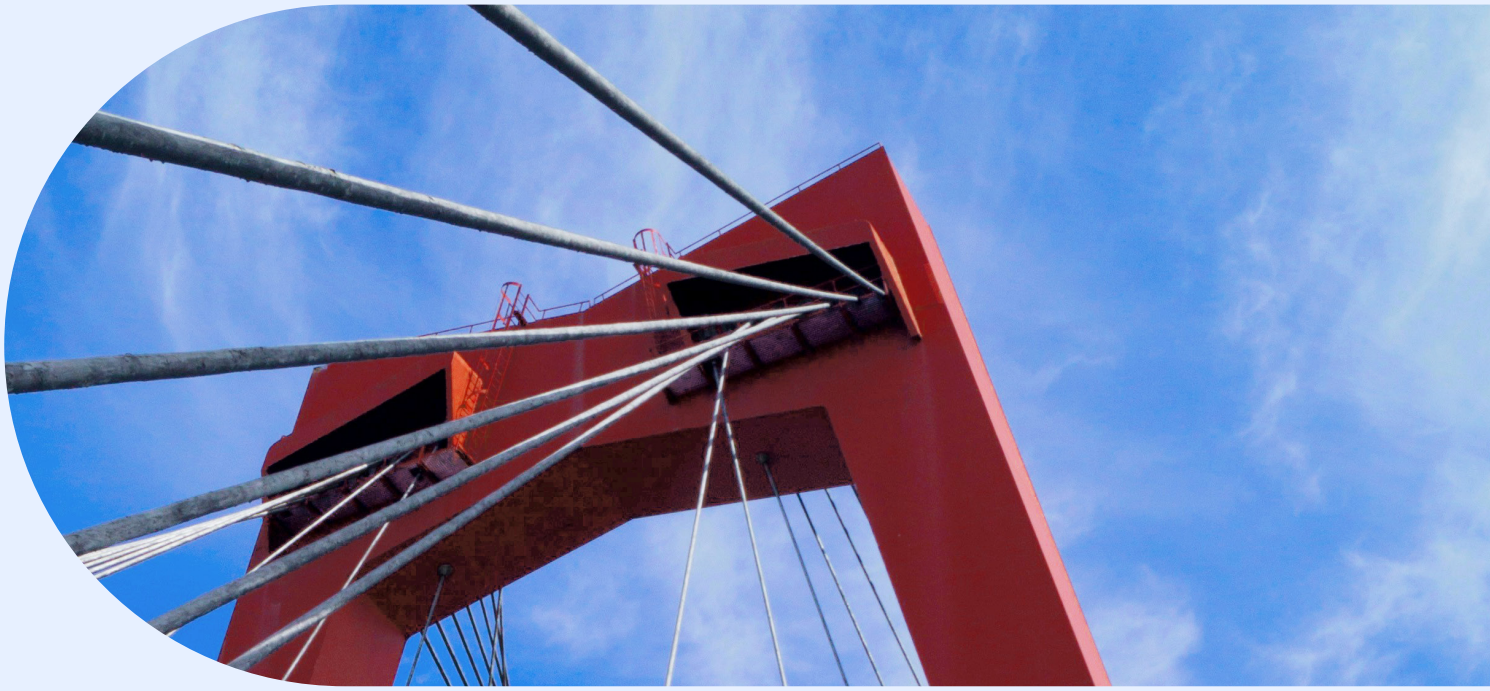
Maart 2026

Kritieke grondstoffen in vitale assets in Rotterdam

Een analyse voor de energietransitie, openbare werken en woningbouw

samenvatting





Structural Collective

In opdracht van

Gemeente Rotterdam



Samenvatting

Dit betreft een samenvatting van een uitgebreider rapport uitgevoerd voor de Gemeente Rotterdam.

Rotterdam beheert en is afhankelijk van een breed scala aan essentiële stedelijke assets, van rioolgemalen en beweegbare bruggen tot zonnepanelen en woningbouw. Deze assets houden basale stadsfuncties draaiende: energievoorziening, waterbeheer, mobiliteit en huisvesting. Voor hun bouw, onderhoud en vervanging zijn grondstoffen nodig waarvan de beschikbaarheid steeds minder vanzelfsprekend wordt. Wereldwijd groeit de druk op kritieke en strategische grondstoffen. Verder is de winning en verwerking van grondstoffen, zoals zeldzame aardmetalen, geconcentreerd in een klein aantal landen, met vaak China als dominante speler. Geopolitieke spanningen, exportbeperkingen en de stijgende vraag door de mondiale energietransitie maken toeleveringsketens kwetsbaarder. De Europese Unie heeft dit risico ook erkend in de Critical Raw Materials Act (EU-CRMA) en streeft naar grotere strategische autonomie.

Kwetsbaarheid van vitale stedelijke assets

Dit rapport beschrijft wat deze ontwikkelingen betekenen voor Rotterdam: welke kritieke en strategische grondstoffen bevinden zich in de stedelijke assets en welke levering risico's hebben deze? Om verder te begrijpen hoe dit doorwerkt naar risico's voor het functioneren van de asset, bekijken we in welke mate de levensduur kan worden verlengd, of er goede substituties zijn van het onderdeel met de kritieke grondstoffen, hoe divers het aanbod is van leveranciers en in welke mate recycling plaatsvindt. Het onderzoek bestrijkt acht assets in drie domeinen: energietransitie (windturbines, zonnepanelen en warmtepompen), openbare werken (rioolgemalen, RWZI's, beweegbare bruggen en wegen) en woningbouw (nieuwbouw woningen). De toekomstige materiaalvraag is vastgesteld door materiaalprofielen op te stellen voor de assets, en deze te vermenigvuldigen met projecties van toekomstige aantallen van deze assets. Op basis van de onderzoeksuitkomsten is in samenwerking met assetmanagers binnen de gemeente de kwetsbaarheid van elke asset beoordeeld op vijf indicatoren (tabel 1).

Tabel 1. *Samenvatting van de risico- en kwetsbaarheidscores van de acht assets op vijf indicatoren. Vijfpuntsschaal kwetsbaarheid: gering, beperkt, gemiddeld, substantieel, zeer substantieel*

KWETSBAARHEID VAN DE ASSETS	Leveringsrisico grondstoffen	Levensduur-verlenging	Substitutie	Diversiteit van aanbod	Recycling/ circulariteit
Windturbines	**Zeer substantieel:** 90-100% afhankelijkheid China voor permanente magneten; exportbeperkingen 2025-2026; bottleneck 2026 voor REPower EU-doelen.	**Beperkt:** Levensduur 25-30 jaar; robuuste tweedehands-markt; repowering mogelijk; niet-technische barrières (leasecontracten).	**Substantieel:** >50% capaciteit bevat permanente magneten, niet vervangbaar in bestaand ontwerp; merkspecifieke software zorgt voor lock-in.	**Gering:** EU voorziet 88% onshore, 96% offshore; Vestas, Siemens Gamesa, Nordex; nacelle-capaciteit 36,2 GW vs. 12,9 GW installatie.	**Substantieel:** Staal, beton, koper: volwassen ketens; composietbladen: pyrolyse demonstratie-projecten richting 2035; recycling permanente magneten beperkte capaciteit.
Zonnepanelen	**Zeer substantieel:** Sterke productie-concentratie in China; hoge prijsvolatiliteit solar-grade silicium en zilver; concurrentie met halfgeleiderindustrie.	**Zeer substantieel:** Niet ontworpen voor reparatie; geen actieve tweedehandsmarkt; bij uitval omvormer vaak geheel systeem vervangen; gemeente bezit assets niet.	**Zeer substantieel:** Kristallijn silicium (cSi) (95,4%) niet op korte termijn vervangbaar; Europese alternatieven (Solarge) duurder; lage repareerbaarheid beperkt substitutie van onderdelen.	**Zeer substantieel:** Meest extreme concentratie: 0% EU voor ingots/wafers, 1,3% cellen, 0,9% modules; 97% wafers uit China.	**Substantieel:** Omvormers/staal: functionerend; modules: massa-recycling (glas, aluminium); kritieke grondstof terugwinning in vroege fase; businesscase verbeterd door zilverprijs.
Warmtepompen	**Zeer substantieel:** EU 98% afhankelijk van China voor NdFeB-magneten; neodymium (4,5) en dysprosium (5,6) hoogste supply risk scores.	**Gemiddeld:** Levensduur 10-15 jaar, tot 20 bij goed onderhoud; regulier onderhoud 1-2x/jaar essentieel.	**Gering:** Alternatieven bestaan (stadsverwarming, hybride, zonneboilers); inductiemotoren zonder magneten mogelijk.	**Gering:** Diverse EU, Japanse en Chinese fabrikanten; ca. 300 productielocaties in Europa; ~70% omzet Europees.	**Gemiddeld:** Twee gecertificeerde recycling faciliteiten in NL; Stichting OPEN €150/ton subsidie; Kritieke grondstof terugwinning uit magneten nog nauwelijks.
Rioolgemalen	**Gemiddeld:** Elektronica: gallium (3,9), germanium (1,8), silicium (1,4); Europa sterk afhankelijk van niet-Europese landen.	**Gemiddeld:** Grote pompen >80 jaar maar onderhoud door leverancier vereist; ~50% dompelpompen geschikt voor hergebruik na revisie; elektronica ~15 jaar.	**Gemiddeld:** Locatiespecifieke pompen niet uitwisselbaar (maatwerk gietijzer); dompelpomp- en meer standaard; elektronica: leverancier-lock-in.	**Gering:** Ca. drie leveranciers per pomptype in regio Rotterdam; meer leveranciers in NL en Europa beschikbaar.	**Gemiddeld:** Volwassen ketens voor koper, aluminium, staal; weinig onbenut potentieel; kritieke grondstof recycling nog beperkt ontwikkeld.
RWZI's	**Zeer substantieel:** Daadwerkelijke tekorten ijzerchloride 2021-2023; FeCl3 afhankelijk van HCl; elektronicaonderdelen vergelijkbaar risico als gemalen.	**Beperkt:** Civiele werken >80 jaar levensduur; hulpstoffen doorlopend nodig maar niet gerelateerd aan levensduur asset.	**Gemiddeld:** Alternatieven voor hulpstoffen (EBPR, PAC); natronloog beperkt substitueerbaar; mechanische delen standaard vervangbaar.	**Gemiddeld:** IJzerchloridemarkt geconcentreerd (top-5 ~58%); PAC betere spreiding (>8 EU-leveranciers); waterschappen 2-3% van NW-Europese markt.	**Beperkt:** Fosfaatterugwinning tot 80% haalbaar; slib verwerkbaar tot eco-cement en keramiek; mechanische onderdelen standaard recycling.
Beweegbare bruggen	**Gemiddeld:** Risico primair in elektronica (gallium, indium, silicium); staallegeringen stabielere handelsroutes; geringe maar essentiële massa kritieke grondstoffen.	**Gemiddeld:** Elektronica gering repareerbaar (één-op-één vervanging); mechanische onderdelen goed repareerbaar; proactief vervangingsbeleid.	**Gemiddeld:** Mechanische aandrijvingen: maatwerk mogelijk; remmen: hoog substitutiepotentieel (gangbaar staal/gietijzer); elektronica moeilijker.	**Gemiddeld:** Gezonde marktwerking voor mechanische assets; bij hoogwaardige automatisering beperkte diversiteit (Siemens dominant).	**Gemiddeld:** Staal en koper: volwassen recyclingketens; terugwinning van kritieke grondstoffen uit elektronica nog onvoldoende.
Wegen	**Gemiddeld:** Bitumen afhankelijk van olieprijs; zand/grind binnenlands onder druk door vergunningen; import uit DE/BE als terugvaloptie.	**Gering:** Modulair onderhoud; elementenverharding per stuk vervangbaar; levensduren 25-60 jaar.	**Gemiddeld:** Asfalt deels vervangbaar door elementverhardingen; betonklinkers door gebakken klinkers; zwaarbelaste wegen beperkt (draagkracht, geluidsnormen).	**Gering:** Vier asfaltcentrales in regio Rijnmond; 10-15 betonklinkerfabrikanten nationaal; korte logistieke ketens.	**Gemiddeld:** Circulaire praktijk bestaat (64.000 m^2 tegels hergebruikt 2024); asfalt: recycling standaard (40-50% granulaat); spanning hoogwaardig recycling vs. menggranulaat.
Nieuwbouw woningen	**Gemiddeld:** Zand/grind niet acuut maar vergunningen verlopen; signalen Cascade over toenemende druk; import uit DE/BE als terugval.	**Beperkt:** Hergebruik casco's beperkt sloop-nieuwbouw; hergebruik van funderingen vermindert ~15% materiaalgebruik.	**Gemiddeld:** Biobased deels mogelijk; minstens 15% (funderingen) niet substitueerbaar; hoogbouw >6 lagen vereist staal/beton; opschaling CLT kost tijd.	**Gering:** Ca. 110 binnenlandse betoncentrales; beton vrijwel volledig in NL geproduceerd; niet rendabel over grote afstand	**Gemiddeld:** Staal vrijwel volledig gerecycled; beton goed recyclebaar maar kosten wegen niet op; businesscase verbetert bij CO_2-beprijzing (~€350/ton).

Leveringsrisico's grondstoffen

Uit het onderzoek voor de acht assets komen drie overkoepelende inzichten naar voren:

ENERGIETRANSITIE
Afhankelijkheid van China

Bij windturbines en warmtepompen is er sprake van afhankelijkheid van China, waar 90–100% van de raffinage plaatsvindt van zeldzame aardmetalen (neodymium, dysprosium) die gebruikt worden in magneten. Circa de helft van de windcapaciteit in Rotterdam bevat deze magneten. Bij zonnepanelen zijn het niet enkel de grondstoffen, maar wordt de gehele productieketen (polysilicium, wafers, cellen, modules) voor 75–97% door China beheerst. Het realiseren van de energietransitie vereist een groot aantal panelen en dus een vraag naar deze producten. Dit heeft ook jaarlijks zijn weerslag: elk jaar worden circa 4-6% van de zonnepanelen vervangen.

BESTURINGSELEKTRONICA
Onmisbaar én kwetsbaar

Bij rioolgemalen, RWZI's en beweegbare bruggen is de elektronische besturing de zwakste schakel: de asset functioneert niet zonder en de grondstoffen voor de elektronica zijn kritiek. De PLC's (stuurcomputers), sensoren en SCADA-systemen (voor centrale controle en besturing op afstand) bevatten halfgeleidermaterialen (o.a. gallium, germanium en silicium) waarvan Europa afhankelijk is van winning en verwerking buiten de eigen grenzen. Echter, in tegenstelling tot bij zonnepanelen, bevindt de productie van de elektronica onderdelen zich grotendeels binnen Europa. Het behouden en recyclen van materialen binnen Europa na het einde van de levensduur, biedt dus kansen voor het vergroten van leveringszekerheid en onafhankelijkheid.

BULKMATERIALEN
Binnenlandse beschikbaarheid potentieel knelpunt

Bij woningbouw- en GWW-materialen gaat het om een ander type risico: niet geopolitiek, maar de binnenlandse beschikbaarheid van zand en grind. Meerdere winningsvergunningen voor zand en grind verlopen binnenkort, en nieuwe vergunningen blijken moeilijker verkrijgbaar. Hierdoor verschuift de afhankelijkheid naar import uit Duitsland en België, wat hogere milieu-impacts met zich meebrengt. De Rotterdamse nieuwbouwopgave alleen al vergt circa 500 kiloton beton per jaar, en dat is nog maar zo'n 2% van de totale Nederlandse B&U-vraag aan beton. Dit beton is niet altijd eenvoudig te substitueren. Circa 70% van de verwachte woningbouw betreft hoogbouw, waar biobased alternatieven voor beton en staal technisch complex zijn boven zes bouwlagen. Vervanging door biobased constructies is slechts gedeeltelijk mogelijk: circa 17% van het beton en 15% van het staal zit in funderingen. Daar komt de materiaalvraag van de GWW nog bovenop: het jaarlijkse onderhoud en vervanging van Rotterdamse wegen omvat circa 300.000 m^2 gemeentewegen, wat neerkomt op circa 57 kton beton en 22 kton asfalt per jaar. Het strategische aandachtspunt voor asfalt ligt bij bitumen, waarvan de beschikbaarheid op langere termijn een knelpunt kan worden door de sluiting van olieraffinaderijen.

Wat betekent dit voor de gemeente

Voor veel vitale assets is de gemeente erg afhankelijk van ketens waar het weinig tot geen invloed op heeft. Ook al is er op EU- en nationaal niveau al een groeiende aandacht voor deze risico's, worden deze over het algemeen nog niet zo ervaren bij de gemeenten, omdat de directe toelevering van onderdelen of grondstoffen nog zelden tot echte problemen heeft geleid. Echter, vergelijkbaar als bij netcongestie, kunnen we de problemen zien aankomen en bij voorkeur tijdig acteren.

Het verder versterken en doorvoeren van principes van de circulaire economie in actie en beleid is een van de belangrijkste manieren om de risico's hiervan te verminderen. Dit kan op veel verschillende manieren worden uitgevoerd: bijvoorbeeld door het aanscherpen van het assetmanagement-beleid, het opzetten van brede programma's (bv. voor het benutten van uitstroom van magneten), subsidies (bv. voor aanschaffen betere zonnepanelen), of lobbyactiviteiten (in coördinatie met andere gemeenten) richting het Rijk of Europa.

Daarbij is van belang wie de asset beheert, en daarmee invloed heeft op inkoop-, onderhouds- en vervangingsbeslissingen. Dit onderscheid bepaalt welk type beleid de gemeente kan inzetten. Bij assets die de gemeente zelf beheert, zoals rioolgemalen, beweegbare bruggen en wegen, is directe interventie mogelijk via asset management: het aanleggen van strategische voorraden, het proactief aanleggen van voorraden van kwetsbare onderdelen en het meewegen van materiaalbeschikbaarheid in renovatieplanning. Verder is het ook van belang dat we materialen en grondstoffen die vrijkomen bij renovatie en vervanging, zo veel mogelijk hergebruiken en anders recyclen, en waar mogelijk hierop sturen via inkoopbeleid.

Bij assets in privaat of extern beheer, zoals zonnepanelen (particulieren en bedrijven), windturbines (exploitanten) en nieuwbouw woningen (marktpartijen), is de rol van de gemeente anders. Hier ligt de ruimte in markt- en faciliterend beleid: het wegnemen van barrières voor recycling en hergebruik, het ondersteunen van business cases voor levensduurverlenging, en het sturen op materiaalgebruik via vergunningen of subsidievoorwaarden. De gemeente kan hier de condities scheppen waaronder marktpartijen keuzes maken die de weerbaarheid van het systeem in het geheel vergroten.

Tabel 2. *Samenvatting van de omvang in 2025, kritieke risico's, impacts en mogelijke acties per asset.*

ENERGIETRANSITIE
Afhankelijkheid van China

Asset	Omvang in 2025	Risico's	Impact in slechtste geval	Beheer	Mogelijke acties voor gemeente
Windturbines	327 MW geïnstalleerd windvermogen	90–100% afhankelijk van China voor permanente magneten	Deel van duurzame energielevering kan niet in stand gehouden worden.	Private partijen, beperkte invloed gemeente	• Ondersteuning hergebruik en recycling kritieke grondstoffen • Aansluiten bij (inter)-nationale initiatieven tbv weerbaarheid
Zonnepanelen	350 MWp geïnstalleerd zonne-energie vermogen	75–97% van de PV productieketen ligt in China	Deel van duurzame energielevering kan niet in stand gehouden worden als vervanging (circa 4-6% van voorraad) niet mogelijk is.	Private partijen, beperkte invloed gemeente	• Stimuleren levensduurverlenging • Ondersteunen inzameling van en winning uit oude panelen (via inkoop) • Stimuleren inkoop panelen met lagere kwetsbaarheid
Warmtepompen	niet geraamd	Moderne pompen bevatten compressors met permanente magneten	Deel van de warmtelevering valt uit als vervanging (circa 6% voorraad) niet mogelijk is.	• Privaat voor individuele pompen • Publiek voor collectieve pompen	• Stimuleren levensduurverlenging en hergebruik onderdelen • Meewegen materiaalbeschikbaarheid in onderhoudsplanning

BESTURINGSELEKTRONICA
Onmisbaar én kwetsbaar

Asset	Omvang	Risico's	Impact in slechtste geval	Beheer	Mogelijke acties voor gemeente
Rioolgemalen	1.090 rioolgemalen in beheer	Besturingssystemen afhankelijk van kritieke grondstoffen van buiten Europa	Uitval (gedeelte) van de pompen zorgt voor overstromingen van riool met als gevolg risico's volksgezondheid	Gemeente	• Proactief inkopen kritieke elektronica onderdelen • Meewegen materiaalbeschikbaarheid in onderhoudsplanning • Sturing op recycling via inkoop
RWZI's (incl. hulpstoffen)	4 RWZI's	Afhankelijkheid besturingssystemen en levering hulpstoffen kan vertraging oplopen	Onvoldoende zuiver-ingscapaciteit zorgt voor lagere effluent waterk-waliteit, vervuiling van oppervlaktewater en druk op drinkwatervoor-zieningen	Water-schappen	• Samenwerking en ondersteuning aan waterschappen voor weerbaarheid strategie
Beweegbare bruggen	41 beweegbare bruggen	Besturingssystemen afhankelijk van kritieke grondstoffen	(Tijdelijke) uitval beweegbare bruggen wat mobiliteit onderbreekt	Gemeente	• Proactief inkopen kritieke elektronica onderdelen • Beschikbaarheid ,meewegen in onderhoudsplanning • Sturing op recycling via inkoop

BULKMATERIALEN
Binnenlandse beschikbaarheid potentieel knelpunt

Asset	Omvang	Risico's	Impact in slechtste geval	Beheer	Mogelijke acties voor gemeente
Wegen (betonstraatstenen, asfalt)	300.000 m^2 jaarlijkse vervanging aan wegen	Binnenlandse toevoer grondstoffen kan beperkter worden	• Wegkwaliteit verslechtert door achterstallig onderhoud (risico's waardeverlies en verkeersveiligheid), • Vertraging in nieuwe aanleg.	Gemeente	• Hoogwaardig hergebruik betonklinkers en recycling freesasfalt verder stimuleren • Sturing op verhogen recycling percentages via inkoop
Woningen (funderingen, constructies)	42.100 woningen te bouwen (2025-2035)	Binnenlandse toevoer grondstoffen kan beperkter worden	Vertraging in realisering van woningbouwdoelen	Private sector	• Stimuleren hergebruik materialen • Stimuleren alternatieve bouwmethoden (e.g. biobased bouwen)

Introductie

In Rotterdam zijn diverse stedelijke assets te vinden; van rioolgemalen en beweegbare bruggen tot zonnepanelen en nieuwbouw woningen. Deze assets zijn van belang voor het functioneren van de stad en houden essentiële functies draaiende op het gebied van energievoorziening, waterbeheer, mobiliteit en huisvesting. Niet al deze assets zijn in direct beheer van de gemeente, sommigen zijn in beheer van waterschappen, corporaties, bedrijven of particulieren. Voor de aanleg, onderhoud en vervanging van deze assets zijn grondstoffen nodig. De beschikbaarheid van die grondstoffen wordt echter steeds minder vanzelfsprekend.

Wereldwijd neemt de druk op grondstoffen toe, en in het bijzonder op materialen die essentieel zijn voor moderne technologieën maar waarvan de toeleveringsketen kwetsbaar is. De Europese Unie heeft dit risico erkend en reageert hierop met de Critical Raw Materials Act (EU-CRMA), gericht op grotere strategische autonomie in de grondstoffenvoorziening. De EU maakt hierbij onderscheidt tussen kritieke en strategische grondstoffen. Kritieke grondstoffen zijn materialen van groot economisch belang waarbij een significant risico bestaat op leveringsonderbrekingen, doordat ze schaars of moeilijk winbaar zijn, of doordat winning en verwerking geconcentreerd zijn bij een klein aantal landen. Wanneer winning, verwerking én componentenproductie zich bij een kleine groep concentreren, ontstaat een structurele afhankelijkheid die bij geopolitieke spanningen of exportbeperkingen direct voelbaar wordt. Daarbovenop zijn een aantal kritieke grondstoffen ook aangemerkt als strategisch. Strategische grondstoffen zijn cruciaal voor duurzame en/of digitale technologie en de verwachte vraaggroei groter is dan het aanbod.

Deze ontwikkelingen zijn niet alleen een vraagstuk op Europese of nationale schaal, maar ook op lokale schaal van gemeenten. Leveringsonzekerheid van grondstoffen raakt een gemeente zoals Rotterdam direct omdat grondstoffen nodig zijn voor vitale assets in de stad. De vraag voor dit onderzoek is dan ook: welke kritieke grondstoffen bevinden zich in de vitale stedelijke assets, en wat kan gezegd worden over de kwetsbaarheid van deze assets?

Dit onderzoek richt zich op acht stedelijke assets. Per asset is onderzocht welke kritieke grondstoffen er in aanwezig zijn. Ook is waar mogelijk een projectie gemaakt van de verwachte toekomstige materiaalvraag per asset, op basis van door de gemeente aangeleverde data en externe onderzoeken. Er is bij elke asset gekeken hoe kwetsbaar de toeleveringsketens zijn vanuit Europees perspectief, en in hoeverre risico's kunnen worden beperkt door levensduurverlenging, substitutie, diversificatie van leveranciers of recycling. De uitkomsten van dit onderzoek bieden de gemeente een feitelijke basis om grondstoffenrisico's voor haar vitale assets te begrijpen en bespreekbaar te maken. Daarmee ontstaat ruimte om tijdig te anticiperen en gerichte acties in te zetten die de weerbaarheid van de stad vergroten.

Energietransitie

- **Windturbines**
- **Zonnepanelen**
- **Warmtepompen**

Openbare werken

- **Rioolgemalen**
- **RWZI's**
- **Beweegbare bruggen**
- **Wegen**

Woningbouw

- **Nieuwbouw woningen**

Overzicht

Kwetsbaarheid assets en leveringsrisico's grondstoffen







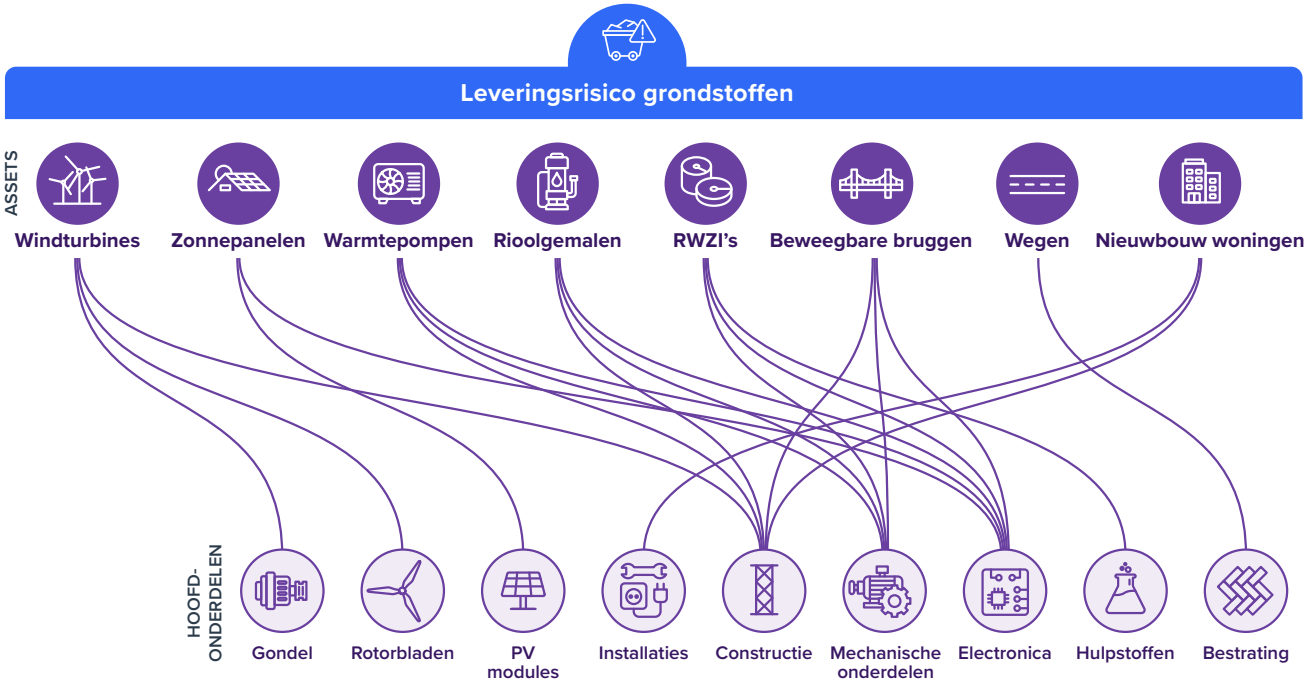
Methode en scope

Het doel van dit onderzoek is om de kwetsbaarheid in kaart te brengen van stedelijke assets in Rotterdam in het kader van kritieke en strategische grondstoffen. De scope beslaat acht assets uit drie domeinen:

- **Energietransitie →** windturbines, zonnepanelen en warmtepompen
- **Openbare werken →** rioolgemalen en rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's), beweegbare bruggen en wegen
- **Woningbouw →** nieuwbouw woningen

Voor elke asset is een materiaalprofiel opgesteld waarin is vastgelegd welke grondstoffen in welke onderdelen voorkomen. Deze profielen zijn vervolgens vermenigvuldigd met projecties van de productie- en vervangingsopgave, deels aangeleverd door de Gemeente Rotterdam en deels opgesteld door Structural op basis van de technische levensduur van de assets en hun onderdelen. De onderdelen zijn gegroepeerd in negen hoofdonderdelen, waarvan sommige type onderdelen terugkomen in verschillende assets (figuur 1). Per onderdeel is onderzocht welke kritieke, strategische en andere relevante grondstoffen veelvoorkomend zijn in dit type onderdeel. Dit wil niet zeggen dat deze grondstoffen altijd voorkomen in de praktijk, maar het biedt een redelijke duiding. Het onderzoek richt zich nadrukkelijk op de identificatie van leveringsrisico's, en de verschillende dimensies die bepalen of een onderbroken levering kan leiden tot verminderde functionaliteit van deze stedelijke assets. Het onderzoek beoogt niet een uitputtende inventarisatie van alle materialen in de stedelijke assets te geven. Daarnaast is er gefocust op kritieke grondstoffen die fysiek aanwezig zijn in de onderzochte assets. Daarmee is de analyse niet uitputtend: ook bij productieprocessen van onderdelen en materialen kunnen kritieke grondstoffen een rol spelen (zoals bijv. magnesium bij staalproductie). Het volledig in kaart brengen van deze indirecte grondstofstromen valt buiten de scope van dit onderzoek.

In figuur 1, is voor elke grondstof de Europese leveringsrisico score weergegeven. Een score van boven de 1 betekent dat een grondstof kritiek is en hoe hoger de score, hoe groter de leveringsrisico's zijn. Meer uitleg over de indeling van de grondstoffen in kritiek en strategisch, evenals de berekening van de Europese leveringsrisico index is te vinden in het het gehele rapport. Het overzicht in figuur 1 geeft een indicatie van welke onderdelen veel of weinig verschillende kritieke grondstoffen bevatten. Dit is echter niet de enige indicator om de kwetsbaarheid van de assets te beoordelen.



		Gondel	Rotorbladen	PV modules	Installaties	Constructie	Mechanische onderdelen	Electronica	Hulpstoffen	Bestrating
STRATEGISCHE GRONDSTOFFEN	Aluminium (Al)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2		
	Borium (B)	3,6					3,6			
	Cerium (Ce)							4,0		
	Dysprosium (Dy)	5,6					5,6			
	Gallium (Ga)			3,9				3,9		
	Germanium (Ge)			1,8				1,8		
	Koper (Cu)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Magnesium (Mg)	4,1	4,1							
	Mangaan (Mn)	1,2	1,2	1,2		1,2	1,2	1,2		
	Neodymium (Nd)	4,5					4,5			
	Nikkel (Ni)	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5		
	Praseodymium (Pr)	3,2					3,2			
	Siliciummetaal (Si)	1,4	1,4	1,4		1,4		1,4		
	Terbium (Tb)	4,9					4,9			
	Titaniummetaal (Ti)						0,5			
	Yttrium (Y)							3,5		
KRITIEKE	Arseen (As)							1,9		
	Niobium (Nb)						4,4			
	Fosfor (P)							3,3		
	Tantaal (Ta)							1,3		
ANDERE RELEVANTE GRONDSTOFFEN	Aluminiumchloride ($AlCl_3$)								*Wel CP**	
	Aluminiumsulfaat ($Al_2(SO_4)_3$)								*Geen CP**	
	Bitumen									n.b.**
	Grind (aggregaat)					0,2				0,2
	Goud (Au)							0,4		
	IJzer (Fe)					0,5	0,5	0,5		
	IJzerchloride ($FeCl_3$)								*Wel CP**	
	IJzersulfaat ($FeSO_4$)								*Geen CP**	
	Natronloog (NaOH)								*Wel CP**	
	Polyelectroliet (P.E.)								*Wel CP**	
	Zilver (Ag)			0,8						
	Zand (silica)				0,3	0,3				0,3

*Continuïteitsproblemen (obv AquaMinerals 2024)
**niet bekend

Europese leveringsrisico score

<0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	4-10

Figuur 1. *Overzicht van de acht assets en generieke onderdelen die hierin voorkomen. Per onderdeel is aangegeven welke kritieke, strategische en andere relevante grondstoffen veelvoorkomend zijn in dit type onderdeel. De score geeft de Europese leveringsrisico index (meer hierover in Deel 2)*

Vijf indicatoren

De beoordeling van de kwetsbaarheid per asset is uitgevoerd aan de hand van vijf indicatoren:

Leveringsrisico grondstoffen:

Gebaseerd op de Europese leveringsrisico scores (samenvatting in figuur 1) (meer uitleg hierover in Deel 2)

Levensduurverlenging:

De mate waarin onderhoud en reparatie kunnen zorgen dat de asset langer mee gaat en totale vervanging kunnen uitstellen.

Substitutiepotentieel:

De beschikbaarheid van alternatieve materialen, technologieën of onderdelen voor de asset zodat bij leveringsproblemen alternatieven kunnen worden ingezet .

Diversiteit van aanbod:

Het aantal en de spreiding van leveranciers en producenten van de totale asset en/of onderdelen.

Recycling potentieel:

De haalbaarheid van terugwinning van kritieke materialen uit assets of onderdelen na het einde van de levensduur.

De risico's en kwetsbaarheid van elke asset is op elke indicator gescoord op een vijfpuntsschaal van "*Gering*" tot "*Zeer substantieel*". Tabel 3 toont een overzicht van de kwetsbaarheid van de acht assets met een korte samenvatting van de onderbouwing voor de scores. De scores zijn gebaseerd op enerzijds het onderzoek (op basis van data van de gemeente Rotterdam en externe bronnen) en anderzijds gesprekken met de assetmanagers en andere experts binnen de gemeente om een zo goed mogelijke beoordeling te maken.

Meer informatie over de achterliggende onderzoeken is te vinden in het gehele rapport waarin dieper wordt ingegaan op de berekeningen en aannames voor elke asset.

Tabel 3. *Samenvatting van de risico- en kwetsbaarheidscores van de acht assets op vijf indicatoren. Vijfpuntsschaal kwetsbaarheid: gering, beperkt, gemiddeld, substantieel, zeer substantieel*

KWETSBAARHEID VAN DE ASSETS	Leveringsrisico grondstoffen	Levensduur-verlenging	Substitutie	Diversiteit van aanbod	Recycling/ circulariteit
Windturbines	**Zeer substantieel:** 90-100% afhankelijkheid China voor permanente magneten; exportbeperkingen 2025-2026; bottleneck 2026 voor REPower EU-doelen.	**Beperkt:** Levensduur 25-30 jaar; robuuste tweedehands-markt; repowering mogelijk; niet-tech-nische barrières (leasecontracten).	**Substantieel:** >50% capaciteit bevat permanente magneten, niet vervangbaar in bestaand ontwerp; merkspecifieke software zorgt voor lock-in.	**Gering:** EU voorziet 88% onshore, 96% offshore; Vestas, Siemens Gamesa, Nordex; nacelle-capaciteit 36,2 GW vs. 12,9 GW installatie.	**Substantieel:** Staal, beton, koper: volwassen ketens; composietbladen: pyrolyse demonstratie-projecten richting 2035; recycling permanente magneten beperkte capaciteit.
Zonnepanelen	**Zeer substantieel:** Sterke productie-concentratie in China; hoge prijsvolatiliteit solar-grade silicium en zilver; concurrentie met halfgeleiderindustrie.	**Zeer substantieel:** Niet ontworpen voor reparatie; geen actieve tweedehandsmarkt; bij uitval omvormer vaak geheel systeem vervangen; gemeente bezit assets niet.	**Zeer substantieel:** Kristallijn silicium (cSi) (95,4%) niet op korte termijn vervangbaar; Europese alternatieven (Solarge) duurder; lage repareerbaarheid beperkt substitutie van onderdelen.	**Zeer substantieel:** Meest extreme concentratie: 0% EU voor ingots/wafers, 1,3% cellen, 0,9% modules; 97% wafers uit China.	**Substantieel:** Omvormers/staal: functionerend; modules: massa-recycling (glas, aluminium); kritieke grondstof terugwinning in vroege fase; businesscase verbeterd door zilverprijs.
Warmtepompen	**Zeer substantieel:** EU 98% afhankelijk van China voor NdFeB-mag-neten; neodymium (4,5) en dysprosium (5,6) hoogste supply risk scores.	**Gemiddeld:** Levensduur 10-15 jaar, tot 20 bij goed onderhoud; regulier onderhoud 1-2x/jaar essentieel.	**Gering:** Alternatieven bestaan (stadsverwarming, hybride, zonneboilers); inductiemotoren zonder magneten mogelijk.	**Gering:** Diverse EU, Japanse en Chinese fabrikanten; ca. 300 productielocaties in Europa; ~70% omzet Europees.	**Gemiddeld:** Twee gecertificeerde recycling faciliteiten in NL; Stichting OPEN €150/ton subsidie; Kritieke grondstof terugwinning uit magneten nog nauwelijks.
Rioolgemalen	**Gemiddeld:** Elektronica: gallium (3,9), germanium (1,8), silicium (1,4); Europa sterk afhankelijk van niet-Europese landen.	**Gemiddeld:** Grote pompen >80 jaar maar onderhoud door leverancier vereist; ~50% dompelpompen geschikt voor herge-bruik na revisie; elektronica ~15 jaar.	**Gemiddeld:** Locatiespecifieke pompen niet uitwissel-baar (maatwerk gietijzer); dompelpomp-en meer standaard; elektronica: leveranci-er-lock-in.	**Gering:** Ca. drie leveranciers per pomptype in regio Rotterdam; meer leveranciers in NL en Europa beschikbaar.	**Gemiddeld:** Volwassen ketens voor koper, aluminium, staal; weinig onbenut potentieel; kritieke grondstof recycling nog beperkt ontwikkeld.
RWZI's	**Zeer substantieel:** Daadwerkelijke tekorten ijzerchloride 2021-2023; FeCl3 afhankelijk van HCl; elektronicaonderdelen vergelijkbaar risico als gemalen.	**Beperkt:** Civiele werken >80 jaar levensduur; hulpstoffen doorlopend nodig maar niet gerelateerd aan levensduur asset.	**Gemiddeld:** Alternatieven voor hulpstoffen (EBPR, PAC); natronloog beperkt substitueerbaar; mechanische delen standaard vervangbaar.	**Gemiddeld:** IJzerchloridemarkt geconcentreerd (top-5 ~58%); PAC betere spreiding (>8 EU-lever-anciers); waterschappen 2-3% van NW-Europese markt.	**Beperkt:** Fosfaatterugwinning tot 80% haalbaar; slib verwerkbaar tot eco-cement en keramiek; mechanische onderdelen standaard recycling.
Beweegbare bruggen	**Gemiddeld:** Risico primair in elektronica (gallium, indium, silicium); staallegeringen stabielere handel-sroutes; geringe maar essentiële massa kritieke grondstoffen.	**Gemiddeld:** Elektronica gering repareerbaar (één-op-één vervang-ing); mechanische onderdelen goed repareerbaar; proactief vervangingsbeleid.	**Gemiddeld:** Mechanische aandrijvingen: maatwerk mogelijk; remmen: hoog substitutiepotentieel (gangbaar staal/gietijzer); elektronica moeilijker.	**Gemiddeld:** Gezonde marktwerking voor mechanische assets; bij hoogwaar-dige automatisering beperkte diversiteit (Siemens dominant).	**Gemiddeld:** Staal en koper: volwassen recyclingketens; terugwinning van kritieke grondstoffen uit elektronica nog onvoldoende.
Wegen	**Gemiddeld:** Bitumen afhankelijk van olieprijs; zand/grind binnenlands onder druk door vergunningen; import uit DE/BE als terugvaloptie.	**Gering:** Modulair onderhoud; elementenverharding per stuk vervangbaar; levensduren 25-60 jaar.	**Gemiddeld:** Asfalt deels vervangbaar door elementverhardingen; betonklinkers door gebakken klinkers; zwaarbelaste wegen beperkt (draagkracht, geluidsnormen).	**Gering:** Vier asfaltcentrales in regio Rijnmond; 10-15 betonklinkerfabrikanten nationaal; korte logistieke ketens.	**Gemiddeld:** Circulaire praktijk bestaat (64.000 m^2 tegels hergebruikt 2024); asfalt: recycling standaard (40-50% granulaat); spanning hoogwaardig recycling vs. menggranulaat.
Nieuwbouw woningen	**Gemiddeld:** Zand/grind niet acuut maar vergunningen verlopen; signalen Cascade over toenemende druk; import uit DE/BE als terugval.	**Beperkt:** Hergebruik casco's beperkt sloop-nieuw-bouw; hergebruik van funderingen vermindert ~15% materiaalgebruik.	**Gemiddeld:** Biobased deels mogelijk; minstens 15% (funderingen) niet substitueerbaar; hoogbouw >6 lagen vereist staal/beton; opschaling CLT kost tijd.	**Gering:** Ca. 110 binnenlandse betoncentrales; beton vrijwel volledig in NL geproduceerd; niet rendabel over grote afstand	**Gemiddeld:** Staal vrijwel volledig gerecycled; beton goed recyclebaar maar kosten wegen niet op; businesscase verbetert bij CO_2-beprijzing (~€350/ton).

Conclusies op hoofdlijnen

De materialen waarmee Rotterdam haar stad draaiende houdt, komen veelal uit ketens waar de stad weinig grip op heeft. Uit onze analyse van de assets in Rotterdam komen drie typen risico's naar voren:

ENERGIETRANSITIE
Afhankelijkheid van China

Bij de energietransitie-assets (windturbines, zonnepanelen, warmtepompen) ligt het zwaartepunt bij geopolitieke afhankelijkheid: Europa is voor de benodigde kritieke grondstoffen en met name de productieprocessen in hoge mate aangewezen op China.

BESTURINGSELEKTRONICA
Onmisbaar én kwetsbaar

Bij bestuurbare assets (rioolgemalen, RWZI's en beweegbare bruggen), is het niet de hoofdconstructie maar de elektronische besturing die de zwakste schakel vormt. De elektronica is onmisbaar voor het functioneren van deze assets en kwetsbaar door de benodigde kritieke grondstoffen voor halfgeleidermaterialen erin.

BULKMATERIALEN
Binnenlandse beschikbaarheid potentieel knelpunt

Bij de bulkmaterialen voor de bouwopgave in de B&U[1] en GWW[2] gaat het om een ander type risico: niet geopolitiek, maar de binnenlandse beschikbaarheid van zand en grind, die mogelijk onder druk staat.

Op de volgende pagina's worden deze drie risico's in meer detail toegelicht. Het achterliggende onderzoek per asset is te vinden in het gehele rapport.

1 B&U: Burgerlijke en Utiliteitsbouw, oftewel de bouw van woningen en werkgebouwen (kantoren, loodsen, bedrijfspanden etc.)
2 GWW: Grond-, Weg- en Waterbouw, oftewel de aanleg van wegen, bruggen, tunnels, sluizen en dergelijke kunstwerken.

ENERGIETRANSITIE
Afhankelijkheid van China

Asset	Omvang in 2025	Risico's	Impact in slechtste geval	Beheer	Mogelijke acties voor gemeente
Windturbines	327 MW geïnstalleerd windvermogen	90–100% afhankelijk van China voor permanente magneten	Deel van duurzame energielevering kan niet in stand gehouden worden.	Private partijen, beperkte invloed gemeente	• Ondersteuning hergebruik en recycling kritieke grondstoffen • Aansluiten bij (inter)-nationale initiatieven tbv weerbaarheid
Zonnepanelen	350 MWp geïnstalleerd zonne-energie vermogen	75–97% van de PV productieketen ligt in China	Deel van duurzame energielevering kan niet in stand gehouden worden als vervanging (circa 4-6% van voorraad) niet mogelijk is.	Private partijen, beperkte invloed gemeente	• Stimuleren levensduurverlenging • Ondersteunen inzameling van en winning uit oude panelen (via inkoop) • Stimuleren inkoop panelen met lagere kwetsbaarheid
Warmtepompen	niet geraamd	Moderne pompen bevatten compressors met permanente magneten	Deel van de warmtelevering valt uit als vervanging (circa 6% voorraad) niet mogelijk is.	• Privaat voor individuele pompen • Publiek voor collectieve pompen	• Stimuleren levensduurverlenging en hergebruik onderdelen • Meewegen materiaalbeschikbaarheid in onderhoudsplanning

Dit betreft belangrijke assets binnen Rotterdam, met een in 2024 totale geïnstalleerde capaciteit van 350 MWp aan zonnepanelen (wat overeenkomt met het verbruik van 108.000 huishoudens) en 327 MW aan windturbines (wat overeenkomt met het verbruik van 375.000 huishoudens).[3] De meeste turbines leveren terug aan het openbare net, en een deel van deze energie wordt gebruikt voor de industrie of voor kunstwerken, zoals tunnels en bruggen.

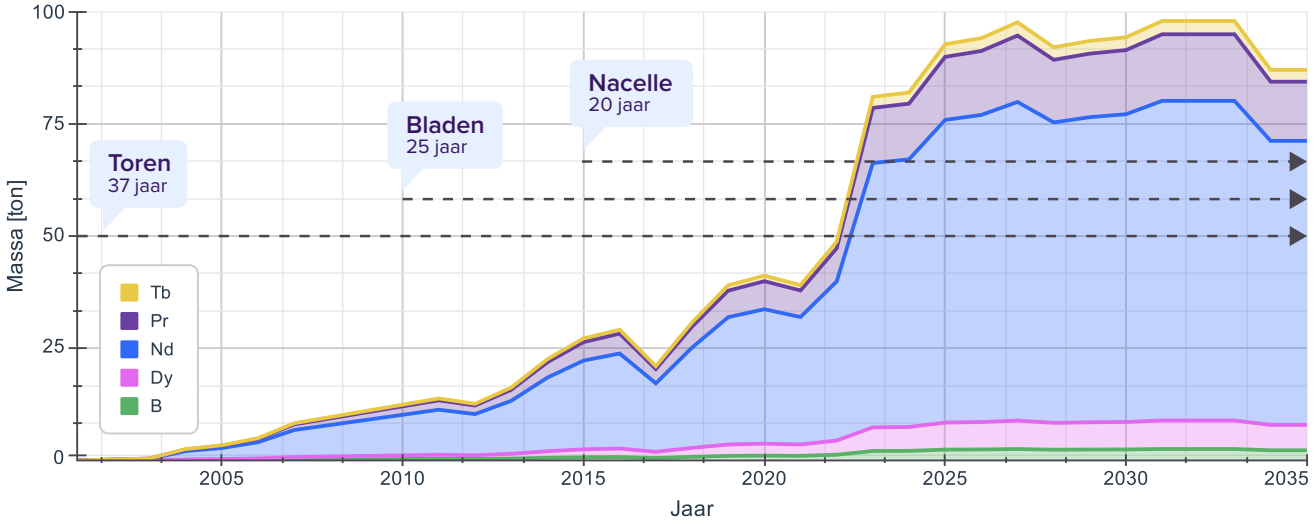
De uitdagingen met betrekking tot de grondstoffen tussen zonnepanelen en windturbines verschillen aanzienlijk:

Windturbines:

Meer dan de helft (ca 53%) van het geïnstalleerde vermogen van de windturbines in Rotterdam is afhankelijk van permanente magneten in de gondel, waarvoor Europa voor 90-100% afhankelijk is van Chinese raffinage van zeldzame aardmetalen zoals neodymium en dysprosium zie figuur 2. In 2035 zal er in de Rotterdamse windturbinevoorraad zich circa 5 ton dysprosium en 63 ton neodymium bevinden in de gondel.[4] Deze materialen bevinden zich in nieuwere, efficiëntere windturbines met een groot vermogen. Tevens worden in de bladen van alle typen molens grote hoeveelheden magnesium gebruikt, waarvan 90% ook uit China[5] afkomstig is. De overige onderdelen (mast en fundering) bestaan voornamelijk uit materialen uit staal en beton.

Windturbines profiteren daarentegen van een sterke Europese industriële basis voor de productie van de *onderdelen* (in tegenstelling tot winning en verwerking van grondstoffen): ongeveer 88% van de onshore-capaciteit wordt gebouwd door Europese fabrikanten, en er is een functionerende tweedehandsmarkt. Het terugwinnen van materialen en het behoud ervan binnen de EU (bijvoorbeeld door tweedehands windturbines niet buiten de EU te exporteren) kan zo de strategische autonomie van de EU bevorderen, al wordt dit om verschillende redenen nog nauwelijks gedaan.[6] Een praktische is bijvoorbeeld dat de huidige tweedehands modellen in het algemeen nog de gearbox-modellen zijn, met minder kritieke grondstoffen.

3 De huishoud-equivalenten voor windturbines en zonnepanelen verschillen doordat deze anders berekend worden (o.a. obv draaiuren vs obv zon).
4 Dit komt neer op een langjarige gemiddelde vraag van 2 ton neodymium uitgaande van een levensduur van de gondel van ca 60 jaar.
5 Eyes on Europe (2025) Offshore Wind Power, the path for energy independence for Europe?
6 TNO (2020) Offshore wind farm decommissioning



Figuur 2 *Materiaalvoorraad in windturbines 2000-2035*

Zonnepanelen:

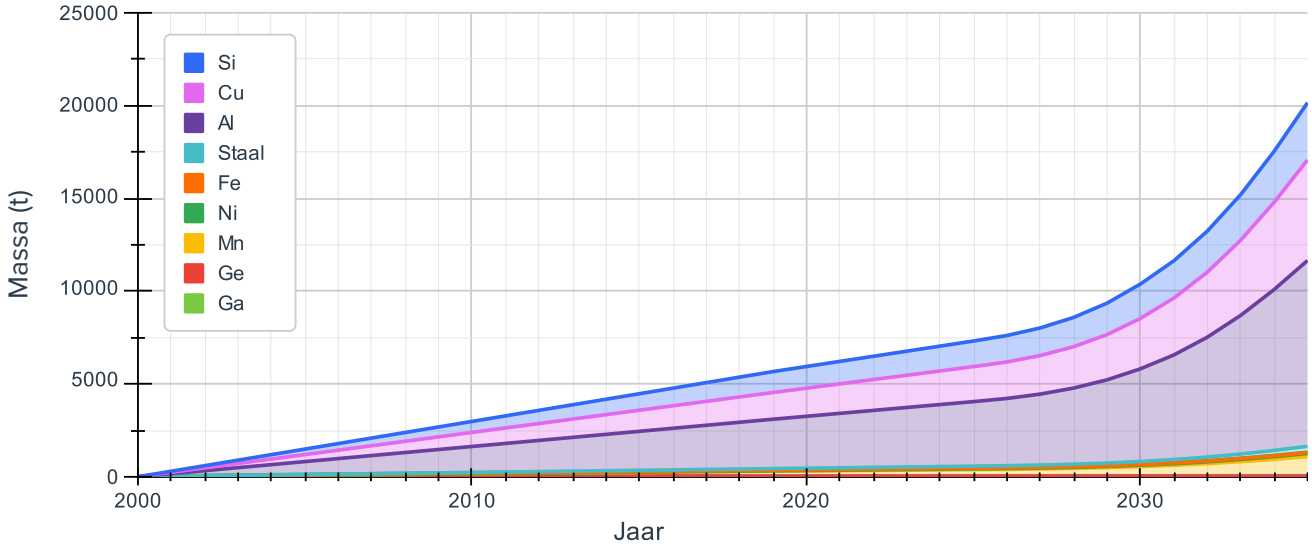
Bij zonnepanelen ligt de kwetsbaarheid anders. Hoewel enkele grondstoffen in kristallijn-silicium (cSi)[8] panelen op de lijst van kritieke materialen staan, hebben ze geen zeer hoge score (bijvoorbeeld silicium met een score van 1.4 en mangaan met een score van 1.2, waarbij een score hoger dan 1 duidt op een kritieke grondstof). De gehele productieketen, van polysilicium tot wafers, cellen en modules, wordt echter voor 75-97% door China beheerst.

Ook al kan gezegd worden dat de 'zonne-energie in revolutie' in Europa – met name in Duitsland – is begonnen, beschikt Europa nauwelijks meer over de eigen productiecapaciteit voor de cruciale tussenstappen (ingots, wafers, cellen) en is daarmee niet zozeer afhankelijk van kritieke grondstoffen, maar van het volledige eindproduct. Bepaalde productiestappen, zoals het creëren van zuiver polysilicium, vinden onder andere in China plaats omdat een groot deel van de kosten (energie, arbeid, schaalvoordelen en subsidies) aanzienlijk lager zijn.

De vervangingsopgave is hier significant. Zonnepanelen hebben een technische levensduur van circa 25 jaar, maar in de praktijk worden deze sneller vervangen. Bijvoorbeeld, wanneer de inverter faalt (met een levensduur van circa 15 jaar) wordt vaak de keuze gemaakt om het gehele zonne-energiesysteem te vervangen. Verder zijn de backsheets uit China van een lage kwaliteit wat het recyclen van deze materialen moeilijker maakt.

Dit komt in een realistisch scenario neer op een uitstroom van 100.000 - 166.000 panelen per jaar in Rotterdam na 2035. Dat betekent tevens dat vanaf 2035, *ieder jaar circa* 40-66[9] MWp (elektriciteit van 12.000 - 20.000 huishoudens equivalent o.b.v. 2023 verbruik[10]) afhankelijk zijn van productieketens in China. Het verminderen van deze afhankelijkheid door het terugbrengen van bepaalde productieketens naar Europe, het terugwinning van materialen, en het verlengen van de levensduur en het vergroten van de repareerbaarheid van panelen is daarom van strategisch belang. Hier kan ook gedachtworden aan het stimuleren van de inkoop van hoogwaardige PV panelen met Europese productieketens, bijvoorbeeld door de meerkosten te subsidieren. Op het moment zijn er verkenningen binnen Nederland (o.a. TNO, zie hoofdstuk Zonnepanelen) van de terugwinning van materialen begonnen - al is het nog niet op grote schaal - en lijkt de businesscase voor het terugwinnen van de materialen te verbeteren o.a. door de hoge zilverprijs. Echter, wanneer productie alsnog elders plaatsvindt, blijft de afhankelijkheid en dus de kwetsbaarheid bestaan.

7 JRC (2025), EU EC & JRC (2020)
8 Dit zijn de meest voorkomende panelen met marktaandeel van circa 95%
9 Levensduur van 15 en 25 jaar als onder en bovengrens.
10 Of 4-6% van het geïnstalleerde vermogen van zonnepanelen



Figuur 3. *Boven en onder: Massa materiaalvoorraad in zonnepanelen (inclusief inverters) als gevolg van het scenario "eigen koers / corporate power" in het areaal in ton.*

Component	Massa (ton)	Euro/ton[41]	Waarde (Euro, afgerond)
Aluminium	603,34	2.500	1.508.000
Koper	370,05	8.000	2.960.000
Silicium	332,68	9.000	2.994.000
Zilver	1,51	2.500.000	3.782.000
Totaal			**11.244.000**

Figuur 1. *Materiaal-uitstroom en waarde ingebedde materialen als het gevolg van de vervanging zonnepanelen. Dit betreft 'pure' waarde zonder rekening houdend met het extractieproces. Vervanging is gebaseerd op de levensduur van de onderdelen van het areaal zonnepanelen uitgaande van het geïnstalleerde vermogen in 2035.*

Warmtepompen:

Ook warmtepompen bevatten verschillende strategische en kritieke grondstoffen. De grootste kwetsbaarheid zit in de compressormotoren die aanwezig zijn in nieuwere warmtepompen. Deze bevatten NdFeB-permanente magneten met neodymium en dysprosium, materialen waarvoor de EU voor 98% afhankelijk is van China zoals eerder vermeld. Daarnaast bevatten aanzienlijke hoeveelheden strategische materialen, zoals koper (warmtewisselaars, leidingen en wikkelingen), aluminium (behuizingen), staal (frame en structuur) en elektronische componenten (PCB's). Op het moment van schrijven waren nog geen projecties bekend van de verwachte geïnstalleerde capaciteit aan warmtepompen in Rotterdam in 2035.

Echter, een levensduur van 15 jaar zou betekenen dat ieder jaar ca 6% van de voorraad vervangen zal worden. Mocht een significant aandeel van de warmte worden geleverd door warmtepompen, dan betekent dit dat een groot deel van de warmtevoorziening dus afhankelijk wordt van de beschikbaarheid van kritieke grondstoffen.

Aan de andere kant, in tegenstelling tot bij zonnepanelen, wordt de recycling van warmtepompen al wel uitgevoerd in Nederland. Dit richt zich voornamelijk op de terugwinning van grondstoffen zoals koper en aluminium.[11] Voor de terugwinning van de kritieke grondstoffen lijkt op dit moment echter nog geen business case te zijn.

11 TNO (2024) Het potentieel om kritieke grondstoffen uit de Nederlandse 'urban mine' terug te winnen - een verkenning van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur

BESTURINGSELEKTRONICA
Onmisbaar én kwetsbaar

Asset	Omvang	Risico's	Impact in slechtste geval	Beheer	Mogelijke acties voor gemeente
Rioolgemalen	1.090 rioolgemalen in beheer	Besturingssystemen afhankelijk van kritieke grondstoffen van buiten Europa	Uitval (gedeelte) van de pompen zorgt voor overstromingen van riool met als gevolg risico's volksgezondheid	Gemeente	• Proactief inkopen kritieke elektronica onderdelen • Meewegen materiaalbeschikbaarheid in onderhoudsplanning • Sturing op recycling via inkoop
RWZI's (incl. hulpstoffen)	4 RWZI's	Afhankelijkheid besturingssystemen en levering hulpstoffen kan vertraging oplopen	Onvoldoende zuiver-ingscapaciteit zorgt voor lagere effluent waterk-waliteit, vervuiling van oppervlaktewater en druk op drinkwatervoor-zieningen	Water-schappen	• Samenwerking en ondersteuning aan waterschappen voor weerbaarheid strategie
Beweegbare bruggen	41 beweegbare bruggen	Besturingssystemen afhankelijk van kritieke grondstoffen	(Tijdelijke) uitval beweegbare bruggen wat mobiliteit onderbreekt	Gemeente	• Proactief inkopen kritieke elektronica onderdelen • Beschikbaarheid ,meewegen in onderhoudsplanning • Sturing op recycling via inkoop

In 2025 telde Rotterdam 4 RWZI's en 1.090 rioolgemalen, variërend in omvang en type. Zowel rioolgemalen als RWZI's zijn voor het functioneren sterk afhankelijk van elektronica voor continue monitoring en aansturing. Verder zijn er circa 41 beweegbare bruggen, waarvan zeker 70% besturingssystemen met PLC's (Programmable Logic Controllers) of SCADA-systemen (Supervisory Control and Data Acquisition) hebben. Deze drie assets hebben een vergelijkbare vorm van kwetsbaarheid, waarbij onderscheid gemaakt kan worden tussen constructieve onderdelen en elektronische besturingssystemen.

- **Constructieve onderdelen:** de constructieve onderdelen (beton, staal, gietijzer) kennen een lange levensduur en stabiele toeleveringsketens.
- **Elektronische besturingssystemen:** De grootste kwetsbaarheid zit in de elektronische besturingssystemen (PLC's, sensoren, SCADA-systemen), die strategische kritieke grondstoffen bevatten zoals Gallium (leveringsrisico 3,9), Germanium (1,8) en Silicium (1,4), materialen waarvoor Europa sterk afhankelijk is van niet-Europese productie.

Het voornaamste signaal dat de gemeente ontvangt wanneer er spanning ontstaat in de keten, is een oplopende levertijd. Wanneer levertijden oplopen, blijven de achterliggende oorzaken veelal onbekend, of het nu gaat om tijdelijke logistieke haperingen of om structurele schaarste, is voor de gemeente niet te onderscheiden. Bijvoorbeeld, tijdens de coronacrisis werden wereldwijde verstoringen opgevangen door onderhoudsperiodes te verlengen en betrokkenen te informeren over vertragingen. Wanneer schaarste meer structureel wordt, zal proactieve sturing nodig worden.

Het aanleggen van strategische voorraden is het belangrijkste middel om elektronicaschaarste het hoofd te bieden. De gemeente koopt waar mogelijk reserveonderdelen in voor verouderende systemen (inclusief tweedehands exemplaren) om de periode tot geplande renovaties te overbruggen waar nodig. Financiële middelen hiervoor zijn wel beperkt. Daarnaast is het reeds de gewoonte om voor functionerende elektronica vervangende modules op voorraad te hebben en bij voorkeur voor het einde van de technische levensduur te vervangen om uitval te voorkomen. Op deze manier wordt ook voorkomen dat onderdelen op moment van falen niet voorhanden zijn. Bij de planning van renovaties wordt eveneens al rekening gehouden met de beschikbaarheid van onderdelen. Bruggen met sterk verouderde elektronica krijgen voorrang, mede om het probleem van onverkrijgbare reserveonderdelen te omzeilen. Een formele koppeling tussen renovatieplanning en materiaalbeschikbaarheid ontbreekt echter vooralsnog. Bij RWZI's komt daar een tweede risico bij: de afhankelijkheid van hulpstoffen zoals ijzerchloride, waarvoor in 2021-2023 daadwerkelijke tekorten zijn opgetreden. Met deze opgave zijn de waterschappen al proactief bezig om te kijken hoe kwetsbaarheid kan worden verminderd.

BULKMATERIALEN

Binnenlandse beschikbaarheid potentieel knelpunt

Asset	Omvang	Risico's	Impact in slechtste geval	Beheer	Mogelijke acties voor gemeente
Wegen (betonstraatstenen, asfalt)	300.000 m^2 jaarlijkse vervanging aan wegen	Binnenlandse toevoer grondstoffen kan beperkter worden	• Wegkwaliteit verslechtert door achterstallig onderhoud (risico's waardeverlies en verkeersveiligheid), • Vertraging in nieuwe aanleg.	Gemeente	• Hoogwaardig hergebruik betonklinkers en recycling freesasfalt verder stimuleren • Sturing op verhogen recycling percentages via inkoop
Woningen (funderingen, constructies)	42.100 woningen te bouwen (2025-2035)	Binnenlandse toevoer grondstoffen kan beperkter worden	Vertraging in realisering van woningbouwdoelen	Private sector	• Stimuleren hergebruik materialen • Stimuleren alternatieve bouwmethoden (e.g. biobased bouwen)

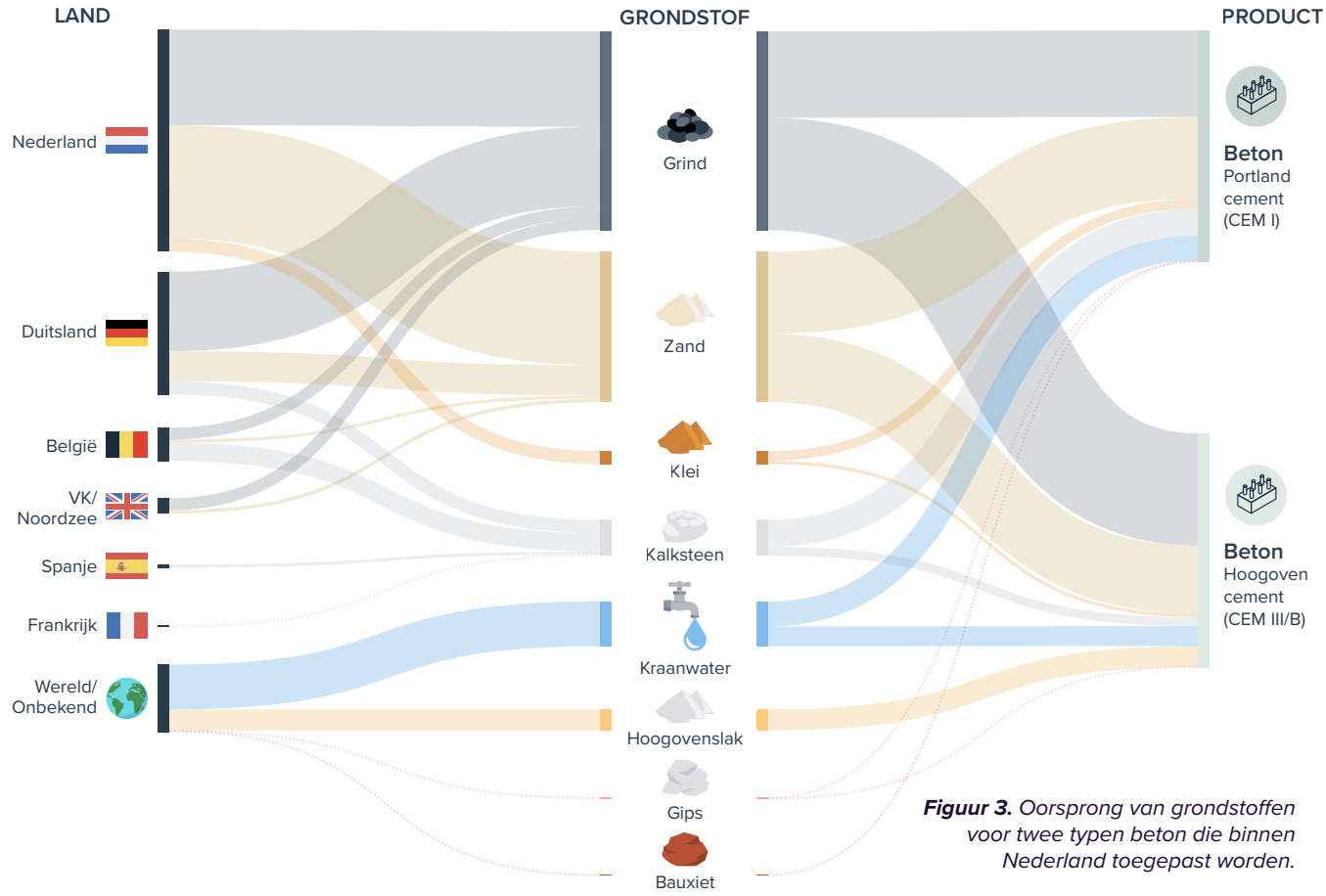
Naast de kritieke en strategische grondstoffen in hightech componenten, is Rotterdam ook afhankelijk van grote volumes bulkmaterialen (met name beton en asfalt) voor de nieuwbouw van woningen en het onderhoud van wegen. Hoewel deze materialen niet op de EU-lijst van kritieke grondstoffen staan, zijn er wel degelijk strategische risico's verbonden aan hun beschikbaarheid.

De nieuwbouwopgave domineert de materiaalvraag: voor de periode 2025–2035 ramen wij voorzichtig circa 500 kton beton per jaar in Rotterdam, wat neerkomt op circa 2% van de totale Nederlandse B&U-vraag. Voor de openbare ruimte is circa 35 kton per jaar nodig voor de vervanging van betonstraatstenen en trottoirtegels (naast wat er al hergebruikt wordt aan stenen en tegels).

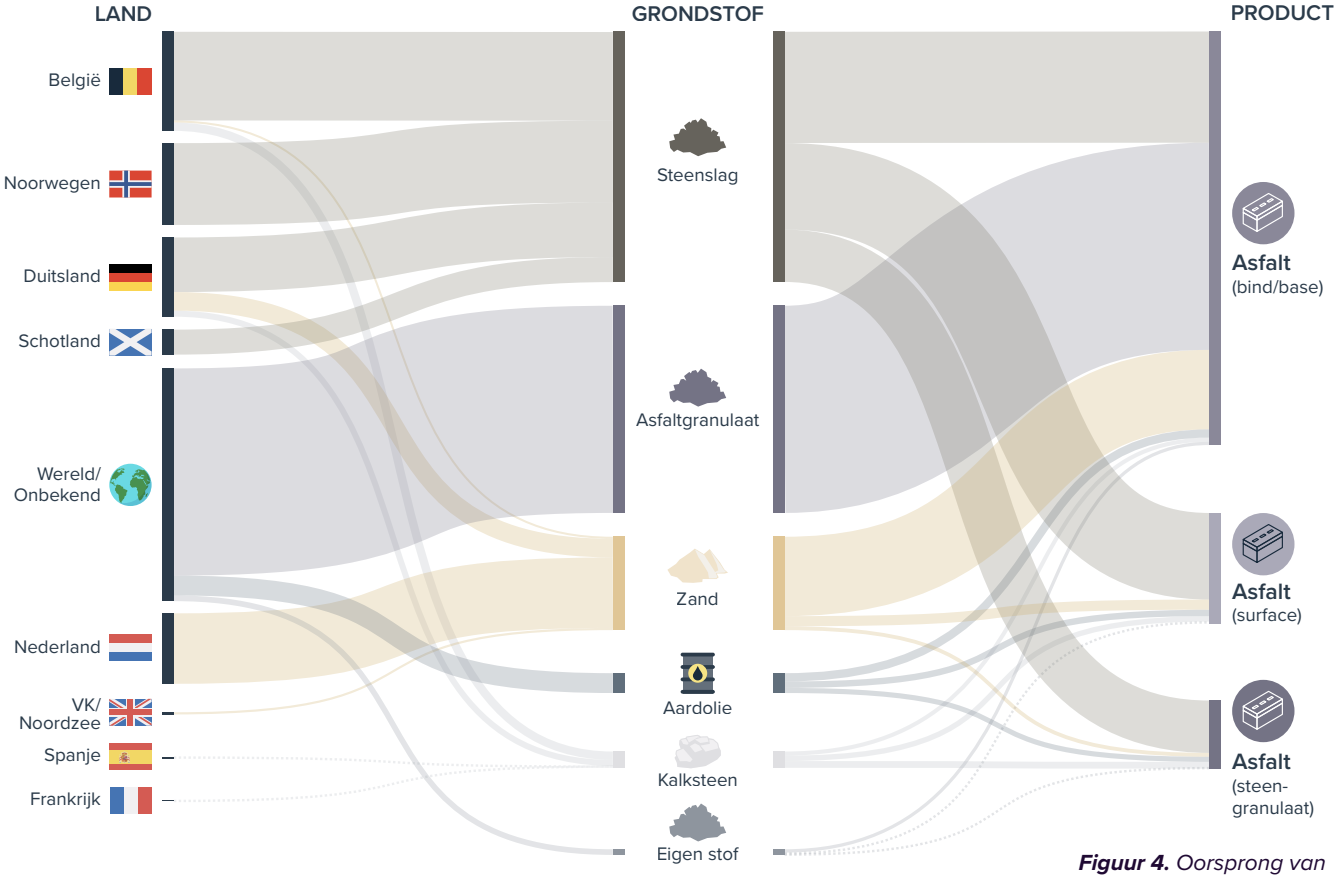
Een belangrijk verschil met de energietransitie-assets is dat de risico's hier niet zozeer liggen in geopolitieke afhankelijkheid van één land, maar in de binnenlandse beschikbaarheid van winningslocaties en de prijsgevoeligheid van materialen die op de wereldmarkt worden verhandeld (bv. bitumen). De sector kent al een sterke circulaire praktijk. In 2024 werd in Rotterdam in 213 projecten ruim 64.000 m^2 tegels en 31.000 m^2 straatstenen hergebruikt, maar bij de nieuwbouw is de afhankelijkheid van primaire grondstoffen nog groot. Het sturen op alternatieve bouwmethoden en het versterken van circulaire ketens kan deze blootstelling verminderen. Echter, met de bestaande bouwopgave, waarbij een significant aantal woningen wordt verwacht te worden gerealiseerd, is dit niet voldoende. Ook hergebruik van bepaalde structuren (bv. renovaties), levensduurverlenging en het gebruik van alternatieve elementen moeten ingezet worden om deze blootstelling verder te verminderen.

Het productieproces van beton bestaat uit het mengen van aggregaten (zand en grind) met een bindmiddel (cement). Deze materialen worden geproduceerd door circa 110 binnenlandse betoncentrales. Momenteel zijn er geen signalen vanuit de bouwsector over een acuut tekort aan grondstoffen voor beton. Echter, verder stroomopwaarts in de keten zijn wel signalen, onder andere van brancheorganisatie Cascade, dat de winning van grind en industriezand in Nederland onder toenemende druk staat. Winningsvergunningen verlopen en nieuwe vergunningen worden steeds moeilijker verkregen. Mocht de binnenlandse grondstofvoorziening haperen, dan verschuift de afhankelijkheid naar import van zand en grind uit Duitsland en België. Dit brengt twee risico's met zich mee: hogere transportkosten (en een hogere CO_2-voetafdruk) en concurrentie met de vraag vanuit die landen zelf. Gezien de omvang van de Rotterdamse vraag, kunnen verstoringen in de aanvoer leiden tot vertragingen in de woningbouwproductie.

Voor de aanleg en het onderhoud van asfaltwegen spelen vergelijkbare risico's, alhoewel wellicht op een kleinere schaal. De vraag naar zand voor asfalt bedraagt circa 4,5 kton per jaar. Andere grondstoffen voor asfalt, zoals steenslag, worden reeds binnen de EU gewonnen en kennen stabielere toeleveringsketens. Het strategische aandachtspunt voor asfalt ligt bij het bindmiddel: bitumen. Dit wordt als restproduct uit de aardolieraffinage gewonnen. De prijs hiervan wordt bepaald op de wereldmarkt en is daarmee gevoelig voor geopolitieke verschuivingen en schommelingen in de olieprijs. Op langere termijn kan de beschikbaarheid van bitumen ook onder druk komen te staan door de sluiting van raffinaderijen als gevolg van de energietransitie. Er bestaan alternatieve (biobased) bindmiddelen maar deze worden nog niet op grote schaal ingezet.



Figuur 3. *Oorsprong van grondstoffen voor twee typen beton die binnen Nederland toegepast worden.*



Figuur 4. *Oorsprong van grondstoffen voor asfalt dat binnen Nederland toegepast wordt.*

Wat betekent dit voor de gemeente

Voor veel vitale assets is Rotterdam afhankelijk van toeleveringsketens waar de gemeente weinig tot geen directe invloed op heeft. Op EU- en nationaal niveau groeit de aandacht voor grondstoffen leveringsrisico's, maar op gemeentelijk niveau worden deze risico's over het algemeen nog nauwelijks als urgent ervaren omdat de directe toelevering van onderdelen en grondstoffen nog zelden tot concrete problemen heeft geleid. Toch zijn de risico's zichtbaar en voorspelbaar. Vergelijkbaar met de opkomst van netcongestie, kunnen we de problemen zien aankomen, en het is verstandig om tijdig te acteren.

Welke invloed heeft de gemeente

Het versterken en doorvoeren van circulaire economie principes is een van de belangrijkste manieren om de risico's te verminderen. Dit kan op uiteenlopende manieren vorm krijgen: van het aanscherpen van assetmanagementbeleid en het opzetten van programma's voor materiaalterugwinning (bijvoorbeeld voor vrijkomende magneten), tot subsidies voor hoogwaardige vervanging (bijvoorbeeld kwalitatief betere zonnepanelen) en lobbyactiviteiten richting het Rijk of Europa, bij voorkeur in samenwerking met andere gemeenten. Daarbij is van belang wie de asset beheert, en daarmee invloed heeft op inkoop-, onderhouds- en vervangingsbeslissingen. Dit onderscheid bepaalt welk type beleid de gemeente kan inzetten. Bij assets die de gemeente zelf beheert, zoals rioolgemalen, beweegbare bruggen en wegen, is directe interventie mogelijk via assetmanagement: het proactief aanleggen van voorraden van kwetsbare componenten, het meewegen van materiaalbeschikbaarheid in renovatieplanning, en het sturen op hergebruik en recycling aan het einde van de asset levensduur, mede via inkoopbeleid.

Bij assets in privaat of extern beheer, zoals zonnepanelen (particulieren en bedrijven), windturbines (exploitanten) en nieuwbouw woningen (marktpartijen), is de rol van de gemeente een andere. Hier ligt de ruimte in markt- en faciliterend beleid: het wegnemen van barrières voor recycling en hergebruik, het ondersteunen van business cases voor levensduurverlenging, en het sturen op materiaalgebruik via vergunningen en subsidievoorwaarden. De gemeente kan de condities scheppen waaronder marktpartijen keuzes maken die de weerbaarheid van het systeem als geheel vergroten.

Terugwinning steviger in beleidskaders op alle niveaus

Het eerdere Europese recyclingbeleid was voornamelijk gericht op massa: hoeveel ton materiaal werd ingezameld en gerecycled. Hoewel effectief voor het vergroten van volumes, kregen bulkmaterialen zoals glas en aluminium relatief meer aandacht. Strategische en kritieke materialen, zoals silicium en zeldzame aardmetalen, gaan bij deze focus verloren omdat het om relatief kleine hoeveelheden gaat. De EU Batterijverordening van 2023 markeert een koerswijziging: naast gewichtsdoelen introduceert zij ook materiaalspecifieke terugwinningsdoelen en verplichte percentages gerecycled materiaal in nieuwe producten. Dit beleid stimuleert tegelijk het aanbod van én de vraag naar secundaire grondstoffen en vormt zo een belangrijke stap richting meer robuuste grondstoffenketens.

Voor Rotterdam is deze verschuiving direct relevant. Naast de tonnen staal en beton die mogelijk strategische risico's vormen, zijn het vooral de kilogrammen neodymium, dysprosium en gallium die de zwaarwegende risico's vertegenwoordigen. Een beleidskader dat, als versterking van circulariteit, ook specifiek stuurt op de terugwinning van deze materialen, sluit beter aan bij de strategische belangen van de stad.



Foto: Open groeve mijn in Portugal waar veldspaat wordt gewonnen.

Uitleg: EU indeling kritieke en strategische grondstoffen

In dit rapport wordt de grondstoffen indeling van de Europese Commissie[12] aangehouden wat betreft Kritieke en Strategische grondstoffen (figuur 5). Daarnaast zijn ook een aantal andere relevante grondstoffen meegenomen in het onderzoek.

Kritieke grondstoffen

De Europese Commissie heeft als onderdeel van de Critical Raw Materials Act een lijst opgesteld met kritieke grondstoffen. Kritieke grondstoffen zijn grondstoffen die van groot economisch belang zijn voor de Europese economie en die gepaard gaan met een hoog leveringsrisico. Dit risico ontstaat vaak doordat beschikbaarheid van de grondstof gelimiteerd is en winning en/of verwerking geconcentreerd is in een klein aantal landen (zoals bijv. China voor zeldzame aardmetalen), waardoor de EU kwetsbaar is voor tekorten en geopolitieke druk.

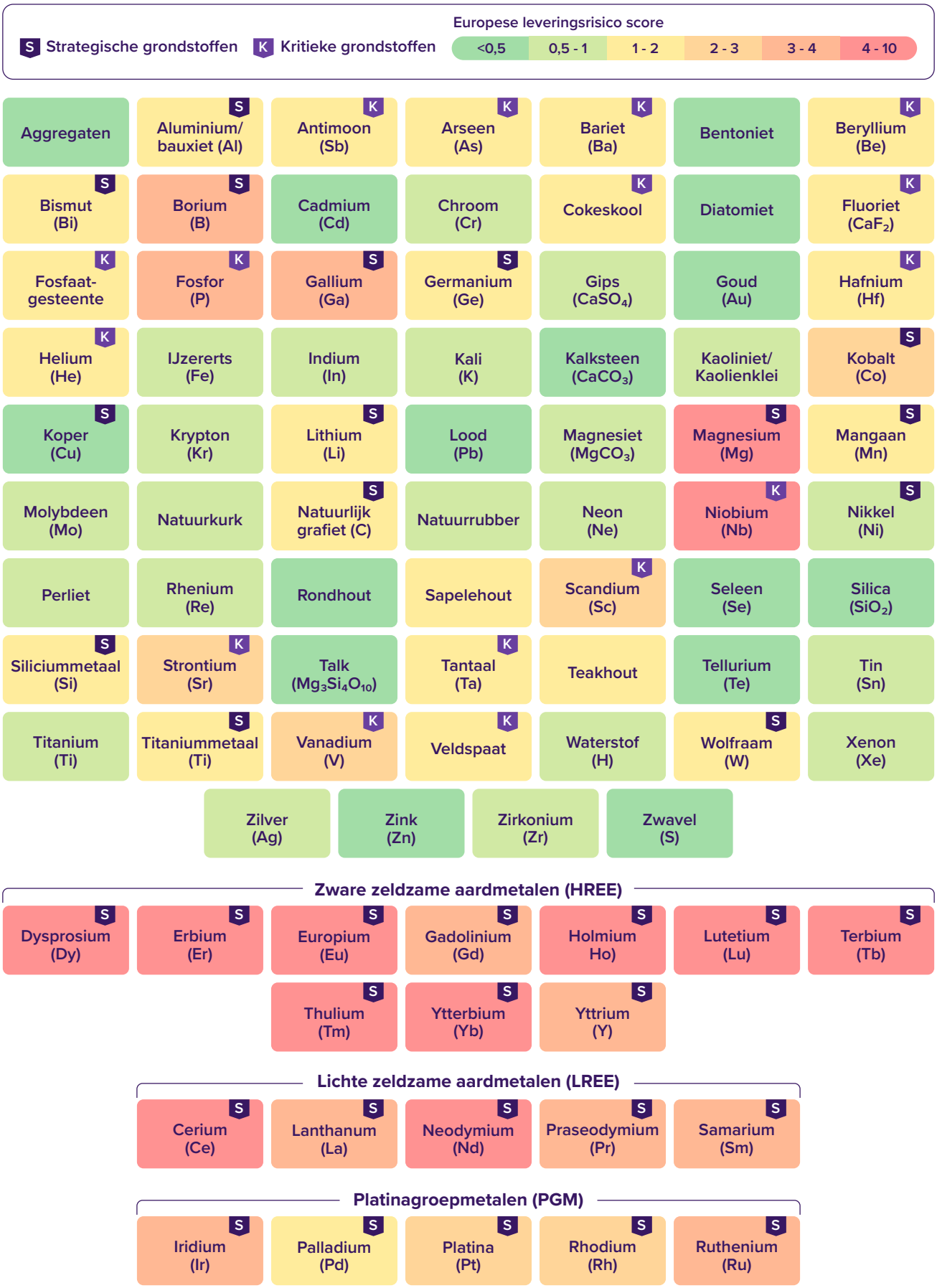
De EU-methodiek gebruikt twee criteria om te beoordelen of een grondstof kritiek is: leveringsrisico (SR ≥ 1,0) én economisch belang (EI ≥ 2,8). Voor beide criteria is een uitgebreide formule om deze scores te berekenen (zie box leveringsrisico index). Aan beide drempels moet tegelijkertijd worden voldaan om als kritieke grondstof te worden aangemerkt. Bijvoorbeeld de tropische hardhoutsoorten sapele hout en teakhout hebben beide wel een leveringsrisico score van boven de 1,0 maar omdat het economisch belang niet groot genoeg is, zijn ze niet aangemerkt als kritiek.

Strategische grondstoffen

Strategische grondstoffen zijn een specifieke subcategorie van de kritieke grondstoffen. Deze worden als strategisch aangemerkt omdat ze onmisbaar zijn voor groene en digitale technologieën die Europese ontwikkeling en duurzame transitie ondersteunen. Denk hierbij aan grondstoffen voor batterijen, windturbines en halfgeleiders voor elektronica. Van strategische grondstoffen wordt verwacht dat de toekomstige vraag sneller zal groeien dan het aanbod kan meegroeien. Om deze reden zijn ook Koper en (batterij-kwaliteit) Nikkel aangemerkt als strategische grondstof, ondanks dat deze twee volgens de methodiek (nog) niet kritiek zijn maar door de verwachte vraaggroei wel strategisch. De EU heeft doelen gesteld om de Europese autonomie en onafhankelijkheid van strategische grondstoffen te vergroten. Voor 2030 is het doel om binnen Europa 10% winning, 40% verwerking en 25% recycling van deze grondstoffen te bevorderen.

Andere relevante grondstoffen

In dit rapport komt ook nog een derde groep genaamd “andere relevante grondstoffen” aan bod. Dit betreft grondstoffen die relevant zijn in relatie tot de acht onderzochte assets en een strategisch belang hebben specifiek binnen Nederland, bijvoorbeeld omdat de nationale winning mogelijk in de toekomst beperkt kan worden.



Figuur 5. *Grondstoffen indeling in Strategisch of Kritiek (aangegeven met S of K) volgens de Europese Commissie (CRM Act 2024). Daarnaast geeft de kleur de Europese leveringsrisico index weer, wat een van de belangrijke factoren is om te bepalen of een grondstof kritiek is.*



Structural Collective

info@structuralcollective.nl
structuralcollective.nl
Amsterdam, The Netherlands