplatform Circulaire Economie / **Het Groene Brein**, dat met een netwerk van bijna 150 wetenschappers aan verschillende instellingen ondernemers ondersteunt die stappen willen zetten richting een nieuwe, duurzame economie. • Zie ook de **kenniskaart** circulaire economie; deze wordt in Nederland 150.000 keer per jaar gebruikt. • Een ander voorbeeld is het Europese project **COVESEED** dat opleidingen en trainingen ontwikkelt voor de energietransitie. Een deel van de opbrengst van het project en de aanpak zijn ook bruikbaar voor circulariteit. Nederlandse deelnemers zijn ROC Midden-Nederland, Katapult en Hogeschool Utrecht.

	• Hoe zouden mensen die nu in een lineaire functie werken in een circulaire wereld werken? Wat hebben ze nodig om daarin te kunnen leren en groeien? Zoals flexibiliteit in functie: van beroepen naar rollen? (Achterliggende gedachte: oude beroepen veranderen, sommige verdwijnen, nieuwe beroepen ontstaan.) • Welke overheidsingrepen - zoals omscholingsprogramma's of bepaalde vormen van inkomensgarantie - kunnen zorgen voor een eerlijke en effectieve transitie van de 'workforce' naar een circulaire economie?	• **BuildUpSkillsNL** werkt sinds 2011 vanuit verschillende Europese projecten om vakmanschap op het gebied van energie, digitalisering, circulariteit en klimaatadaptatie beschikbaar te maken voor de bouw- en installatiesector. In het **Sustainability Skills programma** werken beroepsonderwijs, bedrijfsleven, overheden en aanjagers in verschillende regio's aan de ontwikkeling van duurzame vaardigheden. • De **International Labour Organisation** heeft relevant onderzoek gedaan naar de rol van actief arbeidsmarktbeleid voor een rechtvaardige transitie.
Banen ten dienste van circulaire economie (anders) waarderen	• Welk type banen is nodig voor en in een circulaire economie? Moeten we zulke soorten werk niet belangrijker maken, zoals reparateurs? • Hoe kunnen we anders kijken naar waarde van werk? Wat is dan waardering (inkomen, status, kansen)? Kunnen denken en doen op eenzelfde manier gewaardeerd worden? • Kan het voor waardeverschuiving helpen om bijvoorbeeld via fiscale maatregelen refurbishing goedkoper te maken en materialen duurder, bijvoorbeeld door lager belasten van arbeid?	• Over de benodigde 'circulaire bane' en het vraagstuk van de waardeverschuiving is al veel bekend, zie bijvoorbeeld het **Circular Jobs Initiative**. Er is ook al heel veel over bekend door de studies van prof. dr. Arjen Wals (WUR).
Competentieopbouw bij overheid voor beleid op grondstoffen	• Hoe kan de overheid borgen dat er langdurig en consistent industriebeleid wordt gevoerd gericht op open strategische autonomie en circulariteit?	

D. GOVERNANCE, GEDRAG EN KETENVERANTWOORDELIJKHEID

D1. Veranderstrategie

Probleem / oplossings-richting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
Urgentie creëren bij politiek en bedrijfsleven	• De inzichten over kritieke materialen zijn bij ministeries en kennisinstellingen al circa 10 jaar bekend, maar het lukte niet om door te dringen tot politieke agenda; hoe kunnen we dat nu wel bereiken? • Ervaren urgentie helpt enorm voor volwaardige alliantievorming, zoals het geval was na de watersnoodramp. In hoeverre kunnen de diverse maatschappelijke transities doorgang blijven houden dan wel niet gehinderd worden door kritikaliteit van materialen? Kan de zorg hierover bijdragen aan het gevoel van urgentie? • Welke maatregelen hebben we nodig om urgentie te creëren zodat men gaat rennen? • Wat kan de rol van de overheid zijn in het faciliteren en creëren van volwaardige allianties voor maatschappelijk verantwoord ondernemen? Kan de overheid de rol van launching customer/ voortrekker innemen? • Wat zijn no-regret-oplossingen die we nu al in gang kunnen zetten, zolang de urgentie niet genoeg gevoeld wordt voor grootschaliger en fundamenteler stappen?	• De SER beschrijft in zijn briefadvies **Meer vaart maken met de grond-stoffentransitie** wat er voor nodig is om urgentie te creëren.
Doel bepalen en route naar het doel	• Waar willen we naartoe, als het gaat om het bereiken van resilience en strategische autonomie? Is strategische autonomie het juiste doel? Moeten we aan reshoring doen of kunnen we beter diversificatie toepassen, zowel in materialen als in handelspartners? • Wat is de ideale toestand die we willen bereiken? Kunnen we een stip op de horizon zetten en dan backcasten welke korte- en lange-termijnacties nodig zijn, in plaats van adhoc-beleid te voeren? • Welke onderzoeksrichtingen en oplossingen zijn er al? Welke competenties en benodigde infrastructuren heeft Nederland (zoals haven Rotterdam als mogelijke hub)? • Welke partijen moeten we identificeren en vervolgens activeren om de transitie in gang te zetten? Wat zijn potentiële allianties in Nederland? Welke partijen? • Kunnen we de exportlijst van Nederland sorteren op mate van afhankelijkheid van kritieke materialen en dan van bovenaf vaststellen wat er moet gebeuren om strategische autonomie te vergroten?	• De Transitieteams Kunststoffen, Consumptiegoederen, Circulaire Bouweconomie en Circulaire Maakindustrie hebben op verzoek van IenW **voorstellen** voor doelen voor circulaire economie uitgewerkt in een aantal adviesroutes. Deze doelen worden in het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) verder uitgewerkt.

> vervolg van tabel

Veranderstrategie ontwikkelen	• Hoe kunnen we het zo makkelijk mogelijk maken dat bedrijven stappen gaan zetten, in plaats van kaders in stand houden die dat belemmeren? Bijvoorbeeld op het vlak van tijdrovende vergunningen en inspraakprocedures. • Hoe kun je netwerken en beleid zo organiseren dat ze los komen te staan van politieke schommelingen en bepaalde regeringsperiodes? Hoe kan voor de transitie naar een circulaire economie stabiele financiering worden georganiseerd, niet afhankelijk van een regeerperiode? • Hoe zorgen we voor inzicht in en management van afhankelijkheden en kwetsbaarheden? • Wie zijn strategische partners om mee samen te gaan werken? Leiderschap onderzoeken: wie zijn onze vrienden? • Welke circulaire strategieën kunnen elkaar aanvullen, en welke werken elkaar tegen?	• De notitie **Rode Draden 2023** van het Versnellingshuis Nederland Circulair! beschrijft de 6 grootste belemmeringen voor bedrijven die circulair ondernemen en welke maatregelen zij wensen om die belemmeringen aan te pakken. Dit betreft onder meer wetgeving op het gebied van circulariteit in Nederland.

> vervolg van tabel

Meer sturing van de overheid om circulair gedrag te bevorderen	• Kan de overheid meer sturend zijn op gedrag van consumenten/burgers en bedrijven? Welke incentives zijn mogelijk en werkbaar? Welke regelgeving? • Is het wenselijk dat de overheid de burger duwt naar een nieuwe toekomst? Als de vrijwilligheid wordt verlaten kan het gevolg zijn dat de armoede toeneemt. Circulair en duurzaam moet niet alleen voor de rijken haalbaar zijn. • Helpt het om de belastingdruk op het gebruik van ruwe grondstoffen te verhogen zodat de economie naar circulair wordt geduwd? Wat zijn de gevolgen van een radicale belastingdrukverschuiving van arbeid naar grondstoffen? • Wat is het effect van beloning bij duurzaam gedrag door consumenten en hoe kan dit worden vormgegeven? • Met welke prikkels en randvoorwaarden kan het aandeel gescheiden afval bij consumenten verhoogd worden (in het geval van bronscheiding)? Kan recycling verplicht worden, is dat wenselijk? • Kan de overheid hergebruik van producten en materialen aanmoedigen door het invoeren van 'consumer right to repair'? Hoe komen producten dan weer terug in de kringloop? Voor hoe lang (wanneer is het weer eindig)? Welke infrastructuur is hiervoor nodig?	• De overheid heeft aan deze vragen al veel aandacht gegeven, onder meer in het **rapport** Gedragsstrategie Burgers en Circulaire economie. • Deze vraag speelt in andere bewoordingen de hoofdrol bij het debat over een rechtvaardige energietransitie ('just transition'). O.a. de SER heeft geschreven over hoe je **duurzaamheidsbeleid rechtvaardig** kan maken. • De lectoren van het Lectorenplatform Circulaire Economie zijn actief op dit vlak, bijvoorbeeld gericht op sectoren als de bouw en textiel (projecten als **De Circulaire Sprong** en het **Centre of Expertise MNEXT**). • Veel wetgeving voor de bouwsector als het gaat om circulaire bouw is verzameld op de website van brancheorganisatie Bouwend Nederland. • In de praktijk blijkt nascheiding van afval door machines efficiënter te zijn dan bronscheiding. Dit bleek onder meer in de **gemeente Utrecht** bij een overstap van bron- naar nascheiding. • De EU wil dit jaar een voorstel voor een richtlijn publiceren over een recht op reparatie. De Commissie Consumenten-aangelegenheden van de SER geeft aandachtspunten hiervoor mee aan het ministerie van Economische Zaken en Klimaat in het briefadvies '**Reparatiebevordering**'.

> vervolg van tabel

Optreden bij daadwerkelijke tekorten	• Hoe kunnen of moeten de Nederlandse overheid en het bedrijfsleven omgaan met daadwerkelijke tekorten aan kritieke grondstoffen? Overlaten aan de markt, of moet de overheid ingrijpen? • Is er behoefte aan een Europees instituut dat gaat over verdelingsvraagstukken van kritieke materialen? • Zijn er doelen/sectoren die absoluut voorrang moeten krijgen bij tekorten?	

D2. Beleidsinterventies

Probleem / oplossingsrichting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
Ontwikkelen van een aantrekkelijk narratief over de te maken transitie	• Welke verbeelding hebben we nodig om deze grondstoffentransitie te maken? Is het mogelijk een narratief te maken waar velen zich in herkennen om te veranderen? • Wie moet de afzender zijn van het narratief? Is er voldoende vertrouwen in de overheid als afzender? Hoe kunnen we de legitimiteit van de grondstoffentransitie duidelijk overbrengen in het narratief? • Wat zou motiveren? Zichtbaar maken van schaarste aan materialen, impact op biodiversiteit, impact op klimaat en impact op leefomgeving? Kunnen kunstenaars toekomstbeelden maken?	• Een voorbeeld van verbeelding is het **filmpje van de SER** over een evenwichtige sturing op de grondstoffentransitie.
Gedragsbeïnvloeding bij bedrijven	• Hoe krijg je bedrijven zo ver om de capaciteit op te bouwen en gedragsverandering te implementeren om daadwerkelijk circulair te worden? • Hoe brengen we fabrikanten op andere sporen en ander gedrag: hoe ver kom je met anders ontwerpen?	
Kennis vergroten over gedrag: beïnvloeden, mechanismen en bewustwording (van burgers/ consumenten	• Toevoerketens van materialen zijn lang en ondoorzichtig, kun je hier überhaupt invloed op hebben? Wat verandert mijn kleine gedrag op het geheel? Waar zit je invloed als individu en als groep? • Hoe werken de gedragsmechanismen rond consumeren? Hoe wordt een behoefte naar een product gecreëerd? Kunnen we die mechanismen gebruiken om anders, duurzaam consumeren te bevorderen? Hoe verhouden cultuurverandering en individuele verandering zich tot elkaar? • Is op het niveau van de vrijheid van de individuele burger verandering mogelijk? Kan de burger wordt overtuigd resp. 'gedwongen' om bijvoorbeeld biologisch te eten, afval te scheiden etc.? Wat drijft iemand om zijn of haar gedrag te veranderen? Wat draagt bewustwording over de impact van specifiek gedrag daaraan bij? • In hoeverre kunnen cultuurverschillen mondiaal en binnen de EU gedragsverandering belemmeren of juist stimuleren?	• In een **publicatie** van Het Groene Brein worden vier transitiemethoden met elkaar in verband gebracht. • Het onderzoeksinstituut **DRIFT** (Erasmus Universiteit Rotterdam) heeft bijvoorbeeld inzichten opgedaan over de verschillende rollen die actoren kunnen innemen in een transitie om deze te versnellen; ook de burger en de consument. Afhankelijk van de fase van een transitie kan zo'n rol in meerdere of mindere mate bijdragen aan systeemverandering

> vervolg van tabel

Ecosysteem ontwikkelen voor nieuwe materialenketens	• Hoe kunnen we sámen ketens bouwen? Hoe kunnen we een groep mensen samenbrengen die samen en sector-overstijgend een keten kunnen worden? Hoe kunnen we deze groepen elkaar helpen te vinden? • Hoe creëer je een ecosysteem waarbij mensen elkaar durven vertrouwen? Bedrijven, overheid, kennisinstellingen, die efficiënt effectief en veilig met elkaar informatie uitwisselen zonder misbruik hiervan te maken? • Hoe kunnen we vanuit dit ecosysteem regelgeving co-creëren?	
Benutten van wet- en regelgeving om duurzaam materiaalgebruik te bevorderen	• Hoe kan wet- en regelgeving ervoor zorgen dat end-of-life niet (enkel) afval betekent maar grondstof oplevert? • (In hoeverre en hoe) kan worden verplicht dat materialen en producten te recyclen, te hergebruiken, en te repareren zijn? • Is het mogelijk en wenselijk om (lokale) sourcing vast te leggen in de wet? • Kwaliteitsniveaus: wat is de kwaliteitsstandaard voor materialen waar we willen uitkomen? • Hoe kan de EU's Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) ingezet worden om duurzaam materiaalgebruik te bevorderen en mensenrechtenschendingen (bijv. kinderarbeid in Congolese mijnen) te voorkomen?	• Zie hiervoor het Europese voorstel **ecodesign regulation** en de **Corporate Sustainability Due Diligence Directive** (CSDDD).
Stimuleren van betrokkenheid van MKB en startups in circulaire economie	• Hoe afhankelijk zijn we van kennis van MKB om de diverse kennisvragen aan te pakken en wat is nodig om het MKB mee te nemen? Hoe kunnen we grootbedrijf versus MKB, en daarbinnen. concurrenten met elkaar laten samenwerken? • Hoe krijgen we naast de koploperbedrijven de grote groep MKB in beweging? In hoeverre helpt een landelijke of Europese visie op de grondstoffentransitie? • Voor startups liggen de kosten extreem bij analyses. Startups kunnen niet concurreren met universiteiten of een TNO. Kunnen arrangementen worden gemaakt waardoor startups goedkoop toegang kunnen krijgen tot analysefaciliteiten?	• De notitie **Rode Draden 2023** van het Versnellingshuis Nederland Circulair! beschrijft de 6 grootste belemmeringen voor bedrijven die circulair ondernemen en welke maatregelen zij wensen om die belemmeringen aan te pakken.

> vervolg van tabel

Geschikt financierings-instrumentarium ontwikkelen	• Kunnen er naast ontwikkelings- en CAPEX-subsidies ook OPEX-subsidie worden verstrekt om circulaire ondernemers te beschermen tegen de volatiliteit van energie- en metaalprijzen, analoog aan de SDE++-regeling voor opwekking van duurzame energie? • Welke (additionele) Europese financieringsmechanismen zal de CRM Act bieden voor investeringen in projecten voor kritieke en strategische grondstoffen? Komt er bijvoorbeeld een fonds dat vergelijkbaar is met Innovation Fund voor grootschalige demonstratie van koolstofarme energietechnologieën? Wordt er gedacht over een IPCEI-traject (Important Projects of Common European Interest) om hogere steunpercentages dan gebruikelijk mogelijk te maken?	• Voor onderzoek naar en ontwikkeling innovatieve circulaire producten, processen en/of diensten is subsidie beschikbaar uit de regeling **Kennis en Innovatie agenda - Circulaire Economie** (KIA CE).
Vergemakkelijken en versnellen van vergunning-verlening	• Kunnen we het vergunningstraject versnellen en versimpelen met inachtneming van risicobeheersing? Hoe geven we hiermee invulling aan het desbetreffende beleidsvoornemen in de Critical Raw Materials Act?	
Maatschappelijk draagvlak bewaken	• Wat is de invloed van de Europese Critical Raw Materials Act op bedrijven (zoals maakindustrie manufacturing) en burgers, en wat zijn de gevolgen voor werkgelegenheid?	
Strategische voorraden aanleggen	• Moet de EU of Nederland strategische voorraden aanleggen van kritieke grondstoffen? Voor welke grondstoffen, wie moet dat doen, waar moet dat gebeuren, wie moet hierop controleren?	

D3. Internationaal

Probleem / oplossingsrichting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
Internationaal samenwerken in Europa	• Wanneer heeft strategische autonomie het juiste kader? Nederland, Europa, de planeet? Is dit mogelijk sectorspecifiek? • In hoeverre is het mogelijk en wenselijk om als Nederland nationale strategische autonomie te bereiken? Is het effectiever om samen op te trekken in groter Europees verband? • Wat kunnen we leren van andere landen: wat lukt wel in andere landen en niet bij ons? • Wat voor positie hebben/nemen wij als Nederland in binnen de EU? Mondiaal kunnen we vanuit de EU daadkrachtiger zijn maar dat geldt niet vanzelfsprekend binnen de EU. Wat als de EU niet functioneert in een crisissituatie (zie covid)?	• Deze kwesties worden uitgebreid behandeld in het veld van internationaal maatschappelijk ondernemen.
Internationaal samenwerken met herkomstlanden van materialen	• Hoe kunnen we samenwerking organiseren in de wereld van kritieke materialen waarin veel dubieuze regimes en bedrijven actief zijn en transparantie en vertrouwen ver te zoeken zijn? • Kunnen we op basis van gelijkwaardigheid investeren in samenwerking met Afrikaanse landen, waar grote voorraden kritieke materialen te vinden zijn? Hoe kunnen we de samenwerking met Nederland /Europa voor die landen aantrekkelijk maken dan met (alleen) China, bijvoorbeeld door gezamenlijk onderzoek te doen en onderwijs te bevorderen?	
Internationale effecten van Nederland/ Europees beleid	• Welke effecten hebben binnen Europa gemaakte beleidskeuzes op samenlevingen buiten Europa?	

D4. Ethiek en ketenverantwoordelijkheid

Probleem / oplossingsrichting	Kennisvragen	Wat is al gedaan, wie werkt eraan, referenties
Ketenverant-woordelijkheid	• Materialenschaarste dwingt bedrijven en landen om controle te nemen in de keten om duurzame herkomst en veiligheid etc. te waarborgen, zeker als materialen in meerdere fasen worden gebruikt. Het is nodig om de governance aan te passen aan het uitgangspunt dat je je materialen niet wilt verliezen in de keten. Hoe kun je dit organiseren? • Als er ook nog eisen komen aan sourcing wordt het nog lastiger. De vraag naar zeldzame materialen zal dermate exploderen dat veel landen daar aan kunnen gaan verdienen. Als we meer verantwoorde winning willen, verkleint dit de inkomsten voor producerende landen. Hoe gaan we om met het mogelijke spanningsveld tussen strategische autonomie en ethisch sourcen? • Aan de andere kant, moeten we niet uit oogpunt van rechtvaardigheid de producerende landen het eigendom op hun grondstoffen laten behouden, ook als we daarna hier dingen verwerken?	• In november 2022 nam de Europese Unie de **Corporate Sustainability Reporting Directive** (CSRD) aan. In deze nieuwe richtlijn staat dat vanaf 2024 steeds meer bedrijven verplicht worden te rapporteren over de impact van hun activiteiten op mens en milieu. Daartoe hoort ook het rapporteren over de volumes en herkomst van gebruikte grondstoffen.
Rechtvaardige verdeling van beschikbare materialen	• Wanneer is verdeling rechtvaardig? Moeten de sterkste schouders de zwaarste lasten dragen? Hoe maken we het voor iedereen mogelijk om mee te doen in de duurzaamheidstransitie waar kritieke materialen voor nodig zijn? • Bij wie ligt de rekening? Zijn degenen die de zwaarste last van verandering moeten dragen, inderdaad degenen die dit kunnen dragen? Wat kan de overheid daarin overzien en hoe kan zij erin sturen? • In welk land wordt meeste waarde toegevoegd in de toevoerketens voor bepaalde materialen, en met welke lasten gaat dit gepaard? Wie profiteert en wie ondervindt de nadelen, en wat is dan rechtvaardig? Verdelen van lusten en lasten. • Hoe maak je producten met kritieke materialen, die bestemd zijn voor basisbehoeften, inkomensafhankelijk zodat ze toegankelijk voor iedereen zijn? • Hoe wordt in de wereld gedacht over verdeling, recyclen waar en op welk moment. Wat is iets op welke plek waard? En op welke manier doen we die herwaardering?	• De WRR heeft deze thematiek behandeld in het advies: **Rechtvaardigheid in klimaatbeleid. Over de verdeling van klimaatkosten** (2023).

> vervolg van tabel

Prioriteren bij verdeling van materialen	• Welke principes van rechtvaardigheid hanteer je voor prioritering bij de verdeling van materialen? Welke relatie kun je leggen met basale levensbehoeften, zoals beschikken over schoon water? • Hoe maak je keuzes bij schaarse producten of elementen? Hoe kun je het belang van bepaalde producten structureren en prioriteren, bijvoorbeeld op prijs of op toepassingsgebied?	
Eisen stellen op basis van rechtvaardigheid	• Hoe gaan we eisen aan rechtvaardigheid stellen? Aan wie worden dan welke eisen gesteld? Bijvoorbeeld qua werkomstandigheden, hoogte van lonen, bestrijden van corruptie. Wat is je einddoel? • Als je die eisen stelt, blijven alle kritieke materialen dan toegankelijk? Bij welke materialen kun je dan eisen stellen? Hoe kun je je huidige marktmacht gebruiken om een ethische agenda te zetten?	
Inclusieve strategie- en besluitvorming	• Jongeren voelen een andere urgentie dan ouderen maar de discussie wordt vooral door ouderen gevoerd. Hoe betrekken we jongeren en geven we hen stem en macht? • Hoe zorgen we voor balans tussen de belangen van Nederland/Europa en de rest van de wereld, waaronder herkomstlanden voor veel van de door ons gebruikte materialen? • Hoe zorgen we dat natuurbelangen worden meegenomen in afwegingen zoals bijvoorbeeld in de casus ontginnen van lithium in Portugal met waarschijnlijke negatieve gevolgen voor een natuurgebied.	• Te denken valt aan het SER Jongerenplatform of de Raad voor de toekomst, waarin veel jongerenorganisaties vertegenwoordigd zijn, en ook de Jonge Klimaatbeweging.

MaterialenNL PLATFORM ChemistryNL