

Circulariteit en Mobiliteit in Rotterdam



Radarweg 60
1043 NT Amsterdam

www.tno.nl

T +31 88 866 50 10

TNO-rapport

TNO 2022 R11827

Circulariteit en Mobiliteit in Rotterdam

Datum	4 oktober 2022
Auteur(s)	Ton Bastein, Elmer Rietveld, Geiske Bouma, Marjolein Heezen
Aantal pagina's	68 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Gemeente Rotterdam
Projectnummer	060.52118

Alle rechten voorbehouden.

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

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

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

© 2022 TNO

Samenvatting

In deze verkenning naar Circulariteit en Mobiliteit in Rotterdam staat de vraag centraal wat de gevolgen zijn van de mobiliteitstransitie voor materiaalstromen naar Rotterdam, de milieu-consequenties daarvan, de impact op de lokale economie en tot slot wat het gemeentelijk handelingsperspectief is met betrekking tot de gevolgen van deze transitie.

Dit onderzoek is uitgevoerd in de periode januari tot en met juli 2022. Door middel van desk research, interviews en workshops is kennis vergaard en ontwikkeld.

In het rapport gaan we in op de transitie naar elektrisch vervoer en de introductie van (eventueel elektrisch) deelvervoer. Afgezien van de milieu-impact van de materialen voor elektrische auto's zelf (zie hoofdstuk 2), hebben we ook aandacht voor levensduur en onderhoud van deze auto's (hoofdstukken 2 en 3) en de stand van recycling.

Ten aanzien van **elektrische auto's en consequenties voor materiaalgebruik** (zie hoofdstuk 2) zien we het volgende:

- Het aantal elektrische auto's neemt toe en daarmee ook materiaalgebruik voor de accupakketten;
- Recycling en hergebruik nemen sterk in belangstelling toe, maar dekken de behoefte niet;
- De positieve milieu-impact van de introductie van elektrische auto's staat buiten kijf;
- Inzet van waterstof lijkt alleen een alternatief voor zwaarder vervoer over langere afstand.

Voor beleidsvorming in Rotterdam kunnen de volgende inzichten worden ontleend:

- Inzetten op elektrisch rijden is vanuit milieuoogpunt sterk aan te bevelen.
- De totale materiaalbehoefte door elektrisch vervoer zal groter zijn dan het huidige aanbod hetgeen kan leiden tot het naar beneden bijstellen van duurzaamheidsambities.
- De verwachte krapte van grondstoffen voor elektrisch vervoer is een aanleiding om na te denken over de bijdrage die deelmobiliteit kan leveren aan vermindering van die behoefte.
- Recycling en hergebruik zijn (nog steeds) in ontwikkeling en kunnen elk een nuttige rol vervullen in het energiesysteem en in de materiaalbehoefte; mede gezien de logistieke mogelijkheden in de haven zou de gemeente de ontwikkelingen op deze vlakken actief moeten volgen en analyseren welke mogelijkheden dit Rotterdam kan bieden.
- Inzetten op waterstof als energiedrager zal naar verwachting beperkt blijven tot specifieke toepassingen.

Ten aanzien van **circulaire economie en economische consequenties** (zie hoofdstuk 3) zien we het volgende:

- De werkgelegenheid rond automobilititeit in Rotterdam bedraagt bijna 10.000 FTE, waarvan bijna driekwart betrokken is bij verschillende vormen van 'circulaire' dienstverlening.

- Wat de transitie naar elektrisch rijden qua werkgelegenheid betekent is niet duidelijk, maar wel dat andere eisen gesteld gaan worden aan opleidingen in de automobielsector.
- De huidige business cases rond (zeker elektrische) deelmobiliteit zijn niet ruim en daarom zijn partnerships met partijen die inzetten op integrale mobiliteitsoplossingen en op de netto vermindering van het aantal auto's in de stad nodig om (elektrische) deelmobiliteit tot grotere hoogte te laten groeien.

Voor beleidsvorming in Rotterdam kunnen de volgende inzichten ontleend worden:

- Benutten van in de markt opgebouwde competentie door de gemeente. Dat kan leiden tot het toetsen van de ambities aan de (fysieke) realiteit (qua beschikbaarheid, prijs, laadcapaciteit, ruimte).
- De gemeente zou in ieder geval oog moeten hebben voor de barrières die marktpartijen zien bij grootschaligere introductie van deelmobiliteit.
- Interne samenwerking en integrale coördinatie binnen de gemeente is daarbij een vereiste. Grootschaliger uitrol van (elektrische) deelmobiliteit zou verder gebaat zijn bij nationale afstemming en het uitwisselen van geleerde lessen.
- Lokale overheden kunnen in deze fase een rol spelen in het faciliteren van pilots mede door subsidies te verstrekken rond 'circulaire' initiatieven.

Ten aanzien van **impact op beleid en sturing** (zie hoofdstuk 4) zien we dat in het Rotterdams beleid rond mobiliteit en circulaire economie de verbinding tussen circulariteit en mobiliteit niet vaak expliciet wordt gelegd. Wél zijn er aanknopingspunten geïdentificeerd op basis van deze analyse waar de link explicieter gemaakt kan worden. We zien de volgende aanknopingspunten:

- Besteed aandacht aan alle onderdelen van de keten;
- Besteed aandacht aan 'end of life' fase;
- Koppeling met vergunningverlening en inkoopvoorwaarden
- Schaalniveau van de opgave - voorbij de stadsgrenzen;
- Faciliteren van pilots die bijdragen aan circulaire doelstellingen;
- Doelgroep-specifiek beleid en subsidies;
- Faciliteren van opleidingen voor het versnellen van transities.

Op basis van dit onderzoek zien we een aantal **concrete vervolgstappen**, evenals **openstaande kennisvragen en vervolgonderzoek** (zie hoofdstuk 5) op het vlak van:

- Focus op het gehele mobiliteitssysteem;
- Versterken circulaire bedrijfsactiviteiten;
- Stimuleren recycling en hergebruik;
- Langetermijnplanning laadcapaciteit.

Daarbij zie we dat de vervolgstappen meteen opgepakt kunnen worden, maar dat het ook vraagt om het verder voorbereiden van acties op verschillende termijnen (korte termijn – 1 jaar, middellange termijn – 3-5 jaar en lange termijn – 5-10 jaar). Dit goed in kaart brengen door middel van scenario-ontwikkeling c.q. uitdenken van ontwikkelpaden en de inzet op pilots om te leren en experimenteren zijn concrete voorbeelden hoe hier invulling aan te geven.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1 Inleiding: Mobiliteitstransitie in Rotterdam	5
1.1 Mobiliteit, duurzaamheid en circulariteit in Rotterdams beleid	5
1.2 Circulaire economie: het concept	6
1.3 Circulaire economie en automobility.....	7
2 Elektrische auto's en consequenties voor materiaalgebruik	11
2.1 De groei van de markt voor elektrische auto's	11
2.2 Materiaalgebruik van elektrische auto's	15
2.3 Recycling van accu's	24
2.4 Hergebruik van accu's: stationary use.....	26
2.5 Milieu-impact van elektrische auto's	27
2.6 Kritikaliteit en sociale impact van grondstoffen	30
2.7 Waterstof in plaats van elektriciteit: gevolgen voor materiaalgebruik	32
2.8 Samenvatting en boodschappen voor de gemeente	37
3 Circulaire economie en economische consequenties.....	39
3.1 Werkgelegenheid en automobility in Rotterdam.....	39
3.2 Reflectie van economische actoren op elektrisch rijden en deelmobility	42
3.3 Samenvatting en perspectief voor de gemeente	46
4 Impact van Beleid en Sturing	48
4.1 Inleiding	48
4.2 Analyse beleid Gemeente Rotterdam.....	48
4.3 Circulariteit en Mobiliteit – handelingsperspectief voor de gemeente	52
5 Aanbevelingen	55
5.1 Concrete vervolgstappen vanuit dit onderzoek	55
5.2 Openstaande kennisvragen en vervolg onderzoek	56
Referenties.....	58
BIJLAGE A: Overzicht Workshops.....	61
BIJLAGE B: Use-case opschaling Deelmobility	62

1 Inleiding: Mobiliteitstransitie in Rotterdam

1.1 Mobiliteit, duurzaamheid en circulariteit in Rotterdams beleid

In de komende decennia zal het mobiliteitslandschap drastisch veranderen. De aanpak van de klimaatproblematiek zal in een stevig tempo voor een elektrificatie van de samenleving en dus ook van onze mobiliteit zorgen. De enorme investeringen van autoproducenten (in antwoord op de marktvaart) zijn een sterke indicatie voor die grote rol van elektrisch vervoer. Daarnaast zal de verdere digitalisering en de zorg om de leefbaarheid in stedelijke omgeving de roep om deelmobiliteit doen toenemen.

De gemeente Rotterdam heeft zich rekenschap gegeven van deze maatschappelijke veranderingen en dat heeft geleid tot een aantal (min of meer) samenhangende beleidsdossiers:

- De klimaatdoelstelling van Rotterdam stelt in 2030 49% minder CO₂ uit te stoten dan in 1990, waarbij het nadrukkelijk gaat om Rotterdamse uitstoot (en dus niet om uitstoot in de keten, de zogenaamde scope-3-uitstoot). In lijn met de Europese Green Deal en het nieuwe Regeerakkoord zal ook de Rotterdamse doelstelling worden bijgesteld naar 55% reductie in 2030.
- De Aanpak Nul Emissie Mobiliteit (NEM) richt zich op het verschonen van gemotoriseerd verkeer in de stad om directe CO₂ uitstoot te verminderen en de luchtkwaliteit te verbeteren.
- De Rotterdamse Mobiliteitsaanpak (RMA) zet in op het versterken van duurzame vormen van vervoer in de stad (fietsen, lopen, OV).
- In het Programma Rotterdam Circulair 2019-2023 heeft Rotterdam zich gecommitteerd aan 50% reductie van primaire grondstoffen in 2030 ten opzichte van 2018 en een volledig circulaire economie in 2050.

Op dit moment zijn de doelen op het gebied van circulariteit niet expliciet verbonden met de mobiliteitsambities. Het doel van dit project is om de verbinding tussen deze dossiers zichtbaar te maken. Op zich is het een bekend gegeven dat de energietransitie leidt tot de inzet van meer materialen (denk aan zonnepalen, windturbines, laadpalen, elektrische leidingen, etc.) en dus tot een zekere milieu-impact (in de productieketen). Vanuit integraal (beleids)perspectief is het van belang om de balans tussen inzet van grondstoffen en milieu-impact te kennen en mee te nemen in beleidsoverwegingen.

Daarnaast staat het begrip waardebehoud centraal in het circulaire gedachtengoed. Waardebehoud en een zo intensief mogelijke inzet van onze producten wordt gestimuleerd door activiteiten als reparatie en onderhoud, deelgebruik, hergebruik en recycling, activiteiten die juist in de mobiliteitssector al goed ontwikkeld zijn en leiden tot tal van lokale economische bedrijvigheid. De introductie van elektrisch (en deel-)vervoer zal dus consequenties hebben voor de lokale bedrijvigheid.

In deze verkenning staat de vraag centraal wat de gevolgen zijn van de mobiliteitstransitie voor materiaalstromen naar Rotterdam en, de milieu-consequenties daarvan, de impact op de lokale economie en tot slot wat het

gemeentelijk handelingsperspectief is met betrekking tot de gevolgen van de mobiliteitstransitie.

1.2 Circulaire economie: het concept

De circulaire economie is een economisch en industrieel systeem dat de herbruikbaarheid van producten en grondstoffen en het Herstellend Vermogen van natuurlijke hulpbronnen als uitgangspunt neemt, waardevernietiging in het totale systeem minimaliseert en waardecreatie in iedere schakel van het systeem nastreeft.¹

Doelen zijn het tegengaan van de uitputting van natuurlijke hulpbronnen, uitsluiten van afval, verminderen van de uitstoot van broeikasgassen, van emissie en van het gebruik van gevaarlijke stoffen en een volledige overgang naar hernieuwbare en duurzame energievoorziening. Dit gedachtegoed wordt alleen bereikt indien al in de ontwerpfase van producten en systemen het voorkomen (dan wel benutten) van reststromen, van afwenteling op mens en milieu en van afval centraal staat.

Idealiter draagt de circulaire economie bij aan een betrouwbare en betaalbare voorziening van grondstoffen en aan het verminderen van de milieudruk omdat reststromen, afval en emissies, worden benut voor waardecreatie. In het streven naar een meer circulaire economie staat niet langer alleen de ontkoppeling tussen milieu (druk) en economie centraal, maar ook de kansen die een koppeling van deze thema's biedt.

We beginnen niet *'from scratch'* met circulariteit in onze samenleving: ook nu al wordt – op basis van kostenoverwegingen en/of wet- en regelgeving – in toenemende mate bewust met de inzet van energie en grondstoffen omgesprongen, zonder dat dat gebaseerd is op revolutionair anders ontworpen producten, processen en systemen. Het bestaan van een recycling-infrastructuur, van een actieve reparatie- en onderhoudsmarkt en een levendige tweedehandsmarkt (zie het succes van sites als eBay en Marktplaats.nl) laten zien dat de samenleving in staat is bewegingen te maken richting een (meer) circulaire economie. Dit is in 2011 in beeld gebracht door de Ellen MacArthur Foundation in haar rapport *'Towards a Circular Economy'*. Het rapport maakt een onderscheid tussen biologische nutriënten en technische nutriënten (geïllustreerd door respectievelijk de linker- en de rechterkant van Figuur 1).

Een korte toelichting op verschillende stappen die in de schematische representatie van de circulaire economie worden gebruikt, is op zijn plaats. We beperken ons nu tot de kant van de technische nutriënten. De volgende stappen ('feedback loops') zijn te onderscheiden:

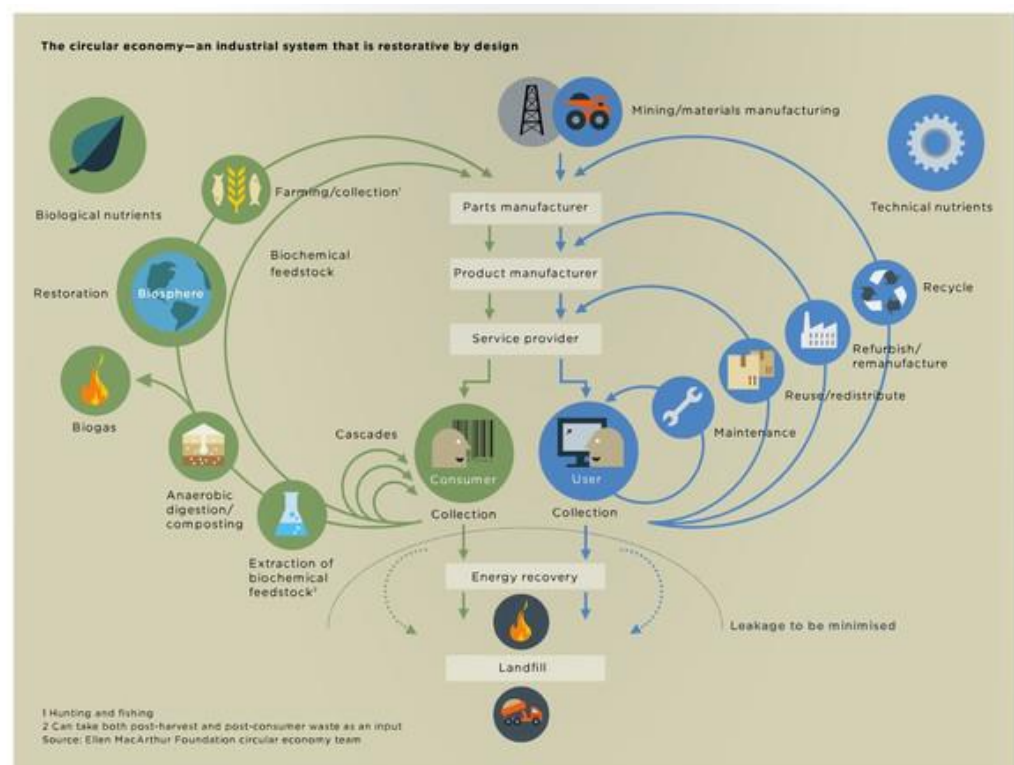
- Onderhoud en reparatie ('maintenance') zijn vanzelfsprekend de eerste stappen waartoe in een circulaire economie zou moeten worden overgegaan: het houdt producten op een zo hoog mogelijke waarde langer in omloop.
- Het hergebruik van goederen ('re-use/re-distribute'), waaronder ook de tweedehandsmarkt valt, leidt bij een hooguit gering verlies van functionaliteit

¹ (vrij naar) *Towards a circular economy* van de Ellen MacArthur Foundation

van het product, tot een zeer positieve bijdrage aan de efficiënte inzet van materialen.

- Opknappen/renoveren van producten ('refurbish/re-manufacture'): hierbij worden belangrijke onderdelen of componenten van producten gerepareerd of vervangen, waarbij het resulterende product een geringere garantie kent dan het oorspronkelijke nieuwe product; tijdens 'remanufacturing' worden componenten uit gebruikte producten gehaald en gebruikt om in nieuwe producten te worden ingezet; deze processen vinden in het algemeen plaats onder kwaliteitsbewaking en leveren dus producten van hoge waarde (en garantie) op.
- Tijdens recycling ('recycle') worden materialen teruggewonnen uit producten om weer in een productieproces te worden ingezet.

Voordat deze 'loops' in stelling kunnen worden gebracht is vanzelfsprekend het ontwerp van goederen bepalend voor de mate waarin deze 'loops' kunnen worden omgezet in praktische activiteiten. Keuze van materialen bepaalt recycleerbaarheid, keuze van onderdelen en het kiezen voor modulariteit bepaalt het gemak waarmee onderhoud en reparatie kan plaatsvinden.

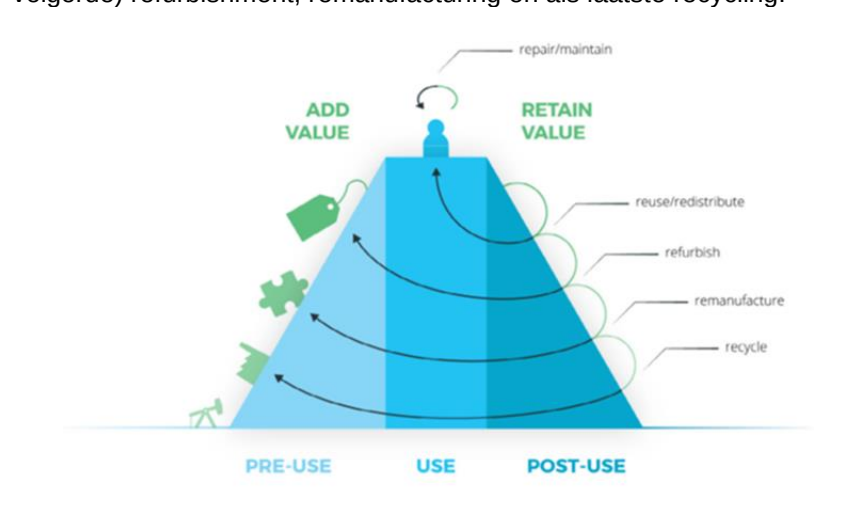


Figuur 1 Schematische weergave van de circulaire economie (bron: Towards a Circular Economy van de Ellen MacArthur Foundation)

1.3 Circulaire economie en automobilititeit

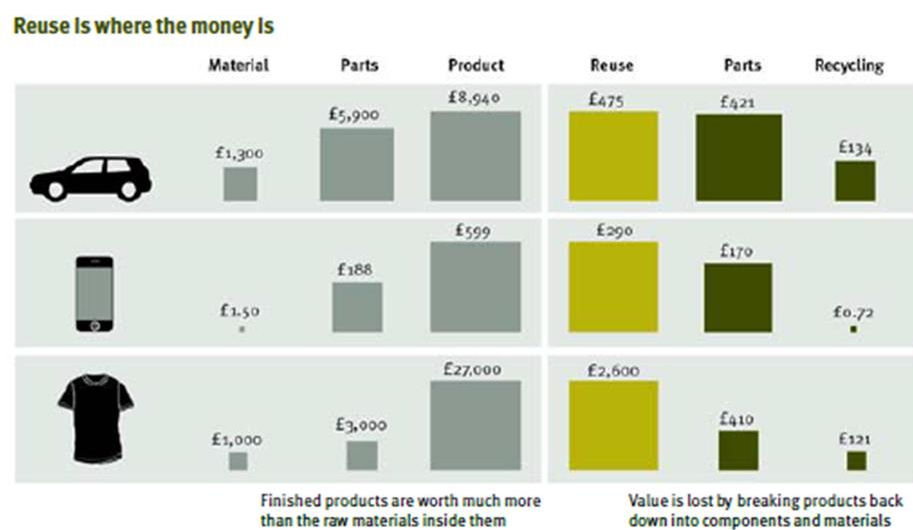
Om duidelijk te maken dat circulariteit deels draait om waardebehoud is de waardeheuvel geïntroduceerd (zie Figuur 2). Uit deze representatie wordt duidelijk dat er een zekere volgordelijkheid bij circulair waardebehoud hoort: onderhoud

draagt meer bij aan waardebehoud dan hergebruik en die weer meer dan (in volgorde) refurbishment, remanufacturing en als laatste recycling.



Figuur 2 Value hill model (bron: Achterberg, Hinfelaar, & Bocken, 2016)

Al eerder werden dergelijke inzichten gedeeld. In 2013 visualiseert en illustreert de GreenAlliance UK aan de hand van concrete voorbeelden de waardepyramide voor auto's, smartphones en kleding als volgt (zie Figuur 3):



Figuur 3 Waardepyramide voor auto's, smartphones en kleding (bron: GreenAlliance UK, 2013)

Hieruit en uit het begeleidend rapport² blijkt dat de meeste waarde (en dus ook bedrijfseconomische activiteit) behaald wordt bij onmiddellijk hergebruik van complete producten en onderdelen.

Bij complexe producten met een grote waarde voor eigenaren – zoals bij auto's – blijkt de behoefte aan waardebehoud ook in economische activiteiten, zoals

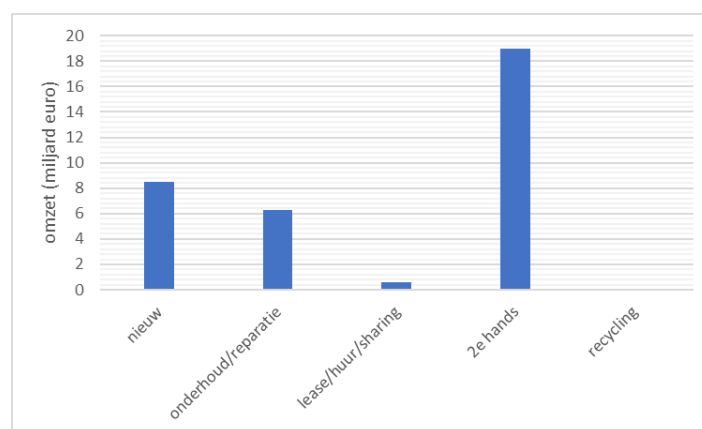
² Resource resilient UK - A report from the Circular Economy Task Force, Dustin Benton and Jonny Hazell, Green Alliance, 2013

onderhoud en reparatie (waaronder onderdelen), leasing en verhuur, tweedehands-gebruik, refurbishment en remanufacturing en recycling. Tabel 1 toont de circulaire waarde bij automobilititeit.

Tabel 1 Circulaire waarde bij automobilititeit

Personenauto's in NL	8,1 miljoen
- rental	27.000 (0,3%)
- netto catalogusprijs	17.000 EUR (8,5 miljard euro totaal)
2^e handsauto's	1,9 miljoen
Kosten onderhoud per consument per jaar	670 euro (6,3 miljard euro totaal)
- waarvan reparaties	4,5 miljard
- waarvan schade	1,7 miljard
Garage-uitrusting	135 miljoen euro/j
# werknemers onderhoud	92.000
Verwijderingsbijdrage	
- inkomsten	45 euro/auto
- uitgaven	22,5 MEUR voor 250.000 auto's

De omzetverdeling (in miljarden Euro's) er als volgt uit (zie Figuur 4):

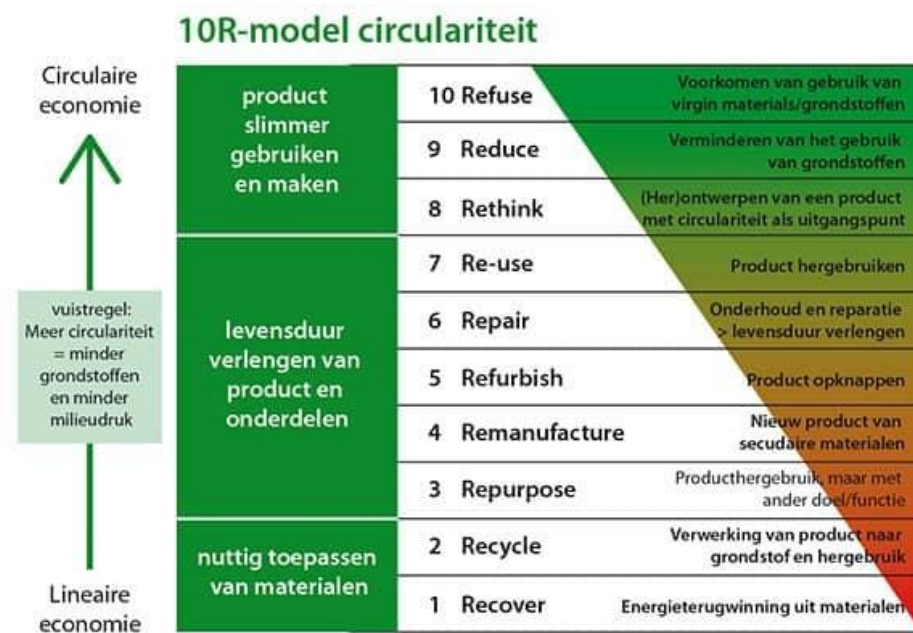


Figuur 4 Omzet in 'circulaire activiteiten' bij automobilititeit

Niet alleen de levensduur is belangrijk – gezien de grote 2^e handsmarkt –, ook de modulariteit van ontwerp is van groot belang, gezien de grote omvang van de onderhouds- en reparatiemarkt. Kortom, circulariteit is gemeengoed in de autosector. Waardebehoud en verminderen van de milieu-impact gaan hand in hand.

Vaak wordt ingezoomd op waardebehoud van goederen als ultieme strategie voor een circulaire economie. Naast het circulair omgaan met goederen die in omloop zijn, bestaat het complete arsenaal aan circulaire handelingsperspectieven echter ook uit het niet of veel minder gebruiken van goederen of het heroverwegen of de functie van goederen anders kan worden ingevuld. Dit wordt goed verbeeld door de zogenaamde R-ladder (zie Figuur 5). De R-stappen 'Refuse' en 'Reduce'

vertegenwoordigen in het algemeen een mogelijk hoge bijdrage aan milieu-impact en materiaalgebruik, maar vertegenwoordigen op zich weinig waarde voor veel bedrijven en kunnen soms op weerstand stuiten bij gebruikers, redenen waarom deze stappen in het algemeen minder aandacht krijgen. Iets 'niet doen' is ook moeilijk te monitoren. Het streven naar minder autobezit door het aanbieden van deelmobiliteit is echter een vorm van deze 'reduce'-strategie. Uit eerdere scenario-studies die TNO heeft verricht voor de gemeente Rotterdam (2022) bleek al dat de introductie van deelmobiliteit - vooral bij het juiste flankerende beleid (zoals gericht parkeerbeleid) leidt tot een mogelijk aanzienlijke reductie van mobiliteits-gerelateerde broeikasgasemissies (zie BIJLAGE B: Use-case opschaling Deelmobiliteit).



Figuur 5 De R-ladder

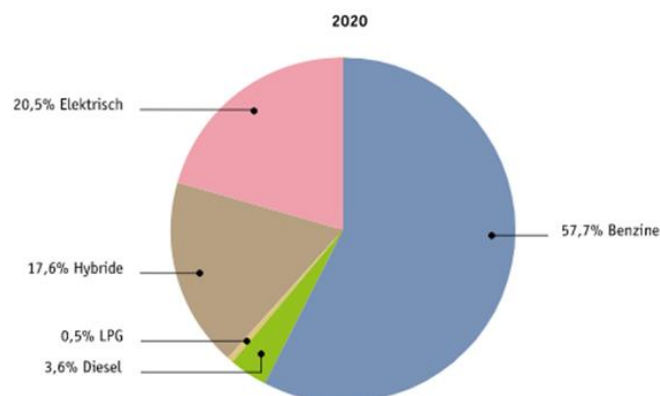
In dit rapport staat de transitie naar elektrisch vervoer en de introductie van (eventueel elektrisch) deelfervoer centraal. Afgezien van de milieu-impact van de materialen voor elektrische auto's zelf (zie hoofdstuk 2), zullen we ook aandacht hebben voor levensduur en onderhoud van deze auto's (hoofdstukken 2 en 3) en de stand van recycling.

2 Elektrische auto's en consequenties voor materiaalgebruik

2.1 De groei van de markt voor elektrische auto's

De almaar toenemende aandacht voor de opwarming van het klimaat zorgt wereldwijd voor investeringen die moeten leiden tot terugdringen van CO₂-emissies. Dat strekt zich uit van het anders produceren van elektriciteit (wind, zon, waterkracht, kernenergie, etc.), het vervoeren (aanleg van leidingen en 'smart grids') en opslaan van elektriciteit (o.a. door productie van waterstof, en ontwikkeling van batterij- en accutechnologie) en het gebruiken van elektrische energie. De ontwikkeling en opkomst van elektrische auto's moet in dat laatste licht worden gezien: als we de CO₂-emissie willen terugdringen zullen ook de gebruikers van fossiel brandstof op elektriciteit moeten overgaan.

De markt voor elektrische auto's wordt sterk beïnvloed door de fiscaal stimulerende maatregelen van overheden. We zien daardoor in de hele wereld en ook in Nederland sterk stijgende aantallen en aandelen elektrische auto's in het wagenpark. Van het aantal nieuw aangekochte auto's was in 2020 al 17,6% hybride en ruim 20% vol-elektrisch³.

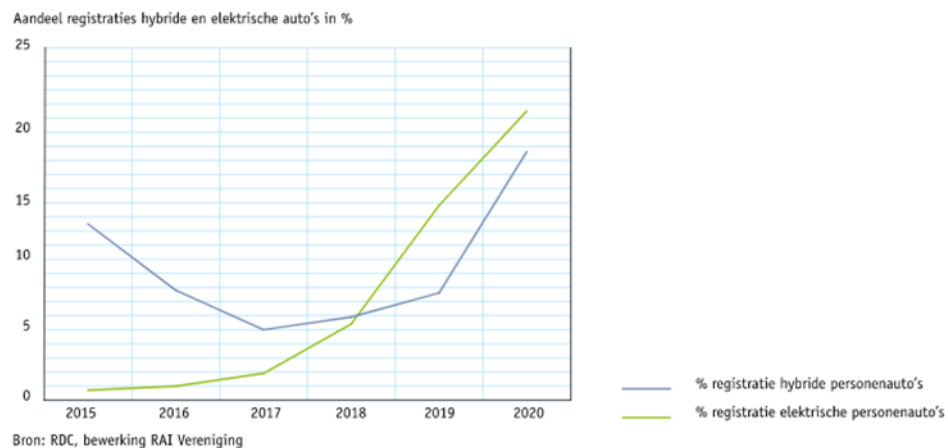


Figuur 6 Aantal verkochte (=geregistreerde) auto's in Nederland naar energiesoort (bron: BOVAG/RAI)

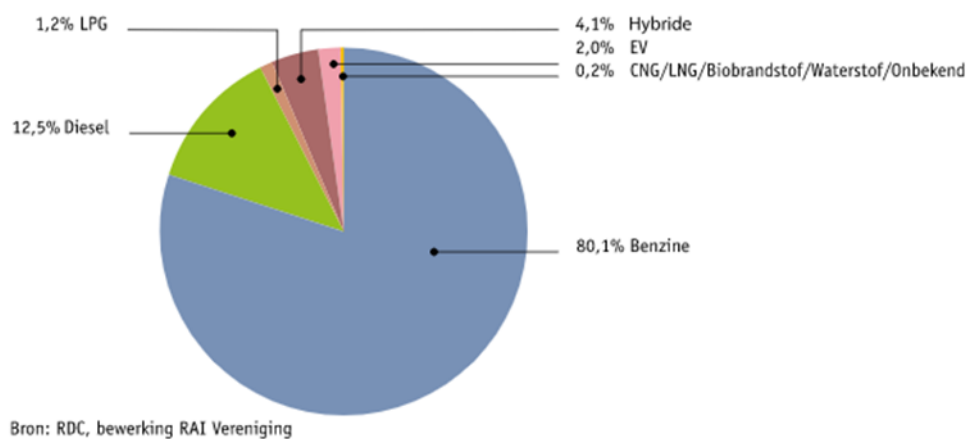
De invloed van beleid is te zien in de afname van hybride auto's tussen 2015 en 2017. Het aandeel elektrische auto's is gaan groeien vanaf 2015 (zie Figuur 7).

In 2015 was het aandeel nog maar 0,1% en intussen is dat gegroeid tot 2% EV t.o.v. het gehele wagenpark (zie Figuur 8).

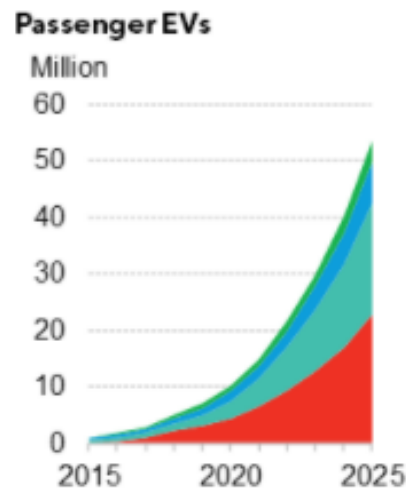
³ <https://bovagrai.info/auto/2021/bezit/1-5-personenautopark-naar-brandstof/>



Figuur 7 Ontwikkeling hybride en elektrische auto vanaf 2015

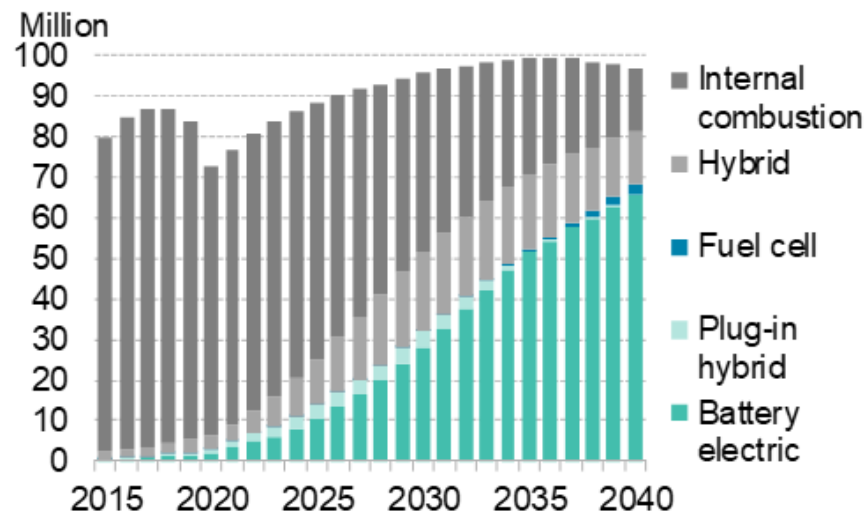


Figuur 8 Samenstelling van het Nederlandse wagenpark in 2020



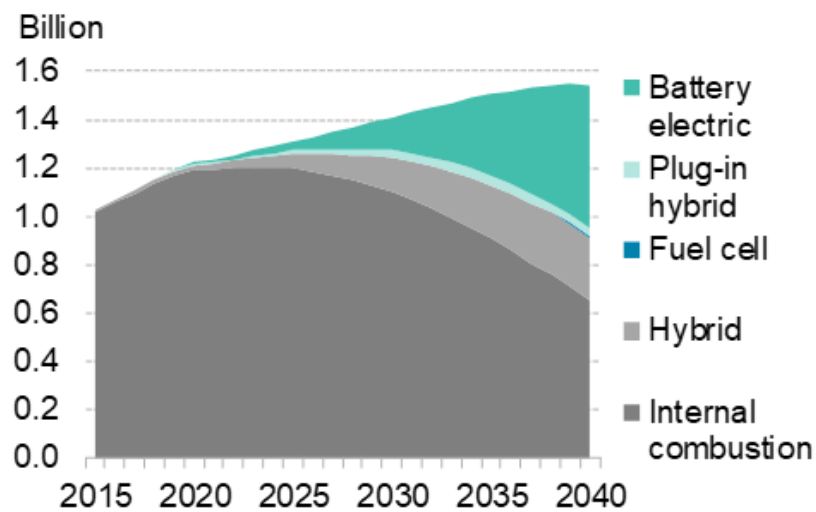
Bloomberg⁴ voorspelt in haar jongste Electric Vehicle Outlook een groei naar rond de 60 miljoen elektrische auto in 2040 en daarmee een aandeel van meer dan 50% in dat jaar (Figuur 10). Die auto's zullen dan voornamelijk rijden in de EU en in China.

Figuur 9 Verdeling EV verkoop (bron: BNEF) (rood: China; lichtgroen: EU; blauw: US)



Figuur 10 Scenario voor wereldwijde autoverkoop

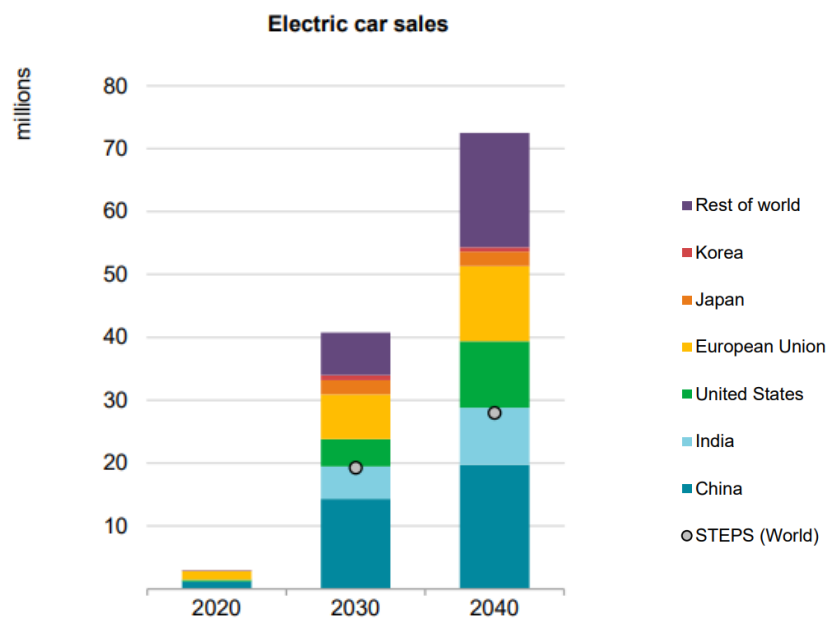
⁴ Electric vehicle outlook 2021 – Executive Summary, BloombergNEF



Figuur 11 Scenario voor ontwikkeling van de wereldwijde autovloot (bron: BNEF)

Ondanks die stevige groei in verkopen is de overgang naar volledig elektrisch vervoer natuurlijk veel langzamer vanwege de lange levensduur van auto's. Zo lijkt er in 2040 nog zo'n 40% te rijden op fossiele brandstoffen (Figuur 11).

Een vergelijkbaar beeld van deze verkopen wordt geschetst door het Internationaal Energie-agentschap (IEA), dat in 2021 een rapport uitbracht over de zorgelijke toename van materiaalbehoefte ten behoeve van de energietransitie⁵ (Figuur 12).



Figuur 12 IEA-scenario voor toename verkoop elektrische auto's

⁵ World Energy Outlook Special Report - The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transition, IEA, 2021

In het algemeen geldt dat de snelheid van deze transitie sterk afhankelijk is van de mate waarin overheden ingrijpen, via fiscale prikkels of het instellen van een verbod op de verkoop van auto's die draaien op fossiele brandstoffen. Het IEA geeft ook aan dat overheidsbeleid essentieel is voor het tempo van deze ontwikkelingen. Het IEA geeft aan dat op het moment van hun analyse (April 2021) meer dan 20 landen en meer dan 70 regionale overheden 100% zero-emissie-doelen hebben gesteld.

Het EU-beleid heeft ook een sterk sturende werking op het tempo van deze veranderingen. De EU-klimaatministers bereikten op 28 juni 2022 een akkoord over een nieuw Europees klimaatpakket, waarin afspraken over het autopark zijn gemaakt: *“Omdat de belangen van de 27 landen op sommige vlakken sterk uiteenliepen moesten ingewikkelde compromissen worden gesloten. Om bijvoorbeeld Duitsland, met een belangrijke auto-industrie, mee te krijgen mogen vanaf 2035 alleen nog nieuwe emissievrije personenauto's worden verkocht, terwijl de Europese Commissie en het Europees Parlement vanaf 2035 eigenlijk alle auto's met verbrandingsmotor willen verbieden.”* Als dit inderdaad wordt geïmplementeerd zal het verloop zoals geschetst in Figuur 10 er in Europa heel anders gaan uitzien. En zal dus de penetratie van elektrische auto's in Nederland en de verdringing van fossiele brandstofauto's ook sneller en eerder plaatsvinden dan uit Figuur 11 blijkt.

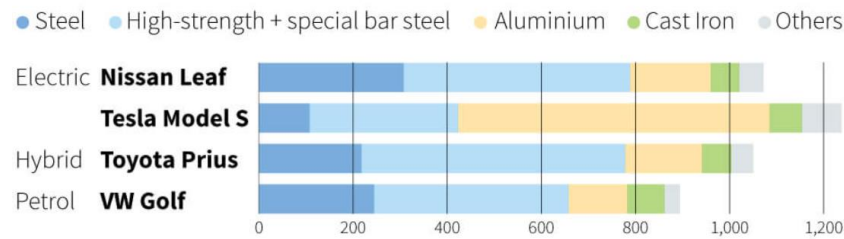
2.2 Materiaalgebruik van elektrische auto's

Door het toenemende aandeel elektrische auto's, verandert de materiaalsamenstelling van de vloot natuurlijk ook. In deze paragraaf staan we stil bij die veranderingen. De aandacht bij materiaalvraagstukken omtrent elektrische auto's gaat vrijwel altijd over de gevolgen voor batterij-grondstoffen. We gaan daar natuurlijk op in, maar geven hier ook aandacht aan de overige materiaalveranderingen als gevolg van deze overgang.

2.2.1 *Metalen gebruikt in auto's: chassis en carrosserie*

Vanwege de nadruk op de (beperkte) actieradius van elektrische auto's heeft de industrie veel aandacht gehad voor de toepassing van aluminium en versterkt staal. Hoe lichter immers de uitvoering, hoe groter die actieradius wordt bij dezelfde energie-opslagcapaciteit van het accupakket. Met name de Tesla Model S bevat veel aluminium. Alhoewel deze hoeveelheden naar verwachting groeien, zal dit geen bijzondere druk leggen op de leveringszekerheid van aluminium, dat immers in veel landen in grote hoeveelheden wordt geproduceerd.

Een verandering van metaalgebruik zal op termijn vanzelfsprekend wel gevolgen hebben voor de autoherstelbranche (het uitdeuken is complexer en autoherstelbedrijven bereiden zich daar op voor) en de verwerking van auto's aan het einde van de levensduur (recycling van aluminium i.p.v. recycling van staal).



Source: A2mac1 Automotive Benchmarking

Figuur 13 Materiaalcompositie van elektrische en conventionele auto's

2.2.2 De motor

Een elektromotor is qua componenten en materialen anders opgebouwd dan een conventionele verbrandingsmotor. Op de eerste plaats bevat de motor van een elektrische auto tot 4 keer meer koper dan een conventionele auto. Een gemiddelde benzineauto gebruikt ongeveer 20 kg koper in de bedrading. Bij een hybride is dat ongeveer 40 kg en bij een volledig elektrische auto ongeveer 80 kg.⁶

Het hart van een elektromotor bestaat uit een stilstaande stator en een roterende rotor. Stator en rotor zijn beide magnetisch en trekken elkaar aan. Door het magnetisch veld door de stator te laten roteren, wordt de rotor meegetrokken, waardoor hij gaat draaien. Veruit het meest gebruikte motortype is de synchroommotor met permanente magneet. Daarvan bestaat de stator uit wikkelingen van koperdraad die onder spanning een magnetisch veld opwekken, en

⁶ <https://www.mining.com/impact-electric-cars-medium-term-copper-demand-overrated-experts-say/>

de rotor uit een soort trommel, ingepakt met permanente magneten.⁷ Deze permanente magneten bestaan uit NdFeB (neodymium-ijzer-boor-)magnetten. Elektromotoren kunnen ook op inductie-magnetten werken, maar motoren gebaseerd op NdFeB-permanente magnetten zijn in het algemeen lichter, sterker en meer efficiënt dan motoren gebaseerd op koperspoelen. Vanwege de zoektocht naar meer actieradius, hebben deze motoren nu de voorkeur. Vooral de keuze van Tesla voor permanente magnetten is belangrijk in deze richting voor de industrie.⁸

De keuze voor NdFeB maakt de motoren wel duurder. Naast neodymium (0.25–0.50 kg/auto) en enkele andere zeldzame aardmetalen (0.06–0.35 kg/auto), hebben dergelijke auto's ook behoefte aan koper (3–6 kg/auto), ijzer (0.9–2 kg/auto) en boor (0.01–0.03 kg/auto) (vehicle) (Ballinger et al., 2019; Fishman et al., 2018; Nordelöf et al., 2019; Sprecher et al., 2014). Het totale gewicht van de magnetten varieert van 1,7 tot 3 kg afhankelijk van de grootte van de auto.⁹

ZELDZAME AARDMETALEN

Zeldzame aardmetalen vormen een klasse van 17 chemische elementen die qua chemische eigenschappen bijzonder sterk op elkaar lijken. In het algemeen worden ze gezamenlijk gedolven en het kost vervolgens grote moeite de zuivere elementen te verkrijgen.

Anders dan de naam doet vermoeden zijn de bekende voorraden van deze groep groot. Aan de andere kant worden ze veel ingezet voor nieuwe (energie)technologieën waardoor er ook een grotere behoefte ontstaat.

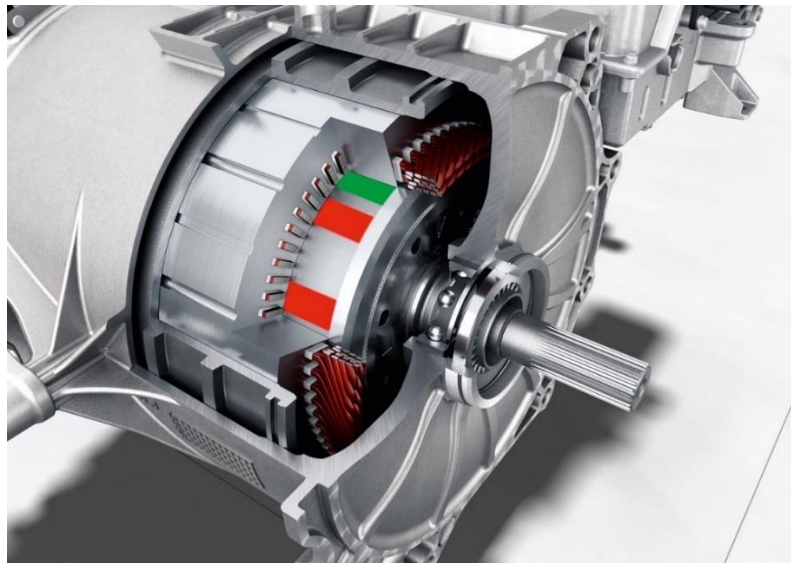
Toepassing van zeldzame aardmetalen zit vooral in LED-verlichting, lasers en permanente magnetten. Voor die laatste categorie zijn vooral de zeldzame aardmetalen neodymium en dysprosium nodig. Permanente magnetten worden voor tal van applicaties ingezet, vooral daar waar sterk magnetisme in een kleine ruimte nodig is (bijvoorbeeld harde schijven). De grootste toepassingen zitten in elektromotoren voor elektrische auto's en in bepaalde klasse windturbines (vooral grote turbines offshore)

Grootste zorg omtrent deze klasse verbindingen zit in de bijna-monopolie positie die China bezit op zowel de mijnbouw als de verdere verwerking: zowel de EU als de VS spannen zich daarom in alternatieve bronnen aan te boren.

⁷ <https://www.autovisie.nl/nieuws/elektro-abc-elektromotor/>

⁸ <https://www.reuters.com/article/us-metals-autos-neodymium-analysis/teslas-electric-motor-shift-to-spur-demand-for-rare-earth-neodymium-idUSKCN1GO28I>

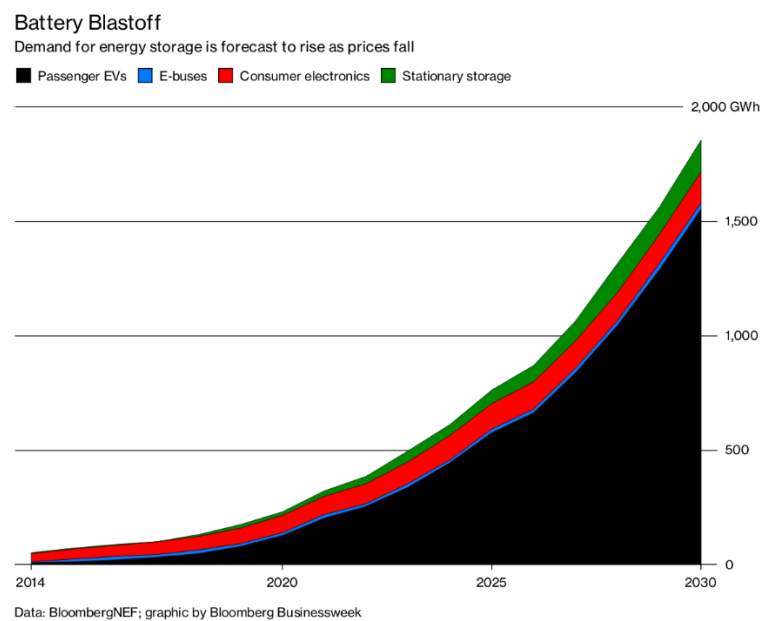
⁹ Bron: Rohstoffe für Zukunftstechnologien, Fraunhofer ISI in opdracht van DERA, 2021, blz. 64



Figuur 14 De synchroonmotor van de Porsche Taycan (bron: www.autovisie.nl)

2.2.3 De accu

Batterijen of accu's als het gaat om toepassing in auto's, zijn alomtegenwoordig. De toepassing in elektrische auto's is nu dominant, maar er zijn natuurlijk meer applicaties in elektronica en andere vervoersmiddelen (zoals fietsen)¹⁰.



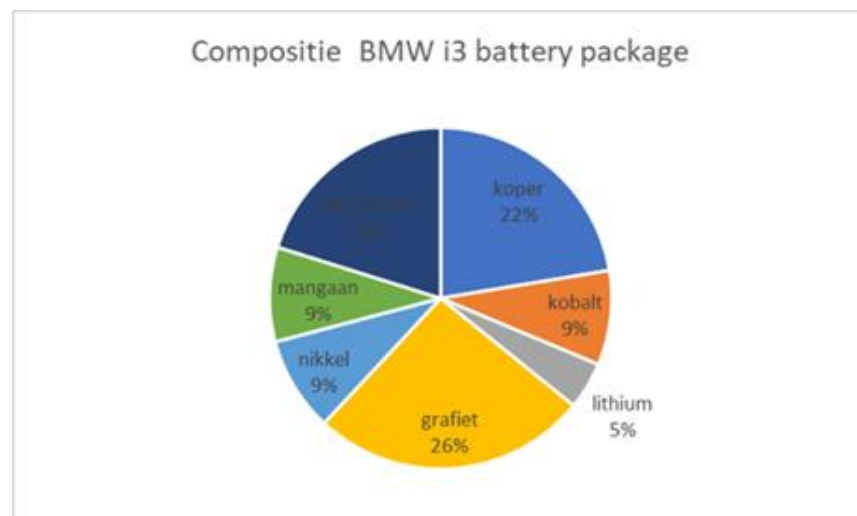
Figuur 15 Verdeling van toepassing van batterijen (bron: Bloomberg)

Accu's vertegenwoordigen een zeer belangrijk, en continu in ontwikkeling zijnde component van auto's. De ontwikkelingen leiden tot lagere kosten, grotere actieradius en betere prestatie per gewichtseenheid.

¹⁰ <https://www.bloomberg.com/businessweek>

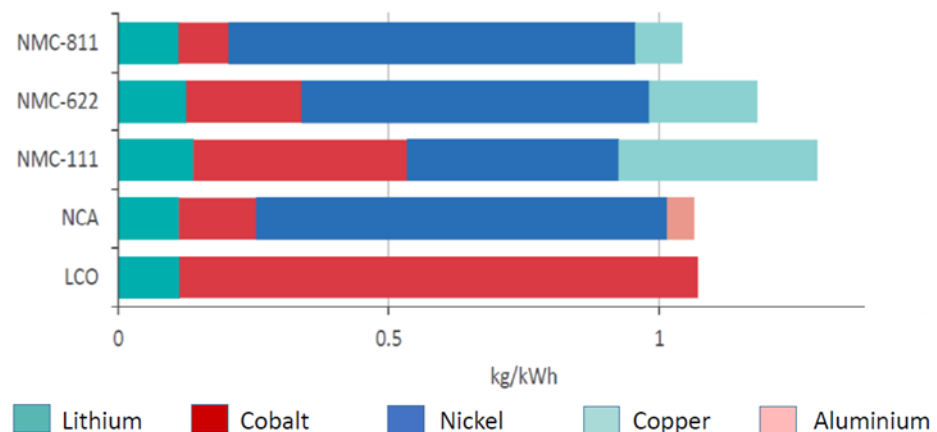
Daarnaast is de grote behoefte aan relatief schaars beschikbare metalen benodigd voor de accu's, die bovendien deels afkomstig zijn uit landen met een kwetsbaar milieu of uit conflictgebieden, aanleiding voor ontwikkelingen van veel verschillende types accu's met afnemende hoeveelheden kritieke grondstoffen. En tevens voor een sterke aandacht van de Europese Unie en andere overheden die inzetten op een eigen, Europese batterij-industrie om daarmee de lange-termijn-leveringszekerheid te verbeteren.

Een typische samenstelling van een accu is gegeven Figuur 16: deze NCA (Nikkel-Cobalt-Aluminium) accu weegt 134 kilo, met daarin 27 kg aluminium 30 kg koper en 12 kg kobalt en 6 kg lithium.



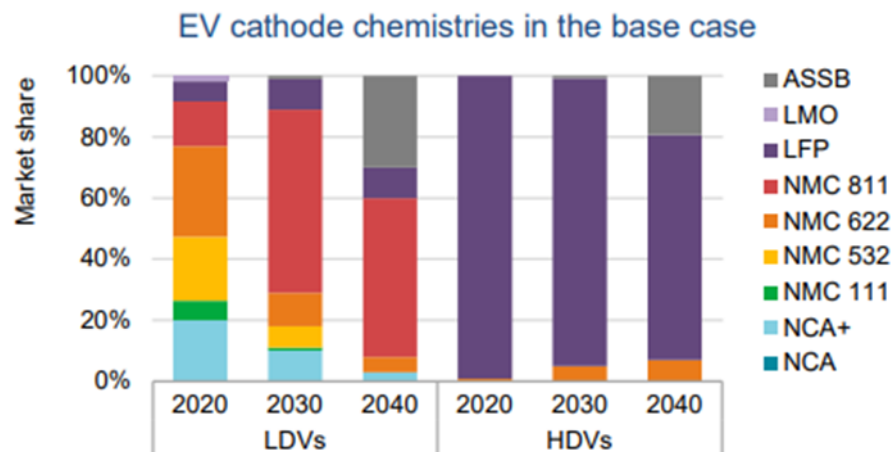
Figuur 16 Samenstelling van een BMW-accu

Alhoewel lithium in alle accu-ontwikkelingen een rol speelt, wordt geprobeerd het meest 'kritieke' metaal, kobalt, in de komende generaties te verlagen. Die ontwikkeling leidt bijvoorbeeld van NMC111 (verhouding nikkel-mangaan-kobalt = 1:1:1) tot NMC622 en NMC811 en uiteindelijk ook tot NCA (zie Figuur 17). Thans is de NMC 532 nog een veelgebruikte optie. De trend is overigens naar het verhogen van de vermogensdichtheid van de accu's zonder dat dat tot een toename van het gewicht leidt. Momenteel is de energieopslag ongeveer 250 Wh/kg (in 2030 groeiend naar 450 Wh/kg) en slaan accu's tussen de 30 en 100 kWh op (oftewel: accugewichten tussen de 120 en 400 kg accu's).



Figuur 17 Verschillende types accu's voor elektrische auto's

De verwachtingen die het IEA uitspreekt over de ontwikkeling van accu-technologie zijn gegeven in Figuur 18: de NMC-accu's (met dus naar rato veel minder kobalt) zullen in populariteit toenemen. Daarnaast verwacht het IEA de introductie van ASSB-accu's (all-solid state batteries), die overigens dezelfde metaalsamenstelling hebben als de NMC-accu's. ASSB-accu's zullen mogelijk een scherpe prijsdaling mogelijk maken en een volgende stap betekenen in meer energiedichtheid (oftewel: meer actieradius voor hetzelfde gewicht, of dezelfde actieradius met minder kosten en gewicht). Het IEA stelt echter ook dat de grootste uitdaging zit in het opschalen van laboratorium naar productie-omgeving.



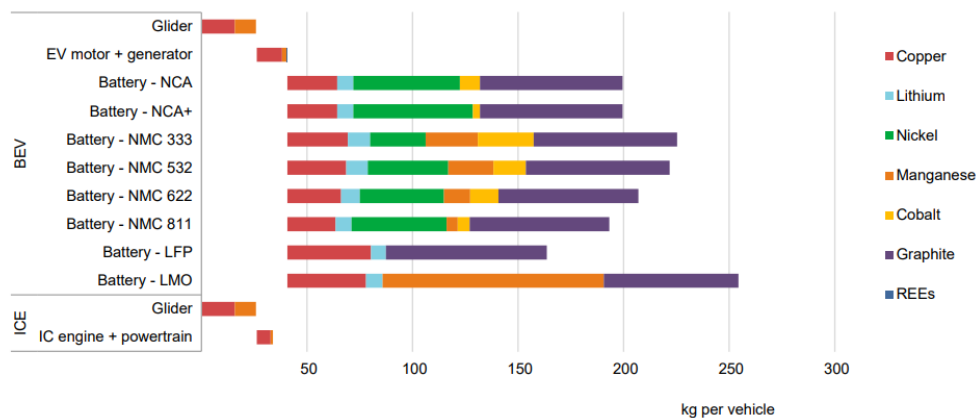
Figuur 18 Verwachting van ontwikkeling in accu-technologie voor auto's (LDV) en vrachtwagens (HDV) (bron: IEA)

Op basis van deze toekomstverwachtingen kan een inschatting worden gemaakt van toekomstige metaalbehoeftes voor elektrische auto's.

2.2.4 Totale metaalvraag van elektrische auto's

Het IEA geeft in hun rapport over materiaalvragen als gevolg van de energietransitie een totaaloverzicht van de metaalbehoefte per auto voor met name die materialen die betrokken zijn bij de motor en de batterijen (NB: de in Figuur 19 genoemde 'glider' is de auto zonder motor). Het beeld is dat voor de getoonde

materialen de behoefte stijgt van ongeveer 30 kilo per auto naar 200-250 kg per auto. Hierbij is de behoefte aan staal en aluminium voor het chassis niet getoond.



Figuur 19 Metaalbehoefte in auto's met verbrandingsmotor en elektrische auto's (bron: IEA)

Meer in het bijzonder geeft onderstaande Figuur 20 een inschatting van de materiaalbehoefte voor de productie van 20 miljoen Tesla's en vergelijkt die met de huidige productie van het desbetreffende materiaal. Bij dergelijke productie-aantallen zou Tesla een aanzienlijk deel (of meer dan dat zelfs) van het jaarlijkse aanbod aan grafiet, nikkel, lithium, kobalt en zeldzame aardmetalen en in iets mindere mate koper nodig hebben.

METALS TESLA NEEDS TO BUILD 20M CARS A YEAR

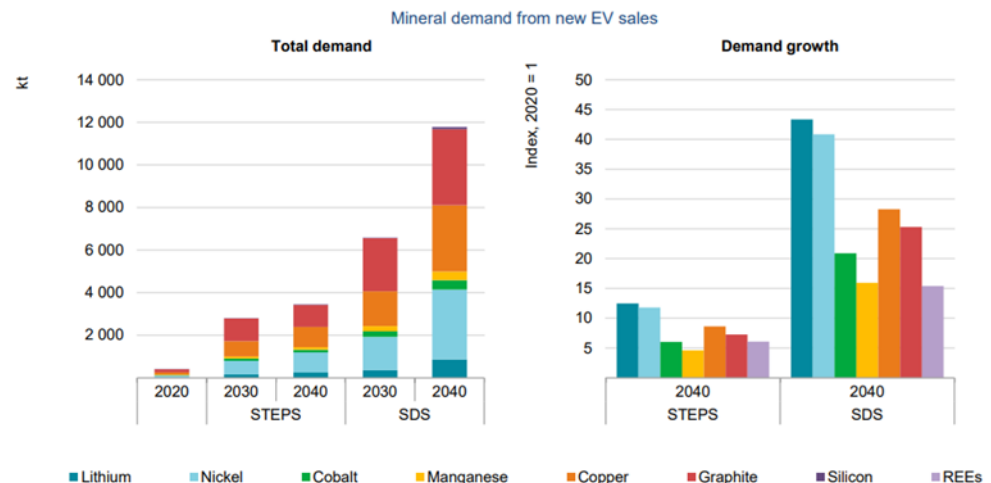
Tesla Production @ 20m	Material Required (t)	Production 2019 (t)	% of Production
Graphite	1,028,775	1,100,000	94%
Nickel	750,410	2,460,000	31%
Lithium	127,302	77,000	165%
Copper (vehicle)	1,820,000	21,000,000	9%
Manganese	20,811	19,000,000	+0%
Cobalt	68,315	122,000	56%
Aluminum (battery)	16,544	64,000,000	+0%
Aluminum (vehicle)	3,380,000	64,000,000	5%
MagREO (NdPr, Dy, Tb)	18,000	46,000	39%

Battery graphite, nickel, cobalt, lithium, manganese, MagREO (NdPr, Dy, Tb): Adamas Intelligence
 Production: USGS, BMO, Morgan Stanley, BP, Fitch, Excl. synthetic graphite
 Copper, aluminum (vehicle): UBS estimates of Chevy Volt

MINING.COM
 EVMETAL
 INDEX

Figuur 20 Materiaalbehoefte voor de productie van 20 miljoen Tesla's (Mining.com)

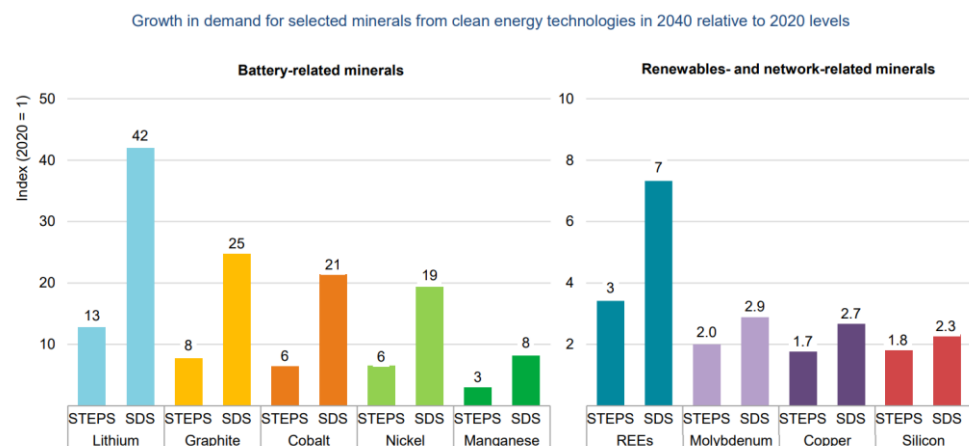
Deze aannames zijn gebaseerd op de behoefte per Tesla van 45 kg nikkel en de aanname dat de auto in 2030 20% is uitgerust met LFP (Lithium-ijzer-fosfaat) batterijen. Het is duidelijk dat dergelijke behoeftes niet gedekt kunnen gaan worden door toename in mijnbouw, ook gegeven het feit dat er meer applicaties voor deze metalen zijn.



Figuur 21 Toename metaalbehoefte a.g.v. groei verkoop elektrische auto's (bron: IEA)

Voor de materialen die belangrijk zijn voor de motor en de batterijen in elektrische auto's heeft het IEA scenario's opgesteld die een enorme groei laten zien van de behoefte: afhankelijk van het scenario is een groei van de metaalbehoefte van een factor 10 tot 40.

Alhoewel in elektrische auto's veel koper zit, en vanwege de elektrificatie van de samenleving überhaupt veel meer koper gaat worden ingezet, laten deze scenario's een kleinere maar nog steeds forse toename van de kopervraag zien. Een analyse van Fraunhofer ISI (in opdracht van de Deutsche Rohstoffen Agentur) naar de toekomstige behoefte van koper (op basis van 60 miljoen E-auto's t.o.v. 147 miljoen totaal in 2035) laat zien dat die behoefte 5.000 kton zou kunnen zijn, een significant deel van de huidige jaarproductie.

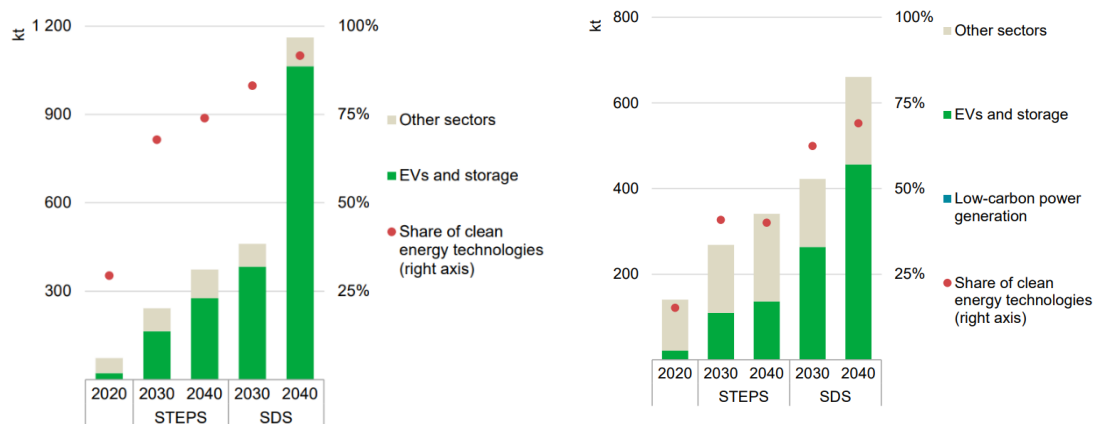


Figuur 22 Vraagtoename in 2040 t.o.v. 2020 (bron: IEA)

Tabel 2 Toename kopervraag door elektrisch vervoer (bron: Fraunhofer ISI)

Toepassing	Behoefte 2013 (kton)	Behoefte 2035 (kton)
Motoren voor EV	Laag	5.000
Windturbines	100	250
Overige (medische apparatuur, RFID, etc.)	19	100
TOTAAL	119	5.350
Productie 2013	18.365	

Ten opzichte van het wereldwijde aanbod van al deze materialen zal de totale behoefte door elektrisch vervoer (en elektriciteitsopslag in het algemeen) niet alleen toenemen maar ook groter zijn dan het huidige aanbod en een groot aandeel hebben in de toepassing van de toekomstige wereldwijde productie. Dat betekent dat òf het aanbod uit mijnbouw stevig zou moeten groeien om die vraag bij te houden, òf dat niet alle applicaties kunnen groeien conform de geschetste scenario's. Het is dan afhankelijk van marktkrachten of overheidsingrijpen welke ambities naar beneden bijgesteld zouden moeten worden. Dit is een al jaren bekend maar weinig onderkend probleem. Publicaties als die van de IEA dragen bij aan de agendering van deze problematiek.



Figuur 23 Scenario's voor toename wereldwijde behoefte aan lithium (links) en kobalt (rechts)

Mede op basis van dergelijke scenario's bestaan er zorgen over de tijdige haalbaarheid en schaalbaarheid van verschillende energietransitietechnologieën, waaronder dus die van elektrische auto's.

2.2.5 Laadpalen

De metaalbehoefte aan laadpalen is minder onderzocht dan die van de auto's zelf. De uitvoeringsvormen daarvan verschillen ook sterk. De International Copper Association (ICA) schat dat meer dan 40 miljoen oplaadpunten nodig zullen zijn in het komende decennium. Daar zou een additionele kopervraag van ongeveer

100.000 ton per jaar mee gemoeid zijn.¹¹ Ten opzichte van de 21 miljoen ton die per jaar geproduceerd wordt¹² is dat een hoeveelheid die geen invloed zal hebben op de wereldwijde beschikbaarheid.

2.3 Recycling van accu's

Gezien de enorme toename van de behoefte aan materialen, de afhankelijkheid van import en de milieubelasting van afgedankte accu's wordt veel aandacht besteed aan de recycling van accu's van elektrische auto's.

Er zijn diverse recycling-methodes ontwikkeld voor batterijen en deels in praktijk gebracht:

- Pyrometallurgische recycling: de accu's worden in een hoge-temperatuur-oven gesmolten waarna een gedeelte van de metalen worden gerecycled.
- Hydrometallurgische recycling: een chemisch proces waarbij een groter gedeelte van de metalen uit de accu worden teruggewonnen.
- Pyrometallurgie gevolgd door hydrometallurgie.
- Directe recycling: een opkomende technologie waarbij cathode-materiaal intact blijft en als zodanig weer kan worden ingezet. De methode is echter voor elk accu-type specifiek en dus inflexibel in een markt waarin meerdere accu-types toegepast worden.

De huidige wereldwijde recyclingcapaciteit is ongeveer 200 kton/jaar, waarvan de helft in China staat opgesteld. In Europa zijn diverse bedrijven actief in dit veld waaronder Umicore (Hoboken, België), Recupyl (Grenoble, Frankrijk) en Duesenfeld (Duitsland). Al deze bedrijven zijn actief op het gebied van hydrometallurgie. Uit de recente publicatie van Hydrovolt (Noorwegen) in samenwerking met Northvolt blijkt hoe belangrijk deze bedrijfstak wordt: “*Hydrovolt is exploring an expansion of recycling capacity within Europe, with a long-term target to recycle 70,000 tonnes of battery packs by 2025 and 300,000 tonnes of battery packs by 2030, equivalent to approximately 150,000 EV batteries in 2025 and 500,000 in 2030.*”¹³ Deze capaciteit zou de capaciteit van Europese recycling-capaciteit verdubbelen (Figuur 24).

De multinational TES investeert in de Rotterdamse haven in een fabriek voor het shredden en vervolgens hydrometallurgisch behandelen van accu's. Deze fabriek zal naar verwachting in de loop van 2022 operationeel zijn.¹⁴ De fabriek (die zich ook richt op kleinere Li-ion-batterijen) is voorlopig ingericht voor een capaciteit van 10.000 ton per jaar.

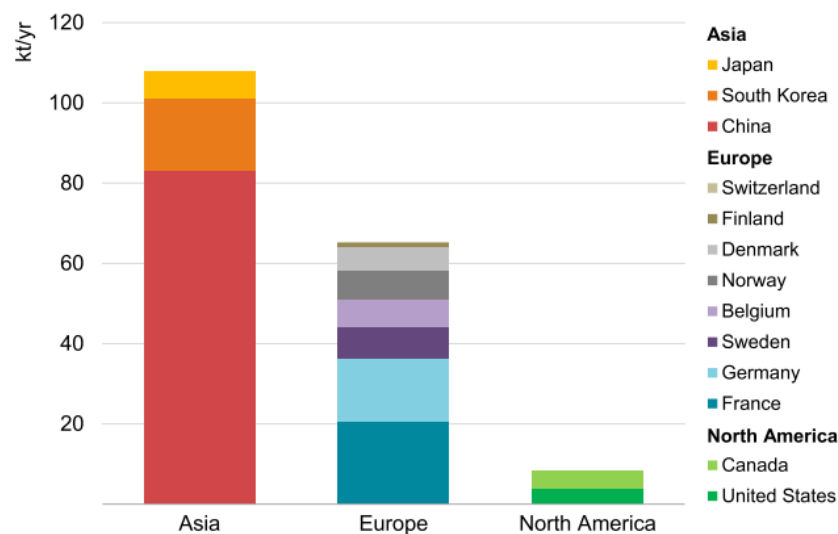
¹¹ <https://www.mining.com/impact-electric-cars-medium-term-copper-demand-overrated-experts-say/>; 11 februari 2022

¹² USGS Mineral Commodity Summaries

¹³ <https://www.hydro.com/en/media/news/2022/europes-largest-electric-vehicle-battery-recycling-plant-begins-operations/>

¹⁴ <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-07/tes-pressrelease-english.pdf>

Existing and announced lithium-ion battery recycling capacity to come online by 2021 by region



IEA. All rights reserved.

Sources: IEA analysis based on company announcements, press research and Swedish Energy Agency (2019).

Figuur 24 Accu-recycling-capaciteit

De terugwinning van metalen volgens verschillende methodes is weergegeven in Tabel 3. De terugwinning is vooral gericht op de kostbare elementen Co (kobalt), Ni (nikkel) en in mindere mate Cu (koper), waar de business case voor recycling ook op is gebaseerd. Die business case kan dus veranderen afhankelijk van de grondstofprijzen en afhankelijk van de samenstelling van batterijen. De trend naar minder inzet van kobalt en relatief meer inzet van nikkel betekent aan de ene kant goedkopere accu's met een hogere leveringszekerheid, maar aan de andere kant een lagere gemiddelde opbrengst van recycling: in juni 2022 is de kiloprijs van kobalt tussen de 70 en 75 \$/kg en die van nikkel rond de 25 \$/kg.

Recycling van accu's zonder deze metalen zoals LFP stelt accu-recycling voor een grotere uitdaging: winst maken met terugwinning van goedkope materialen als ijzer (Fe) en fosfor (P) is vrijwel onmogelijk. In dergelijke gevallen moet overgegaan worden tot directe recycling (waarbij enige functionaliteit behouden blijft) of tot een regelgevingskader dat de financiële randvoorwaarden schepte voor recycling.

Tabel 3 Terugwinning van accu-ingrediënten volgens verschillende technologieën¹⁵

Technology	Li	Ni	Mn	Co	Fe	Al	Cu	Polymers	Graphite
Hydrometallurgical	93%	97%	98%	89%	99%	99%	98%	0%	79%
Pyro	0%	98%	55%	98%	95%	0%	93%	0%	0%
Pyro followed by Hydro	90%	98%	85%	98%	0%	0%	93%	0%	0%

Alhoewel recycling nooit in de behoefte aan grondstoffen voor een groeiende technologie kan voldoen is de ontwikkeling ervan van groot belang voor de milieu-impact van gebruikte accu's. Daarbij kan een Europese bron van grondstoffen ontstaan die van strategische betekenis is in het nu regelmatig geuite streven naar meer strategische autonomie voor Europa.

2.4 Hergebruik van accu's: stationary use

Naast de ontwikkeling en schaalvergroting van end-of-life accu's zijn ook veel activiteiten te zien op het gebied van direct hergebruik van accu's als stationaire energieopslag. Alhoewel er al langer sprake is van deze vorm van hergebruik zijn er tot nu toe zijn er geen grote hoeveelheden gebruikte EV-batterijen beschikbaar, en de techniek die nodig is om de capaciteiten van batterijen van verschillende kwaliteitsniveaus als gevolg van eerder gebruik af te stemmen, wordt momenteel nog beschouwd als een belemmering voor verdere uitrol.

Over de hele wereld lopen verschillende projecten van diverse autofabrikanten, energiebedrijven en integratoren, op dit moment nog redelijk kleinschalig.¹⁶

Zo experimenteert RWE met Audi-accu's die nog 80% van hun originele capaciteit hadden bij buiten gebruikstelling. RWE heeft een 4,5 MWh installatie neergezet waar 60 accu's van 700 kg nog 10 jaar zouden moeten kunnen opereren. In februari 2020 meldde Energy-Storage.news dat de Britse second-life BESS-specialist Connected Energy een 1,2 MW / 720 kWh-systeem had ingezet voor Umicore in België, met behulp van Renault Kangoo-batterijen.

Eerder in 2020 werd door Connected Energy een 300 kW / 360 kWh-faciliteit in Engeland onthuld, ook met behulp van Renault EV-batterijen.

Een van de grootste projecten van dit type is een accu-energie-opslagsysteem van 5 MW / 20 MWh met BMW i3 EV-batterijen, die wordt gebouwd in Uppsala, Zweden. Nutsbedrijf Vattenfall heeft in april 2020 het contract voor de bouw van het project gegund aan de Nederlandse systeemintegrator Alfen.

¹⁵ Deze analyses zijn door TNO uitgevoerd op basis van de volgende publicaties:

- Makuza, B.; Tian, Q.; Guo, X.; Chattopadhyay, K.; Yu, D. Pyrometallurgical Options for Recycling Spent Lithium-Ion Batteries: A Comprehensive Review. *J. Power Sources* 2021, 491 (November 2020), 229622. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.229622>.
- Zhou, L. F.; Yang, D.; Du, T.; Gong, H.; Luo, W. Bin. The Current Process for the Recycling of Spent Lithium Ion Batteries. *Front. Chem.* 2020, 8 (December), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.578044>.
- Velázquez-Martínez; Valio; Santasalo-Aarnio; Reuter; Serna-Guerrero. A Critical Review of Lithium-Ion Battery Recycling Processes from a Circular Economy Perspective. *Batteries* 2019, 5 (4), 68. <https://doi.org/10.3390/batteries5040068>.

¹⁶ <https://www.energy-storage.news/decommissioned-audi-ev-batteries-used-in-4-5mwh-stationary-energy-storage-system-in-germany/>

In het kader van het streven naar waardebehoud in een zo circulaire mogelijke omgang met elektrische auto's (en dus accu's) zijn de ontwikkelingen rond dit hoogwaardige hergebruik belangrijk om te volgen. Daarbij is één van de vragen of de genoemde projecten vooral in de experimenteerfase zitten of dat een solide business case al is opgebouwd.

2.5 Milieu-impact van elektrische auto's

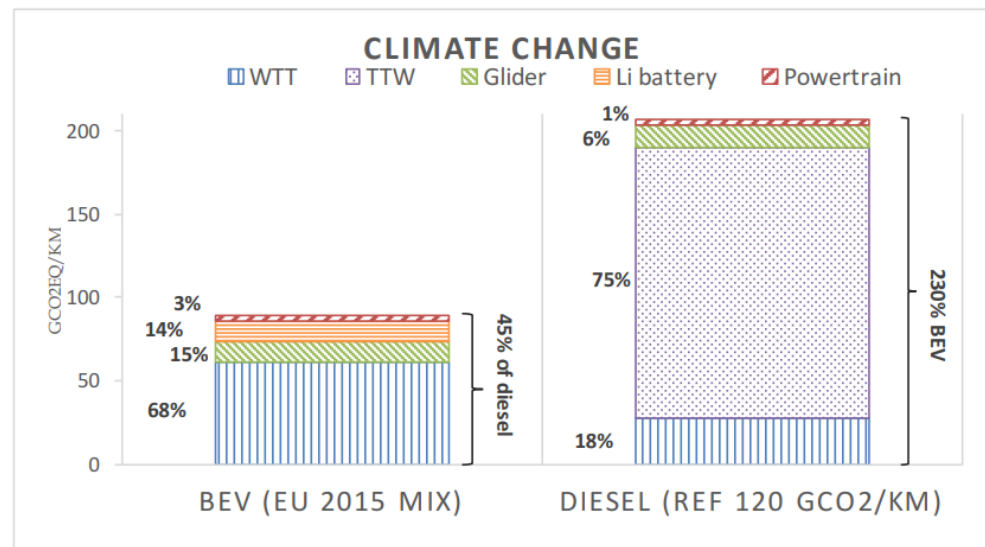
De grotere hoeveelheid (kritieke) materialen die toegepast wordt in elektrische auto's doet de vraag rijzen in hoeverre de integrale milieu-impact, gemeten over de levensduur van een elektrische auto, positief is.

Een brede Life Cycle Analysis-review is opgesteld door Messagie in opdracht van Transport&Environment ¹⁷. In deze studie wordtesignaleerd dat er een brede variatie zit in de aanpak en dus de uitkomsten van de tientallen LCA-studies op dit gebied. De voornaamste oorzaken van variatie zitten in:

- Verschillen in afbakenen systeemgrenzen (een terugkerend issue bij LCA-studies).
- Verschillen in de toewijzing van de electriciteitsmix.
- Gebruik van modelleringen of werkelijk gemeten emissies en verbruiken.
- Aannames over de levensduur van de auto: hoe korter die wordt aangenomen, hoe (relatief) belangrijker de bijdrage van het productieproces wordt.
- Levensduur en technologieontwikkeling van de batterijen.

Daarnaast zijn er natuurlijk veel types op de weg en in ontwikkeling en zal de LCA van een Tesla er anders uitzien dan van een kleinere gezinsauto. Met die onzekerheden in het achterhoofd komen de schrijvers van het genoemde rapport tot de milieu-impact per kilometer van een elektrische auto versus een dieselauto.

¹⁷ Maarten Messagie, Life Cycle Analysis of the Climate Impact of Electric Vehicles, Vrije Universiteit Brussel-MOB, in opdracht van Transport & Environment, 2017



Figuur 25 Bijdrage verschillende onderdelen van de levenscyclus aan de CO₂-emissie (per kilometer) (bron: Messagie)

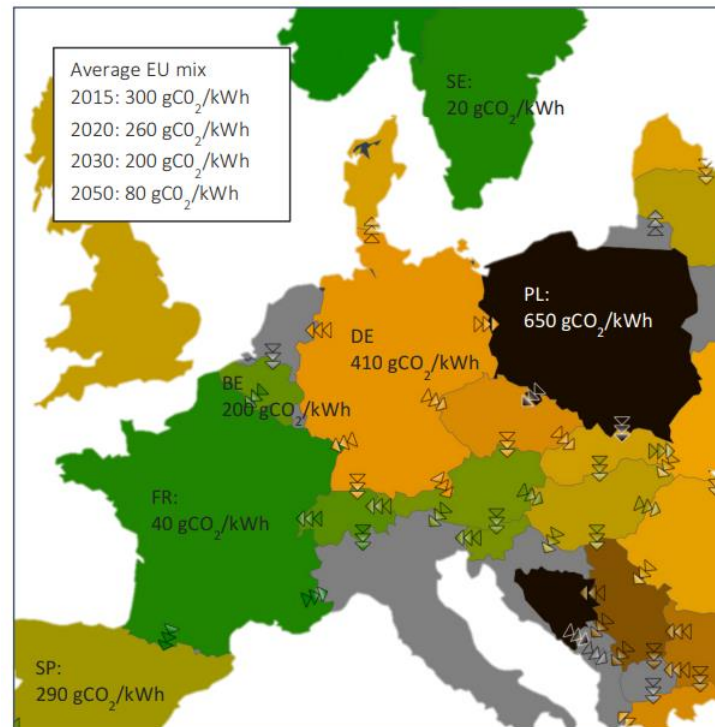
De aannames die in Figuur 25 zijn gebruikt zijn:

- Levensduur 200.000 km
- Gewicht 'glider' van 1200 kg
- Elektriciteitsgebruik 0,2 kWh/km
- 30kWh LMO batterij
- 1,5 batterij-vervanging over levensduur van de auto
- Dieselauto stoot 120 gCO₂/km uit onder testomstandigheden vermeerderd met 35% om realistische rij-omstandigheden mee te nemen
- Elektriciteit wordt opgewekt met de EU28-mix uit 2015 met een uitstoot van 300g CO₂/kWh.

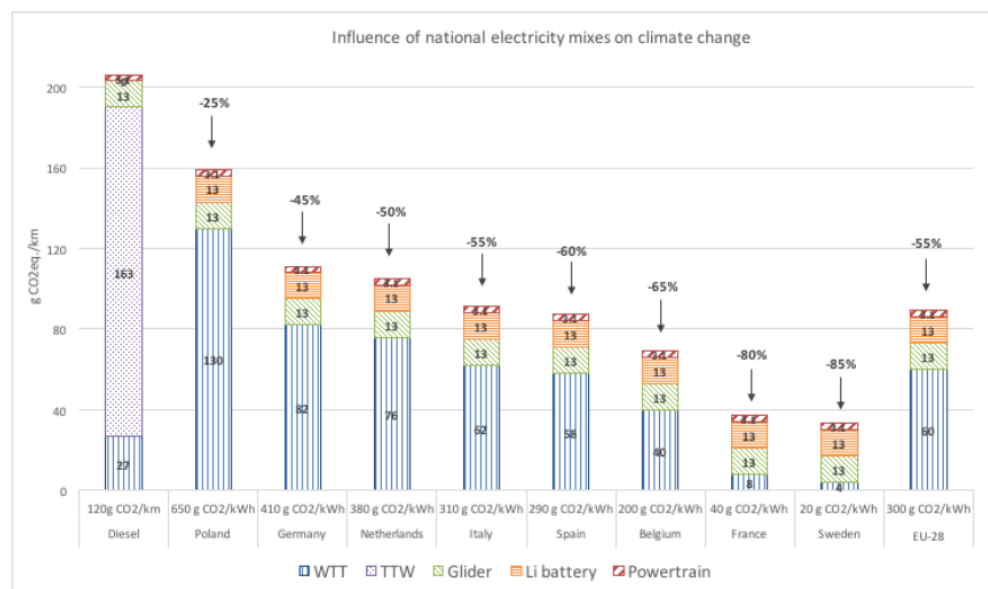
Uit de analyse blijkt dat, alhoewel de impact van de productie van een elektrische auto groter is dan die van een dieselauto, de CO₂-emissie over de levensduur gemeten aanzienlijk kleiner is.

Dezelfde auteur toont ook de invloed van de lokale elektriciteitsopwekking aan. Deze verschilt in Europa sterk (Figuur 26): daar waar in Polen 650 gCO₂ per kWh wordt uitgestoten (als gevolg van de dominante rol voor kolengestookte elektriciteitscentrales), is die uitstoot in Frankrijk slechts 40 gCO₂ per kWh vanwege het grote aandeel kernenergie in de elektriciteitsmix.

Afhankelijk van die elektriciteitsmix is de impact van de invoering van elektrische auto's en het relatieve aandeel van de productie-footprint ook sterk verschillend (zie Figuur 27). In landen met een hoge uitstoot per kWh (zoals Polen) is de milieubijdrage van elektrisch rijden klein t.o.v. rijden met fossiele brandstoffen.



Figuur 26 Carbon footprint van elektriciteitsopwekking in de EU28 in 2015 (en prognose voor ontwikkeling tot 2050)

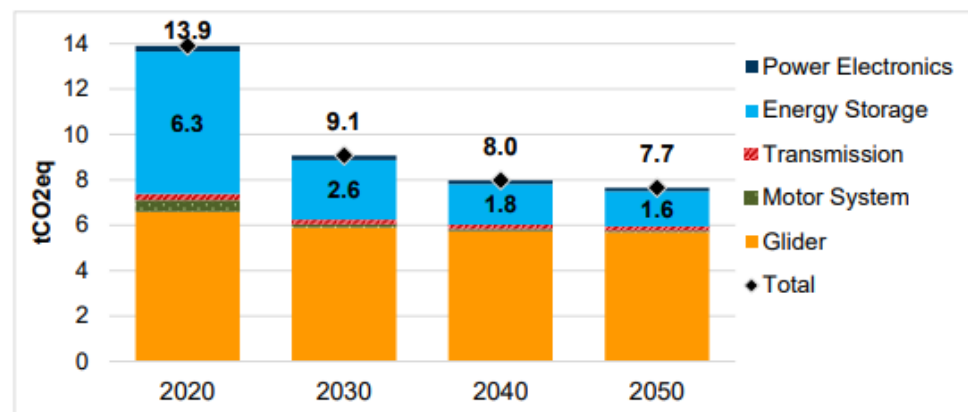


Figuur 27 Invloed van de elektriciteitsmix op de CO₂-emissies van elektrische auto's (bron: Messagie)

Alhoewel de bijdrage van de productie dus relatief gering is t.o.v. de footprint tijdens gebruik kan die bijdrage van de productie nog verder afnemen. Consultant Ricardo

stelt¹⁸ dat de milieu-impact voor productie van elektrische (en hybride auto's) inderdaad significant hoger is dan voor conventionele verbrandingsmotoren en dat deze verschillen met de technologie van 2020 ongeveer 66% hoger zijn voor elektrische auto's. Dit verschil komt overeen met meer dan de helft van de totale impact van deze auto's gemeten over de totale levensduur. Naar verwachting zullen ontwikkeling in met name de batterijen ('energy storage' in Figuur 28) deze milieu-impact drastisch doen afnemen.

Het moge duidelijk zijn dat de staat van recycling (paragraaf 2.3), het eventueel hergebruik van accu's als energieopslag (paragraaf 2.4) of toename van de levensduur door intensief onderhoud (paragraaf 1.3) een stevige invloed heeft op dit aspect van de milieu-impact. En vanzelfsprekend neemt de milieu-impact gelieerd aan de productie van elektrische auto's enorm af als door de introductie van deelmobiliteit het aantal auto's significant afneemt (daarbij aannemend dat de levensduur door te intensief en onoordeelkundig gebruik niet drastisch afneemt).



Figuur 28 Scenario voor ontwikkeling van Greenhouse Warming Potential (GWP) for elektrische auto's (bron: Ricardo)

Verder laten data van werkelijke batterij-degradatie van Tesla-batterijen¹⁹ (Model S) zien dat de levensduur van de batterijen boven de 500.000 km kan liggen. Dat zou een significante invloed hebben op de aannames die voor LCA-studies worden gemaakt. Of daarmee de totale levensduur van de gehele auto ook zo lang wordt is natuurlijk niet te zeggen, maar wel dat mogelijk herinzet van batterijen vóór die tijd tot de mogelijkheden zou kunnen behoren.

2.6 Kritikaliteit en sociale impact van grondstoffen

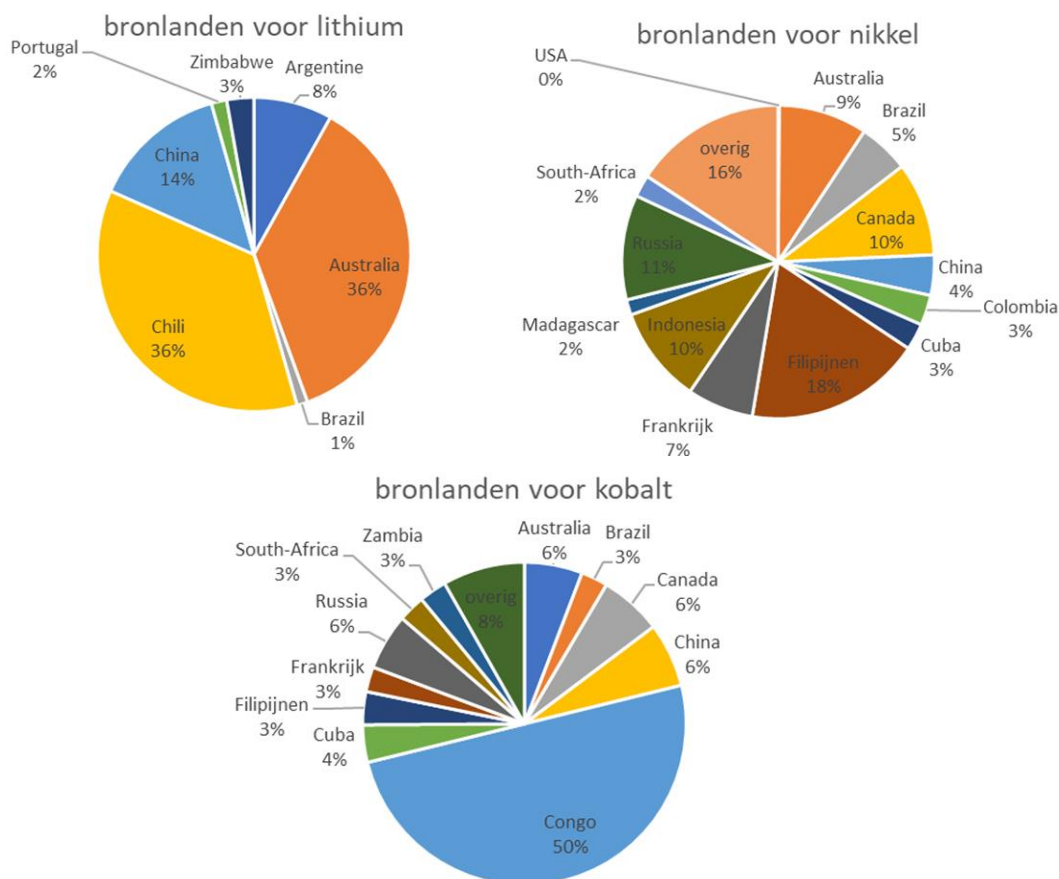
Naast zorgen over de milieu-impact van elektrische auto's en over de toekomstige beschikbaarheid van de benodigde materialen, leven er ook zorgen over de sociale impacts in de landen waar de benodigde grondstoffen vandaan moeten (gaan) komen. Deze zorgen bestaan al geruime tijd en worden zowel in Nederland als in de EU sinds 2010 serieus onderzocht. Metalen en mineralen blijken in het

¹⁸ Ricardo Energy and Environment, Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA, Final Report for the European Commission, DG Climate Action, December 2020

¹⁹ <https://maartensteinbuch.com/2015/01/24/tesla-model-s-battery-degradation-data/>

algemeen in relatief weinig landen te worden geproduceerd, waardoor al snel een monopolistische situatie ontstaat die bijdraagt aan zorgen over de langere termijn leveringszekerheid. Wanneer die quasi-monopolies dan bestaan in landen met een kwetsbaar bestuur (bijvoorbeeld door het bestaan van rebellengroepen die strijden om de middelen uit de mijnbouw, zoals in Congo) zijn die zorgen nog sterker.

Voor drie belangrijke materialen voor elektrische auto's, lithium, nikkel en kobalt, laten we hier de herkomst van de grondstoffen zien.

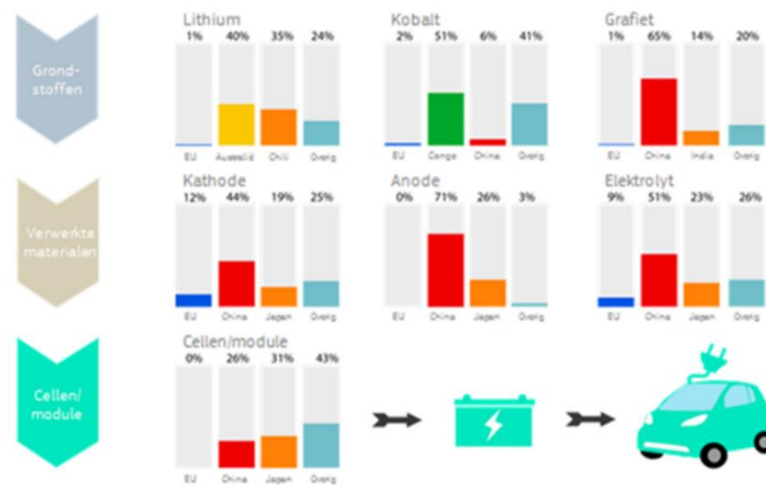


Figuur 29 Herkomst lithium, nikkel en kobalt (bron:USGS, bewerking TNO)

Alhoewel deze mijnbouwverdelingen niets zeggen over de potentie om te groeien, laat de verdeling van nikkel wel zien dat er een brede groep productielanden bestaat: bovendien kent een deel van die landen een solide bestuur. Datzelfde kan gezegd worden voor de situatie rond lithium, alhoewel daar wel een aanzienlijk geringer aantal bronlanden te zien is. De situatie is anders, en zorgelijker, voor kobalt: 50% van de productie komt uit het zeer instabiele Congo. Dit is één van de redenen voor de ontwikkeling van batterij-types met een geringer aandeel kobalt.

De aandacht voor kwetsbare leveringsketens houdt niet op bij zorgen over de beschikbaarheid en herkomst van grondstoffen: concentratie van productiecapaciteit vindt ook plaats verder in de waardeketen van batterijen. Met

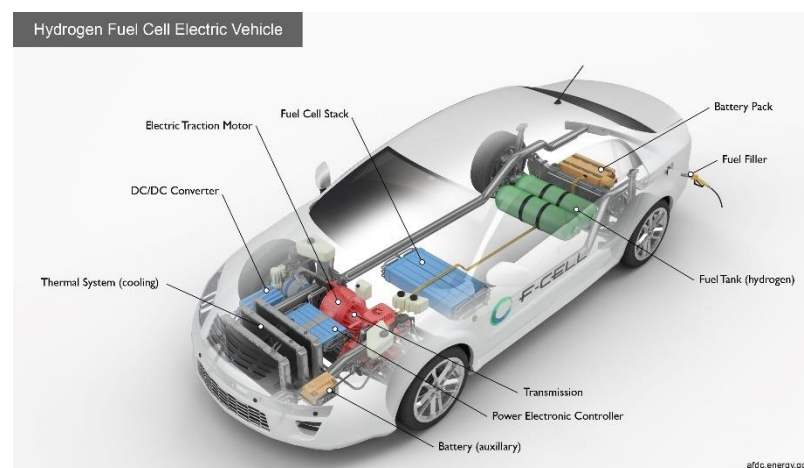
name de dominante positie van China bij de productie van grafiet, kathodes, anodes en elektrolyt valt op.



Figuur 30 Afhankelijkheid van de aanvoer van grondstoffen in de waardeketen voor accu's voor elektrische auto's (Bron: JRC)

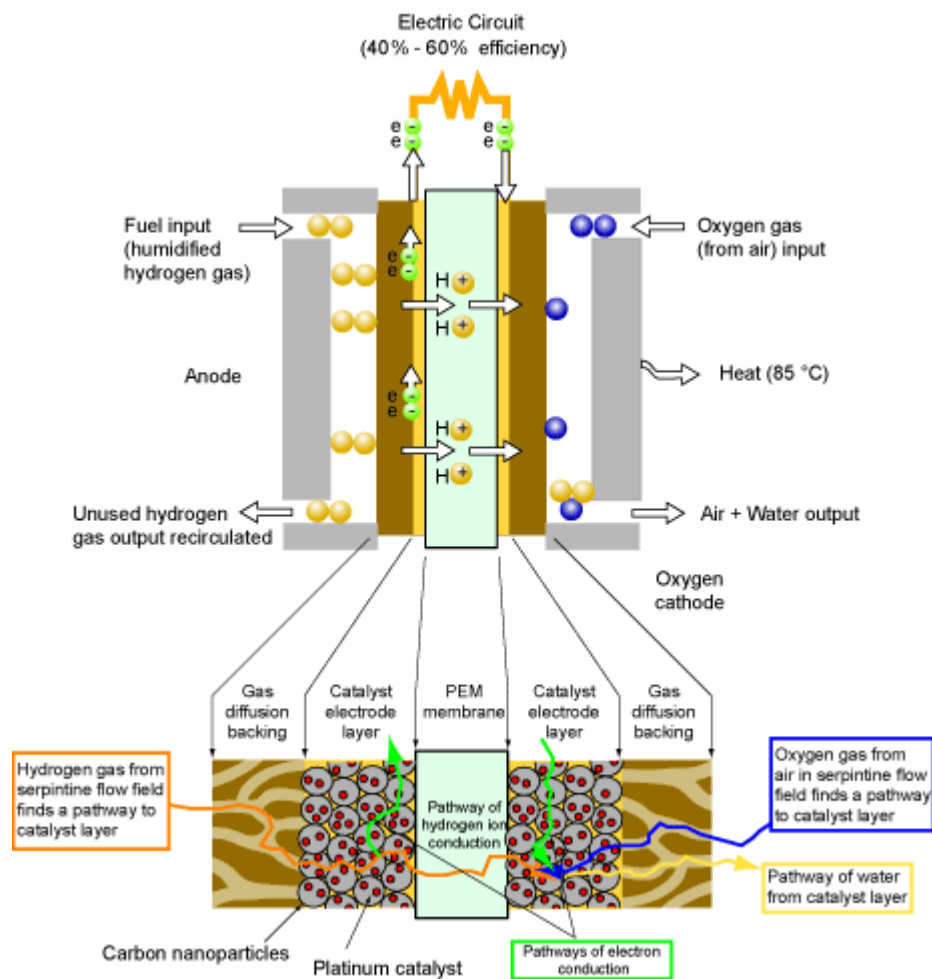
2.7 Waterstof in plaats van elektriciteit: gevolgen voor materiaalgebruik

De aandacht in het voorafgaande ging uitsluitend uit naar elektrische auto's met een accupakket (BEV Battery Electric Vehicles). Daarnaast zijn ook ontwikkelingen gaande om gebruik te maken van waterstof als energiedrager in elektrische auto's via de inzet van een brandstofcel (fuel cell; FCEV Fuel Cell Electric Vehicles) of via het direct verbranden van waterstof in een Internal Combustion Vehicle (ICEV). In een FCEV wordt waterstof in een brandstofcel omgezet in elektriciteit die de elektromotor aandrijft.



Figuur 31 Weergave van FCEV (bron: US DoE)²⁰

²⁰ <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work#:~:text=Fuel%20cell%20stack%3A%20An%20assembly,needed%20by%20the%20fuel%20cell.>



Figuur 32 Weergave van een brandstofcel (bron: SAEAGER)²¹

2.7.1 Observaties en conclusies uit een eerdere scenario-studie

Naar de inzet van waterstof in de Rotterdamse mobiliteit is recent een scenariostudie verricht door TNO²². Tal van observaties en conclusies uit dat rapport zijn relevant voor de onderhavige verkenning, waar het gaat over de materiële consequenties van de mobiliteitstransitie; we zullen deze opmerkingen hier parafraseren.

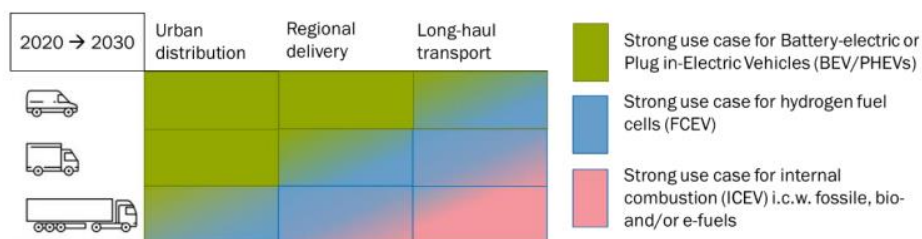
Verwachte marktaandelen

Tijdens de genoemde TNO-studie is een aantal voertuigfabrikanten bevroegd over hun verwachtingen voor de introductie van FCEV voor zowel personenauto's als zwaarder vervoer. De visies van verschillende fabrikanten loopt sterk uiteen: van VW ('das ist einfach nur Unsinn!') en Tesla ('The technology is mind-bogglingly stupid') aan de ene kant van het spectrum, tot Toyota ('Hydrogen-powered vehicles are essentially the next-generation electric vehicles') en Hyundai aan de andere kant. Verder hebben FIAT, Ford en General Motors geen plannen om in FCEV te stappen of zijn zelfs al gestopt.

²¹ Fuel cells – SAEAGER (google.com)

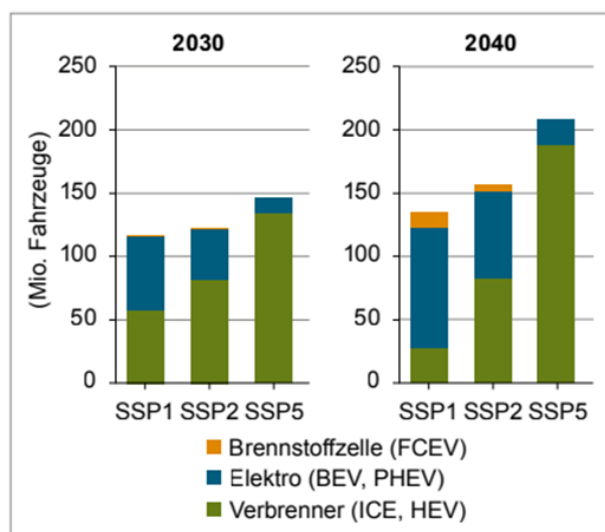
²² TNO 2020 R11688v2 Scenariostudie voor de rol van waterstof in het transportsysteem van Rotterdam, Stephan van Zyl, Vincent de Jonge, Geoff Holmes, TNO, 2021

Voor het zware segment zijn de meningen veel minder verdeeld en zien alle producenten een rol voor waterstof in zwaar vervoer over langere afstanden (zie Figuur 33).



Figuur 33 Logistieke toepassingsgebied voor waterstof (bron: TNO)

Zowel de scenario-aanpak van de TNO-studie als de DERA-studie Rohstoffe für Zukunftstechnologien gaat vanwege deze overwegingen uit van een bescheiden rol voor FCEV in de komende decennia (zie Figuur 34).



Figuur 34 Marktaandelen voor FCEV, BEV en ICE in scenariostudie van DEAR/Fraunhofer

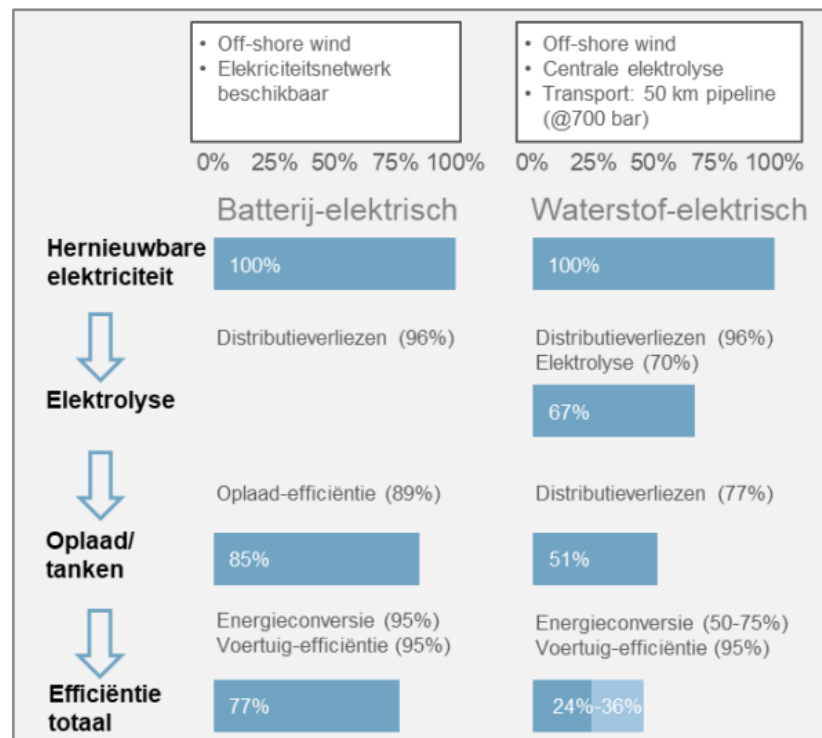
De eerdere TNO-studie concludeert daarom dat waterstof in de totale mobiliteitstransitie een belangrijke rol speelt, maar dan wel voor de zwaardere en professionele applicaties.

Conversie-efficiency en CO₂-uitstoot

Elektrisch rijden met behulp van waterstof zal altijd een lager rendement hebben dan direct rijden op elektriciteit vanwege de verschillende conversie-verliezen (zie Figuur 35).

Daarom zal bij elke waterstof-opwekkingscapaciteit er tot 3 keer meer elektriciteit nodig zijn voor waterstof-auto's. Daarmee is de indirecte CO₂-uitstoot ook navenant groter voor FCEV in vergelijking met BEV.

Daar komt nog bij dat in de komende decennia waterstofproductie zelf nog niet volledig groen zal zijn en deels via een chemische weg (grijze waterstof) tot stand zal komen.

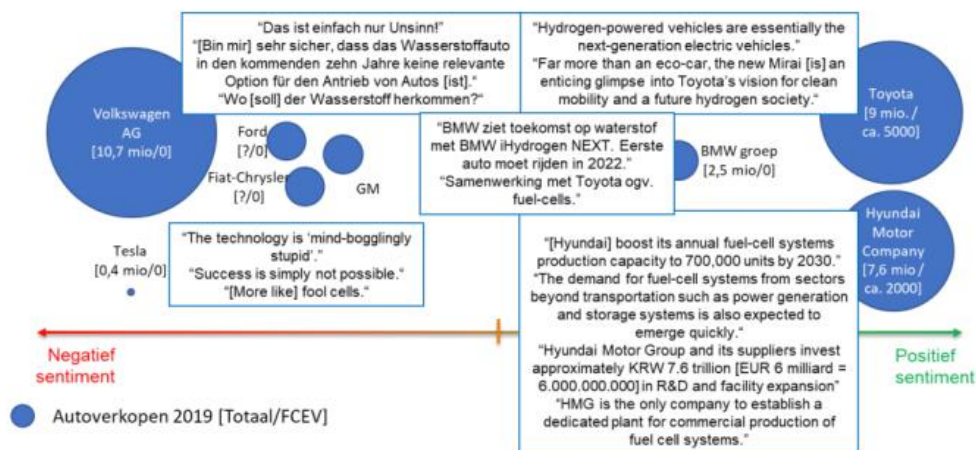


Figuur 35 Well-to-wheel efficiency (bron: TNO)

De TNO-scenariostudie over de inzet van waterstof in Rotterdam beveelt op basis van deze overwegingen en observaties aan voor zero-emissie-doelstellingen zoveel als mogelijk te focussen op BEV en FCEV alleen in te zetten voor specifieke vormen van zwaar vervoer waar actieradius een vereiste is.

Overigens wordt in hetzelfde rapport aangegeven dat de producenten in het lichte segment sterk gepolariseerde visies hebben op de mogelijke rol van waterstof, met Tesla en VW als uitgesproken tegenstanders van toepassing van waterstof en Toyota en Hyundai als voorstanders ervan (Figuur 36).

De producenten in het zware segment zijn er over eens dat waterstof deel is van de transitie naar zero emissie.

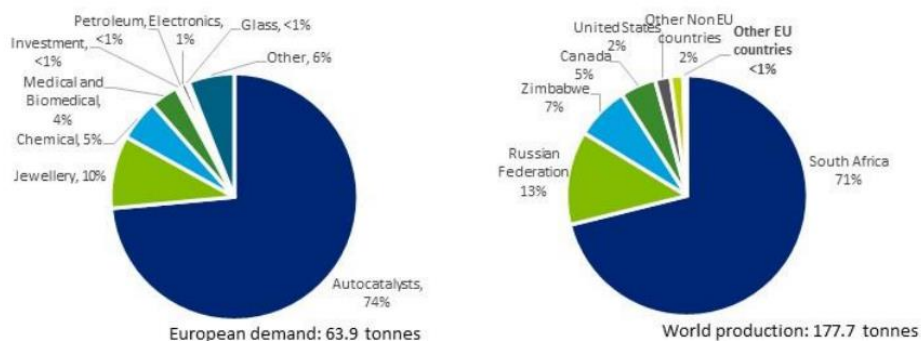


Figuur 36 Standpunten van voertuigfabrikanten m.b.t. FCEVs in het lichte segment (bron: TNO)

2.7.2 Materiaalconsequenties van rijden op waterstof

De belangrijkste verandering op het gebied van materiaalgebruik zit in de brandstofcel die waterstof omzet in elektrische energie. De katalysatoren aan zowel de anode- als de kathode-zijde zijn gebaseerd op platina.

De huidige productie van platina bedraagt ongeveer 180 ton per jaar (voornamelijk in Zuid-Afrika) en wordt vooral toegepast in uitlaatgaskatalysatoren van benzineauto's (Figuur 37). Per benzineauto wordt ongeveer 5 g platina (of een mengsel van platina, palladium en rhodium) ingezet.



Figuur 37 Productie en toepassing van platina (bron: EC)

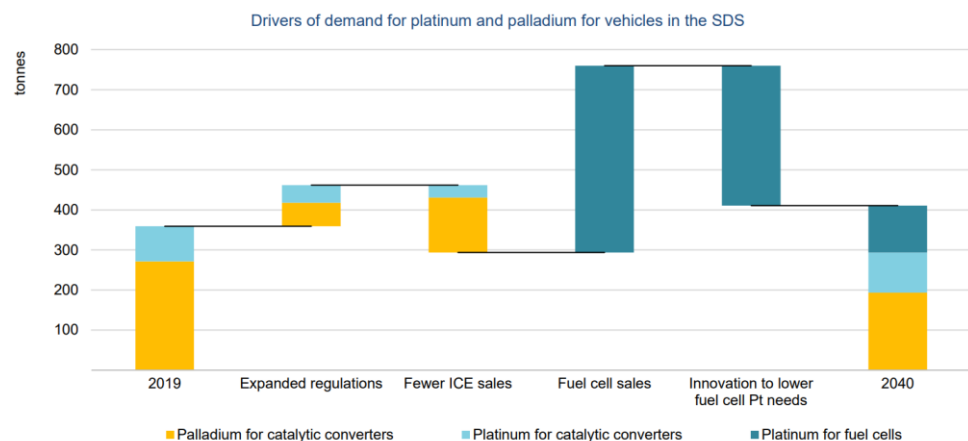
De toepassing van brandstofcellen vergde in het afgelopen decennium 40-50 g platina per brandstofcel, maar uit kostenoverwegingen is veel onderzoek gedaan naar het efficiënter inzetten van platina in de katalysatoren. De verwachting is dat op termijn de hoeveelheid platina kan zakken naar zo'n 5 gram platina per auto in 2040²³.

²³ World Energy Outlook Special Report - The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transition, IEA, 2021, blz. 115

Tegelijk is er een neerwaartse druk op de platina-behoefte door het uitschakelen van benzineauto's.

Het IEA verwacht op basis van beide bewegingen dat de benodigde hoeveelheid platina in 2040 slechts een geringe stijging zal doormaken (Figuur 38). Al met al zal de introductie van FCEVs geen grote druk betekenen voor de grondstofmarkt, zoals de introductie van grote accupakketten voor BEVs dat wel doet voor de behoefte aan lithium en kobalt.

In the SDS, platinum demand for vehicles in 2040 remains dominated by catalytic converters and not fuel cells



Figuur 38 Drijvende krachten achter de vraag naar platina en palladium voor voertuigen in het Sustainable Development Scenario (SDS)

2.8 Samenvatting en boodschappen voor de gemeente

Dit hoofdstuk bevat een uitgebreid overzicht van 'facts & figures' rond elektrisch rijden en de consequenties daarvan. Daarom wordt in deze paragraaf een korte opsomming van de belangrijkste observaties gegeven als samenvatting van het voorafgaande:

Het aantal elektrische auto's neemt toe en daarmee stijgt het materiaalgebruik voor de accupakketten ook voorbij het huidige aanbod:

- Het aantal nieuw verkochte elektrische auto's bedraagt nu al ruim 20% en zal alleen maar groeien.
- Omdat auto's lang meegaan is het aandeel in het huidige wagenpark nog maar zo'n 2%.
- Als Nederland de wereldwijde trend volgt zal rond 2040 maximaal 40% nog rondrijden op fossiele brandstoffen.
- Alhoewel de motor ingrijpend verandert (en de vraag naar onder andere koper en zeldzame aardmetalen toeneemt), levert de introductie van krachtige accu's een enorme materiaalvraag op: vooral lithium, nikkel en kobalt zijn veel meer nodig. De auto-industrie streeft naar vermindering van het aandeel kobalt vanwege de prijs, de lage beschikbaarheid en de afhankelijkheid van Congo als voornaamste producent.
- De totale materiaalbehoefte door elektrisch vervoer zal groter zijn dan het huidige aanbod hetgeen kan leiden tot het naar beneden bijstellen van

duurzaamheidsambities. Dit is een al jaren bekend maar weinig onderkend probleem. Overheidsingrijpen is cruciaal in het tempo van deze veranderingen.

Recycling en hergebruik nemen sterk in belangstelling toe, maar dekken de behoefte niet:

- De recyclingcapaciteit van accu's van EV neemt fors toe. Alhoewel de behoefte niet gedekt kan worden ontstaat wel een lokale bron van materialen die bovendien de milieulast vermindert.
- Er wordt door autofabrikanten veel geëxperimenteerd met zogenaamd stationary use, hergebruik van batterijen als losstaande energieopslag, maar dit gebruik is nog niet grootschalig en commercieel.

De positieve milieu-impact van de introductie van elektrische auto's staat buiten kijf:

- Over de hele levenscyclus is de uitstoot van elektrische uitstoot aanzienlijk lager dan van benzine- of dieselauto's
- Het voordeel wordt groter naarmate de elektriciteitsmix in Europa opschuift naar meer duurzaam opgewekte elektriciteit.
- De bijdrage van het energiegebruik compenseert voor de grotere milieu-impact van de productie van elektrische auto's t.o.v. diesel- of benzineauto's.

Inzet van waterstof lijkt alleen een alternatief voor zwaarder vervoer over langere afstand

- Door conversiefactoren zal rijden op waterstof (FCEV) altijd een hogere milieu-impact hebben dan elektrisch rijden met behulp van accu's (BEV)
- Mede daarom wordt rijden op waterstof vooral gezien als alternatief voor zwaar vervoer.
- De introductie van FCEV draagt niet significant bij aan een toenemende vraag naar platina, de belangrijkste ingrediënt van de noodzakelijke katalysator.

Voor beleidsvorming in Rotterdam kunnen de volgende boodschappen gehaald worden uit deze samenvatting:

- i. Inzetten op elektrisch rijden is vanuit milieuoogpunt sterk aan te bevelen.
- ii. De verwachte krapte van grondstoffen voor elektrisch vervoer is een aanleiding om na te denken over de bijdrage die deelmobiliteit kan leveren aan vermindering van die behoefte.
- iii. Recycling en hergebruik zijn (nog steeds) in ontwikkeling en kunnen elk een nuttige rol vervullen in het energiesysteem en in de materiaalbehoefte; mede gezien de logistieke mogelijkheden in de haven zou de gemeente de ontwikkelingen op deze vlakken actief moeten volgen en analyseren welke mogelijkheden dit Rotterdam kan bieden.
- iv. Inzetten op waterstof als energiedrager moet beperkt blijven tot specifieke toepassingen.

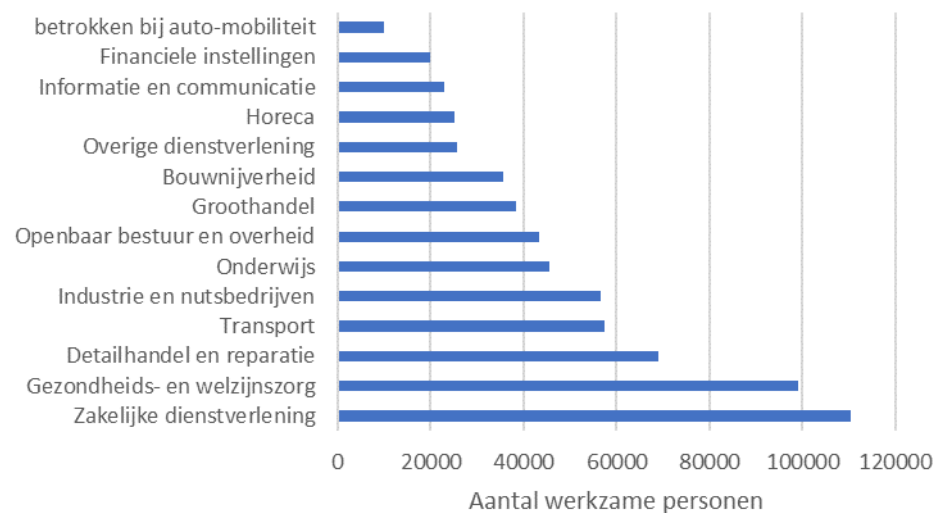
3 Circulaire economie en economische consequenties

Auto's vormen een belangrijk onderdeel van onze economie. Privé is het een van de grootste uitgaven die een huishouden doet, zakelijk vervult een wagenvloot een essentiële functie in de samenleving. Die belangrijke rol voor mobiliteit uit zich in een zichtbare rol voor automobilititeit in de lokale economie. In dit hoofdstuk geven we aandacht aan de rol van automobilititeit in de huidige economie en hebben we door middel van interviews onderzocht wat de mogelijke consequenties voor de lokale economie zijn als gevolg van de transitie naar meer elektrisch vervoer en de beweging richting deelmobiliteit.

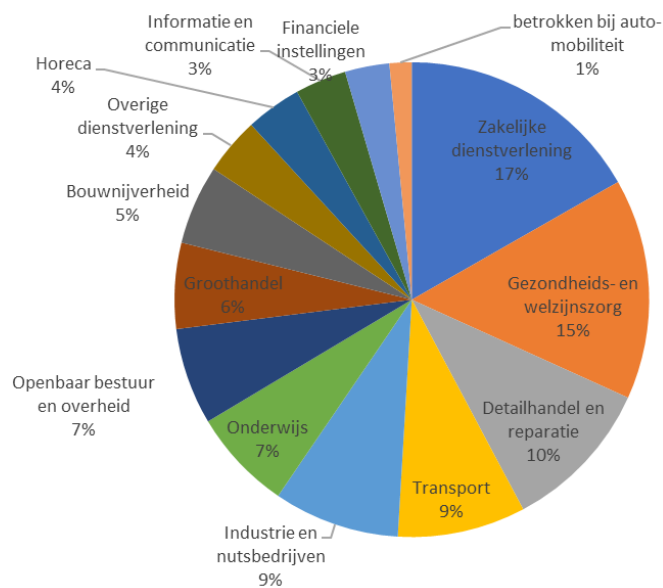
3.1 Werkgelegenheid en automobilititeit in Rotterdam

De gemeente Rotterdam heeft data ter beschikking gesteld die inzicht geven in de totale werkgelegenheid in Rotterdam, en daarmee ook in de mate waarin het huidige autobezit een aandeel heeft in die werkgelegenheid.

Een overzicht van die werkgelegenheid is te zien in Figuur 39 en Figuur 40.



Figuur 39 Aantal werkzame personen in de gemeente Rotterdam



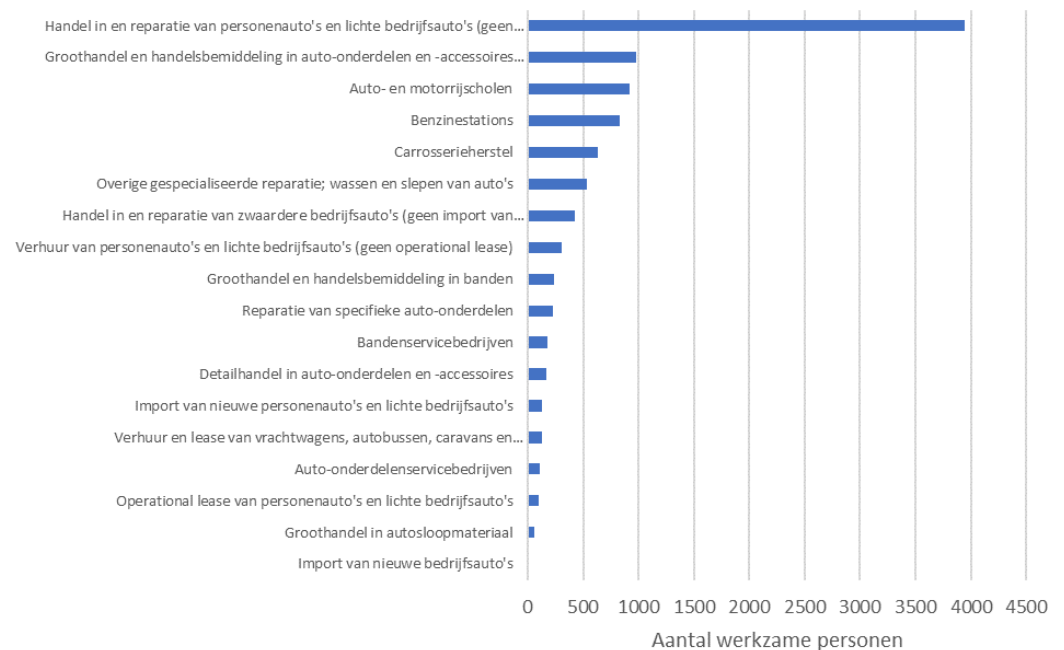
Figuur 40 Verdeling van werkgelegenheid in Rotterdam

Het totaal aantal werkzame personen bedraagt bijna 650.000. Uit die totale werkgelegenheid is een selectie gemaakt van activiteiten die verbonden zijn aan de autosector. Dat betreft de volgende SBI-codes²⁴:

45111	Import van nieuwe bedrijfsauto's	45311	Groothandel en handelsbemiddeling in banden
45112	Groothandel in autosloopmateriaal	45312	Verhuur van personenauto's en lichte bedrijfsauto's (geen operational lease)
45191	Operational lease van personenauto's en lichte bedrijfsauto's	45320	Handel in en reparatie van zwaardere bedrijfsauto's (geen import van nieuwe)
45192	Auto-onderdelenservicebedrijven	46771	Overige gespecialiseerde reparatie; wassen en slepen van auto's
45201	Verhuur en lease van vrachtwagens, autobussen, caravans en aanhangwagens	47300	Carrosserieherstel
45202	Import van nieuwe personenauto's en lichte bedrijfsauto's	77111	Benzinestations
45203	Detailhandel in auto-onderdelen en -accessoires	77112	Auto- en motorrij scholen
45204	Bandenservicebedrijven	77120	Groothandel en handelsbemiddeling in auto-onderdelen en -accessoires (geen banden)
45205	Reparatie van specifieke auto-onderdelen	85530	Handel in en reparatie van personenauto's en lichte bedrijfsauto's (geen import van nieuwe)

Wanneer we kijken naar het aandeel van de autosector in de totale werkgelegenheid (volgens deze selectie) bedraagt deze ongeveer 9.900 personen oftewel ongeveer 1,5%. De verdeling van deze activiteiten over de geselecteerde SBI-codes is gegeven in Figuur 41. Verreweg de meeste activiteiten (bijna 4.000 werkzame personen) vinden plaats in de sector "Handel in en reparatie van personenauto's en lichte bedrijfsauto's (geen import van nieuwe)".

²⁴ Standaard Bedrijfsindeling (SBI-codes) voor activiteiten: Ieder bedrijf dat zich inschrijft in het Handelsregister krijgt 1 of meer SBI-codes. Een SBI-code is een getal van 4 of 5 cijfers en geeft aan wat de activiteit van een onderneming is.



Figuur 41 Aantal werkzame personen in de autosector in Rotterdam

Verreweg de meeste van deze banen (een voorzichtige schatting leert dat het ruim 7.200 banen betreft) zullen gevolgen ondervinden van de transitie naar elektrisch rijden. Dat betreft dan activiteiten rond Handel en reparatie, Auto-onderdelen, Benzinestations, Detailhandel en Verhuur en lease. Alhoewel niet op voorhand in te schatten is wat dat in kwantitatief opzicht betekent voor het aantal banen, betekent het in ieder geval dat de benodigde competenties aan verandering onderhevig zullen zijn.

We hebben eerder in dit rapport aangestipt dat met name in de autosector een stevige 'circulaire economie'-component aanwezig is (zie bijvoorbeeld Figuur 4). Dat geldt vanzelfsprekend ook in Rotterdam. Circulair handelen is te herkennen in de activiteiten die in Tabel 4 zijn samengevat.

Het beeld dat veel van de werkgelegenheid bestempeld kan worden als 'circulair' is een gegeven dat ook werd (h)erkend in de maakindustrie: in onze omgang met kapitaalgoederen hechten we aan goed onderhoud, verlengen we de levensduur door te investeren in reparaties, delen we auto's (huur) en maken we gretig gebruik van een tweedehandsmarkt. In een beweging naar een meer circulaire economie in de stad is het aan te bevelen deze sector ook als zodanig mee te nemen en gebruik te maken van de ervaringen en ontwikkelingen in deze sector.

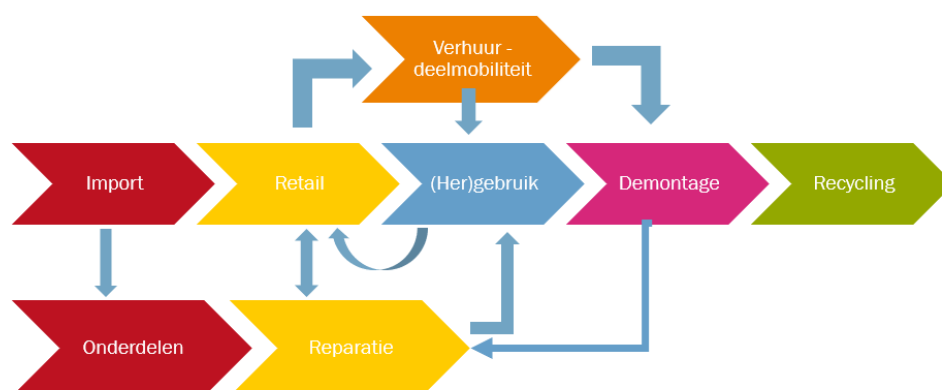
Tabel 4 Circulaire werkgelegenheid in autobranche in Rotterdam

Activiteit	# werkzame personen
Groothandel in autosloopmateriaal	64
Auto-onderdelenservicebedrijven	112

Verhuur en lease van vrachtwagens, autobussen, caravans en aanhangwagens	130
Detailhandel in auto-onderdelen en -accessoires	170
Bandenservicebedrijven	182
Reparatie van specifieke auto-onderdelen	223
Verhuur van personenauto's en lichte bedrijfsauto's (geen operational lease)	306
Handel in en reparatie van zwaardere bedrijfsauto's (geen import van nieuwe)	429
Overige gespecialiseerde reparatie; wassen en slepen van auto's	539
Carrosserieherstel	635
Groothandel en handelsbemiddeling in auto-onderdelen en -accessoires (geen banden)	983
Handel in en reparatie van personenauto's en lichte bedrijfsauto's (geen import van nieuwe)	3945
TOTAAL	7718

3.2 Reflectie van economische actoren op elektrisch rijden en deelmobiliteit

Het 'auto-ecosysteem' is als volgt te visualiseren (Figuur 42). Verschillende economische actoren in dit auto-ecosysteem zijn in het kader van deze verkenning geïnterviewd, waarbij de centrale vraag was in hoeverre de transitie naar elektrisch rijden en de introductie van (meer) deelmobiliteit hun handelen beïnvloedt.



Figuur 42 Schematische weergave van het auto-ecosysteem

De geïnterviewde partijen zijn:

- Een groot retail- en importbedrijf in mobiliteitsoplossingen (Toyota Louwman).
- Een importeur en exporteur van voertuigen (SCL).
- Een verhuurder van auto's en busjes (Van 't Hart).
- Een technisch en financieel consultant rond hergebruik van batterijen in stationary use (StoredEnergy).
- Een deelmobiliteitsbedrijf (Greenwheels).
- Wagenparkbeheer van de gemeente Rotterdam.

3.2.1 Hoe beïnvloedt de transitie naar elektrisch vervoer hun bedrijfseconomisch perspectief?

Toyota Louwman is de officiële Toyota-dealer voor Nederland. Het bedrijf is breed geïnteresseerd in mobiliteitsoplossingen en niet (voor de lange termijn) slechts in omzet in auto's. Dat komt deels omdat Toyota zelf zich zorgen maakt omtrent de

tijdige wereldwijde beschikbaarheid van grondstoffen voor de benodigde accu's. Toyota is dan ook een actieve ontwikkelaar van kleinere batterijen. Daarom ook zet Louwman in op het optimaliseren van gebruik van het voertuig (minder stilstand), deelmobiliteit en goed beheerde laadmomenten voor de batterij. Een ander voorbeeld van de Toyota-strategie is het sturen op optimaliseren van rij-uren van voertuigen, bijvoorbeeld in de gezondheidszorg, taxidiensten en stedelijk goederenvervoer.

Deze bredere belangstelling vereist het vormen van andere samenwerkingsvormen met energieleveranciers en elektriciteitsnetbeheerders: "ik spreek collega's van andere bedrijven vaker dan mijn eigen directeur", aldus Louwman.

StoredEnergy is een start-up die zich ontwikkeld heeft als technisch en financiële consultant rond energieopslag en hergebruik van (voornamelijk deelscooter-) accu's voor stationary use. Het bedrijf is juist opgericht als gevolg van de transitie naar elektrisch vervoer (nu nog hoofdzakelijk rond scooters). Het bedrijf richt zich met name op deelscooter-accu's die na 4 jaar teveel gedegradieerd zijn voor scootergebruik maar met een restcapaciteit van 70% goed ingezet zouden kunnen worden voor stationary use. Met autofabrikanten werken is voor StoredEnergy lastiger: een Nederlands bedrijf als Timeshift heeft afspraken gemaakt met autofabrikanten over herinzet van auto-accu's, maar die fabrikanten zijn erg beschermend, vanwege afbreukrisico (in paragraaf 2.4 werd ook al gewezen op het feit dat autofabrikanten zelf zijn betrokken bij de experimenten rond stationary use). Met fietsaccu's is de standaardisering ver te zoeken en dus is daar dat hergebruik niet aan de orde.

Zakelijk gezien ontwikkelen en verdienen ze op basis van subsidies en projecten (bijvoorbeeld in Rotterdam met Citylab-subsidie). Er is nog geen zelfstandige business case: voor investeerders is de onzekerheid te groot, er is geen behoefte aan kleine stationaire energieopslag vanwege salderingsregeling en de import van nieuwe cellen is goedkoper dan testen, selecteren en assembleren.

3.2.2 *Hoe staan ze tegenover deelmobiliteit?*

Deelmobiliteit heeft **Toyota's** interesse. Recent is een belang in de applicatie WeGo genomen en Toyota investeert in den breedte in mobiliteitsoplossingen en opties voor deelsystemen. Toyota is geïnteresseerd in het bedienen van huishoudens met een jaarlijks autogebruik van minder dan 10.000km per jaar. Dit is een grote groep in de samenleving, die doorgaans minder kapitaalkrachtig is. Het zou voor deze groep logisch zijn om elektrische mobiliteit alleen in deelvorm aan te bieden, zonder eigenaarschap van een elektrisch aangedreven auto. Aanbieden van elektrische voertuigen via deelmobiliteit draagt bij aan sociale gelijkwaardigheid en reduceert de vraag naar kritieke materialen.

Greenwheels is opgericht met als oogmerk via deelmobiliteit het aantal auto's op straat te verminderen. Inmiddels is het bedrijf overgenomen door Pon en VW Financial Services. Deelmobiliteit is dus het hart van het bedrijf en eigenaar Pon is daar in den breedte actief in: Pon wil de Nederlander voorzien van mobiliteit en hebben daarom ook geïnvesteerd in Swapfietsen. Op dit moment bestaat de Greenwheels vloot nu uit ongeveer 2300 auto's in Nederland met een verwachte groei van tussen de 200-400 per jaar. Per auto zijn zo'n 35 à 40 gebruikers actief.

Uit hun analyse blijkt dat 1 auto 11 auto's vervangt, waarvan er 3 niet worden aangeschaft.

Het onderhoud van de vloot wordt zoveel mogelijk lokaal georganiseerd, voornamelijk vanwege de behoefte om de beschikbaarheid zo hoog mogelijk te houden worden schades zo dichtbij mogelijk gerepareerd. Verder zijn er landelijke leveranciers (bijvoorbeeld wassen): Greenest Car wash verzorgt het wassen zonder water op locatie, met elektrische bakfiets.

De ervaring van **Greenwheels** leert dat gebruikers minder goed omgaan met spullen die niet van hun zijn en daardoor heeft het bedrijf te maken met meer schade dan gemiddeld. Daarbij zijn de klanten in het algemeen ook minder ervaren door laag autogebruik. Dat speelt in het bijzonder ook bij elektrische auto's vanwege de kwetsbare elektronica in bijvoorbeeld de bumper. Het is niet zo dat er sneller wordt afgeschreven op elektrische auto's. Gemiddeld rijdt een auto 20.000 km/j. De restwaarde-ontwikkeling is voor VW Financial Services een belangrijk aspect en leasetarieven houden daar rekening mee. De waarde van tweedehandsauto's is momenteel gunstig. Als blijkt dat elektrische auto's langer meegaan wordt dat interessant, omdat de initiële aanschaf zoveel duurder is. De business case rond deelmobiliteit is nu al marginaal. Zoals uit een recent artikel uit het Financieel Dagblad²⁵ over de fusie tussen MyWheels en Amber bleek is dat deze bedrijven in de deelmobiliteitsmarkt nog verlieslatend zijn. De hoop werd in dit artikel uitgesproken dat de fusie zal leiden tot efficiënter gebruik van de deelauto's (waarvan nu 50% uit elektrische auto's bestaat) zodat de bedrijfscombinatie uiterlijk in 2026 zwarte ebitda-cijfers zou kunnen schrijven.

Tegen deze achtergrond maakt de introductie van elektrische auto's in de deelmarkt die business case alleen maar lastiger. Greenwheels stelt dan ook dat volledige overgang naar elektrische deelauto's niet onmogelijk, maar heel moeilijk zal zijn. Overigens zal ook Greenwheels in de komende jaren de vloot volledig elektrificeren in de hoop op dalende kosten en dus een positief rendement.

Van 't Hart, een grote autoverhuurder in de stad (en dus eigenlijk deelmobiliteitsaanbieder) ziet dat er nog onvoldoende klantvraag is om elektrisch aan te bieden. De kosten zijn simpelweg te hoog. Ze zullen op een gegeven moment elektrische voertuigen gaan verhuren, maar willen wachten vanwege het beperkte aanbod en de beperkte snelheid van laadpalen voor verhuur waarbij de capaciteit van 1 laadcyclus niet voldoende is.

3.2.3 *Welke rol zien ze weggelegd voor beleidsmakers en welke adviezen hebben ze?*
Toyota Louwman participeert actief in beleidsprocessen op nationaal en stadsregionaal niveau. Ze zien de noodzaak tot het leveren van kennis over innovatieve mobiliteit. Zo worden ze geconfronteerd met rigide keuzes rond elektrisch vervoer-op-maat terwijl het grote probleem, laadcapaciteit op regionaal niveau, een knelpunt blijkt en operationele infrastructuur voor waterstof ongebruikt blijft. De aanbevelingen van Toyota Louwman voor overheden zijn :

- Expertise voor publieke besluitvorming ontbreekt. Deze expertise kan van bedrijven komen. Naast autoproducenten moeten energiebedrijven,

²⁵ [MyWheels en Amber fuseren tot grote speler in deelaautomarkt \(fd.nl\)](#), 30 juni 2022

netbeheerders, publieke organisaties (zorg, politie), bouwbedrijven en logistieke dienstverleners aan tafel zitten bij beleids- en besluitvorming.

- Laat de technologische oplossing afhangen van het lokale aanbod aan elektriciteit en infrastructuur. Bijvoorbeeld: in de ene regio is infrastructuur voor waterstofaandrijving, in de andere is er nog capaciteit op het net.
- Stuur op doelen en niet op specifieke technologieën. Die doelen moeten gebaseerd zijn op normstelling van de overheid op basis van een eenduidige keuze voor een Life Cycle Analysis methodiek.

Greenwheels adviseert gemeentes niet te snel over te gaan op een eis voor elektrische deelmobiliteit omdat de marges nu al afwezig of flinterdun zijn en omdat elektrische auto's veel duurder zijn, en veel duurdere schade hebben (denk aan elektronica in de bumper). In hun ogen is de klant niet bereid meer te betalen voor elektrisch rijden. Verder is ondersteuning nodig met het aanleggen van laadinfrastructuur. In het algemeen lijken gemeentes het moeilijk te vinden te faciliteren vanwege gebrek aan capaciteit en de noodzaak verschillende afdelingen te betrekken. Daarbij zou de gemeente ook meer blij kunnen geven van prioriteit voor deelmobiliteit: zo was het in Rotterdam tot voor kort mogelijk een groot aantal goedkope parkeervergunningen per adres te hebben. Dat schept een diffuus en niet-consistent beeld over de bedoelingen van de gemeente.

Greenwheels adviseert ook harmonisering van beleid op landelijk niveau: het is nu erg inefficiënt om met allerlei gemeentes te spreken, dus het bedrijf prefereert overleg op VNG-niveau voor meer eenduidigheid en slagkracht. Dat maakt het ook mogelijk meer te leren van best practices en dus van elkaar.

Greenwheels merkt dat gemeentes ambitieuze plannen opstellen maar de onderbouwing daarvan missen.

StoredEnergy ziet een rol voor gemeentes door circulariteitseisen aan scooter-licenties te geven. Nu is nog niemand in end-of-life-issues geïnteresseerd. App-bouwers zijn alleen in groei geïnteresseerd en willen gekocht worden. Ze zijn niet bezig met EoL-issues.

SCL (een logistieke dienstverlener; ze bemiddelen in zowel import en exportstromen (binnen en buiten de EU), en begeleiden internationale voertuigen bij toelating tot het Nederlandse wegennet) ziet sinds najaar 2020 een sterke toename van de aanvoer van elektrische auto's: net als andere spelers krijgen ook zij signalen dat de vraag naar elektrische mobiliteit sneller groeit dan de laadcapaciteit in stedelijk gebied. Ze hopen dat overheden in het aanbod van laadpunten een versnelling kunnen brengen.

Van 't Hart ziet de rol van de gemeentelijke overheid in pragmatische, lokale acties. Zoals het bieden van meer parkeerplaatsen, meer laadpalen, en meer regulering van koeriersdiensten en leenscooters.

3.2.4 *Wat doet de gemeente zelf: wagenparkbeheer*

Het gemeentelijk wagenparkbeheer fungeert als de interne leasemaatschappij en heeft 5.000 leasecontracten (waaronder 250 vrachtwagens, 3.000 busjes, 500 personenwagens en de rest fietsen en brommers). De transitie naar elektrisch

rijden is ingezet, maar vereist nog technologische stappen, extra investeringen t.b.v. het zwaardere segment en nieuw gedrag.

De transitie vraagt om technologische ontwikkelingen en met name de zware bedrijfsvoertuigen zijn nog veel duurder in aanschaf t.o.v. vergelijkbare voertuigen rijdend op fossiele brandstoffen. Tot slot vraagt de transitie ook om een gedragsverandering bij de medewerkers.

De gemeente heeft een rol te spelen in het aanjagen van innovaties: in de aanbestedingen kan de gemeente de markt laten weten wat nodig is, en ook eventuele CO₂-winsten meenemen in de selectie. De kosten zijn voor de gemeente nog zeer hoog: een emissieloze vrachtwagen op elektriciteit kost nu 700 kEUR i.p.v. 300 kEUR. Deze one-offs drukken op de begroting en vraagt om draagvlak binnen de gemeente. Ook de infrastructuur zit nog niet in de total cost of ownership-analyses en batterijbuffers om snel weer op pad te kunnen, zijn kostbaar. Kortom: er is momenteel geen business case voor de elektrische voertuigen, met name in het zwaardere segment.

Wagenparkbeheer faciliteert voornamelijk elektrische deelmobiliteit. Ook daar is de omzetting naar deelmobiliteit een kwestie van nieuw gedrag (gewenning, status), mede geflankeerd door aanpassingen in HR-regelingen. Elektrische auto's spelen daar nog niet altijd een rol in: in de winter haalt een auto de Maasvlakte heen en weer niet en daar zijn nog geen laadpalen.

Het grote probleem zit in de komende jaren in een capaciteitsprobleem op het stroomnet. Alleen als daar in geïnvesteerd wordt, kan elektrisch vervoer sneller geïmplementeerd worden.

De transitie zal wel een andere manier van werken en ook samenwerken met bijvoorbeeld de omgevingsdienst vergen. Zo dragen batterijen vanwege het brandgevaar en bijvoorbeeld de opslag van waterstof bij aan een verhoogd risico. Afstemming met DCMR is een vereiste om belemmering van de implementatie te voorkomen.

Het wagenparkbeheer draagt zelf nu al stevig bij aan het circulaire karakter van het wagenpark. Er werken 150 mensen aan het onderhoud van het rollend materieel (auto's, vrachtwagens, maar ook fietsen). Rotterdam heeft geïnvesteerd in de eigen opleidingen en zal dat ook doen bij grotere introductie van elektrisch vervoer. Om meer zicht te houden op levensduur (en dus ook weer op circulariteit) is er een data-afdeling opgericht, die data gaat verzamelen m.b.t. levensduur, onderhoud, schade en restwaardeverloop.

3.3 Samenvatting en perspectief voor de gemeente

De werkgelegenheid rond automobilititeit in Rotterdam bedraagt bijna 10.000 FTE, waarvan bijna driekwart betrokken is bij verschillende vormen van 'circulaire' dienstverlening. De gemeente zou deze vorm van dienstverlening als zodanig kunnen (h)erkennen en meenemen in de interne en externe communicatie rond circulariteit. Op die manier wordt het begrip circulaire economie tastbaarder en herkenbaarder gemaakt.

Wat de transitie naar elektrisch rijden qua werkgelegenheid betekent is niet duidelijk, maar wel dat andere eisen gesteld gaan worden aan opleidingen in de automobielsector.

Grootschalige implementatie van deelmobiliteit zou kunnen betekenen dat er

minder auto's op de weg komen, met consequenties voor een deel van de werkgelegenheid. Aan de andere kant kan deelmobiliteit ook zorgen voor lokale werkgelegenheid vanwege het intensievere onderhoud en de gewenste snelheid daarvan. De uiteindelijke effecten op werkgelegenheid zijn nu niet in te schatten.

Er zijn marktpartijen met voldoende interesse in (deel)mobiliteit buiten directe 'sales'. De huidige business cases rond (zeker elektrische) deelmobiliteit zijn niet ruim en daarom zijn partnerships met partijen die inzetten op integrale mobiliteitsoplossingen en op de netto vermindering van het aantal auto's in de stad nodig om (elektrische) deelmobiliteit tot grotere hoogte te laten groeien.

De gemeente zou daarbij zoveel mogelijk gebruik kunnen maken van de in de markt opgebouwde competentie. Dat kan leiden tot het toetsen van de ambities aan de (fysieke) realiteit (qua beschikbaarheid, prijs, laadcapaciteit, ruimte).

De gemeente zou in ieder geval oog moeten hebben voor de barrières die marktpartijen zien. Mogelijkheden om deze barrières weg te nemen zijn het investeren in voldoende laadcapaciteit en flankerend beleid (bijvoorbeeld rond parkeervergunningen en het verder faciliteren van elektrisch (deel)vervoer).

Interne samenwerking en integrale coördinatie binnen de gemeente is daarbij een vereiste. Grootschaliger uitrol van (elektrische) deelmobiliteit zou verder gebaat zijn bij nationale afstemming en het uitwisselen van geleerde lessen.

Lokale overheden kunnen in deze fase een rol spelen in het faciliteren van pilots mede door subsidies te verstrekken rond 'circulaire' initiatieven. In Rotterdam ligt een rol rond recycling en stationary use van oudere accu's voor de hand gezien de logistieke rol van stad en haven en de reeds aanwezige bedrijvigheid.

4 Impact van Beleid en Sturing

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden inzichten gedeeld omtrent beleid en sturing, en het handelingsperspectief van de gemeente voor het realiseren van circulaire ambities in de mobiliteitstransitie. De samenhang tussen circulariteit en mobiliteit wordt in dit hoofdstuk uiteengezet en waar ze elkaar versterken of aanvullen. Ook wordt aangehaald waar de link tussen circulariteit en mobiliteit nog niet gelegd is. Op zich is het een bekend gegeven dat de energietransitie leidt tot de inzet van meer materialen (denk aan zonnepanelen, windturbines, laadpalen, elektrische leidingen, etc.) en dus tot een zekere milieu-impact (in de productieketen) leiden. Vanuit integraal (beleids)perspectief is het van belang om de balans tussen inzet van grondstoffen en milieu-impact te kennen en mee te nemen in beleidsoverwegingen.

Daarnaast staat het begrip waardebehoud centraal in het circulaire gedachtengoed. Waardebehoud en zo intensief mogelijke inzet van onze producten wordt gestimuleerd door activiteiten als reparatie en onderhoud, deelgebruik, hergebruik en recycling, activiteiten die juist in de mobiliteitssector goed ontwikkeld zijn en leiden tot tal van lokale economische bedrijvigheid. De introductie van elektrisch (en deel-)vervoer zal dus consequenties hebben voor de lokale bedrijvigheid.

In dit hoofdstuk gaan we in op beleid en sturing vanuit drie verschillende perspectieven: circulair, mobiliteit en economie. Deze drie onderwerpen zijn alle van belang ten aanzien van het succesvol implementeren en opschalen van circulariteitsambities in relatie tot de mobiliteitstransitie in de stad. Als eerste is een analyse gemaakt van beleidsambities en het huidige beleid, waarbij tijdens workshops met de Gemeente Rotterdam ook beleid in ontwikkeling en ontbrekend beleid in kaart is gebracht (paragraaf 4.2). Vervolgens wordt gesproken over het handelingsperspectief van de gemeente (paragraaf 4.3).

4.2 Analyse beleid Gemeente Rotterdam

Vanuit de invalshoeken circulair, mobiliteit en economie is een analyse gedaan op beleids- en ambitiedocumenten van de gemeente Rotterdam richting de toekomst. Voor deze analyse is met name gefocust op de thema's die relateren aan circulariteit en een circulaire economie; in de voertuigen zelf maar ook in de hele keten.

Specifiek rond het circulaire beleid is gekeken naar de beleidsdocumenten: Programma Rotterdam Circulair, Rotterdams Duurzaamheidskompas, Nota Onderhoud Kapitaal Goederen 2019 – 2022, Van Zoi naar Mooi en de Grondstoffennota. Vanuit het perspectief mobiliteit is gekeken naar de beleidsdocumenten: Aanpak Nul Emissie Mobiliteit, Meerjarenplan 2020-2023 verduurzaming eigen wagenpark, Rotterdamse Mobiliteitsaanpak, Nota beleid en vergunningen deelauto's en de Nota Deeltweewielers. Vanuit het perspectief economie is gekeken naar de Roadmap Next Economy. In al deze beleidsdocumenten is gekeken naar de beleidsmatige inbedding rond circulaire doelstellingen relaterend aan mobiliteit. Omdat circulariteit van mobiliteit niet alleen

het voertuig zelf betreft, maar in de hele keten zit (import, retail, (her)gebruik, demontage, recycling, verhuur, onderdelen, reparatie, energie- en laadinfrastructuur, etc.), is ook het economisch perspectief van belang. In het Rotterdamse Programma Circulair wordt ook expliciet de nadruk gelegd op het 'vergroten van de werkgelegenheid en economische ontwikkeling in circulaire economie'. De expliciete link naar mobiliteit, of de keten van mobiliteit, wordt hier nog niet gelegd, echter is hier een grote kans voor de gemeente Rotterdam, zoals reeds is toegelicht in hoofdstuk 3.

4.2.1 *Ambities rond Circulariteit*

De gemeente Rotterdam heeft een aantal ambities omtrent circulariteit en een circulaire economie vastgelegd. In 2030 wil de stad dat circulair de maatstaf is en dat het fossiele grondstoffengebruik met 50% is verminderd. De gemeente Rotterdam volgt daarmee de landelijke doelstelling van het Rijksbreed Programma Circulaire Economie (RPCE). In 2050 moet de Rotterdamse samenleving dan volledig circulair zijn en zijn materiaalkringlopen gesloten. In het Programma Rotterdam Circulair worden twee routes geïdentificeerd om circulaire doelstellingen te bereiken.

Ten eerste richt het programma zich op het vergroten van het circulair bewustzijn bij de inwoners en medewerkers van de gemeente Rotterdam. Het nut en de noodzaak van anders denken en handelen moet breder gaan leven wil deze verschuiving naar een circulaire economie slagen. In het Rotterdamse Duurzaamheidskompas wordt een ambitie benoemd van een stijging in het circulair gedrag van de Rotterdammers naar 30% in 2023, het aantal kilo's huisafval wordt teruggedrongen en het afvalscheidingspercentage wordt omhoog gebracht. Dit impliceert dat circulariteit specifiek gemaakt moet worden om de juiste aandacht te krijgen en zo bewustzijn te creëren, om vervolgens circulair gedrag en een circulaire economie de Rotterdamse 'standaard' te maken.

Ten tweede wil het Programma Rotterdam Circulair een bijdrage leveren aan het vergroten van de werkgelegenheid en economische ontwikkeling in circulaire economie. Dit moet kansen bieden aan Rotterdam om zich te blijven ontwikkelen, concurrerend en wellicht zelfs onderscheidend te maken op het gebied van circulariteit. Deze toename in duurzame, circulaire banen wordt ook aangehaald in Van Zoi naar Mooi en het Rotterdamse Duurzaamheidskompas. In het jaar 2030 zal Rotterdam al steeds meer een circulaire samenleving moeten zijn met groeiende werkgelegenheid in de circulaire economie (3.500-7.000 banen die direct bijdragen aan de circulaire economie (Metabolic, 2018)). De Leerwerkakkoorden²⁶, waarin overheid, onderwijs en bedrijfsleven de handen ineen slaan in de regio Rotterdam-Rijnmond, sluiten hier bij aan om vraag en aanbod beter te matchen. Door technologische ontwikkelingen ontstaan nieuwe beroepen en banen. Ook de Roadmap Next Economy stelt als ambitie om aan de hand van de circulaire economie banen te creëren in de regio. De MRDH wil als eerste regio ter wereld alle stromen van hulpbronnen, materialen en afval binnen de regio in kaart brengen om kansen te duiden voor de circulaire economie vanuit een breed perspectief.

²⁶ <https://www.leerwerkakkoord.nl/akkoorden/>

Andere beleids- en ambitiesdocumenten rond circulariteit gaan voornamelijk in op het omgaan met grondstoffen (Grondstoffennota) en duurzaam materiaalgebruik (Nota onderhoud Kapitaal Goederen 2019-2022). De grondstoffennota gaat voornamelijk in op het scheiden en inzamelen van afval, om de ambitie van 2050 (geen restafval in Rotterdamse huishoudens) te kunnen realiseren. Dit betekent dat de komende jaren sterk ingezet moet worden op het verminderen van restmaterialen. Duurzaam materiaalgebruik gaat voornamelijk over de vraag hoe de gemeente de levensduur van openbaar eigendom (gemeentelijke assets in de buitenruimte, zoals openbare verlichting, wegen, parkeervoorzieningen en containers) kan verlengen en zo kan toewerken naar herbruikbaarheid.

Circulair is in dit geval verbonden aan verschillende thema's. Circulair kan ook kansen bieden ten aanzien van werkgelegenheid. In het Rotterdam Makers District (Merwevierhaven gebied (M4H) en RDM Rotterdam) wordt specifiek gekeken naar de maakindustrie van de toekomst, naar het verduurzamen van de haven en de stad, en wordt expliciet ruimte geboden aan bedrijven die bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke vraagstukken op het gebied van energie, mobiliteit, water en materiaalgebruik. Het circulaire gedachtengoed is hier goed in verankerd.

4.2.2 *Ambities rond Mobiliteit*

Rotterdam heeft een flink aantal ambities rond mobiliteit die zijn opgeschreven in verscheidende beleids- en ambitiesdocumenten. De Rotterdamse Mobiliteitsaanpak (RMA) stelt dat Rotterdam moet inzetten op de drie V's: Volume, Veranderen en Verschonen.

Volume gaat hier over het verminderen van het aantal auto's, maar ook over het verminderen van het aantal ritten.

Veranderen gaat over ander mobiliteitsgedrag en andere prioriteringen – zo prioriteert de RMA voetgangers en fietsers boven de auto. Ook gaat dit over een verandering van bezit naar gebruik – wat natuurlijk ook deels in lijn is met de circulaire ambities rond minder materiaalgebruik. Deze link naar circulaire ambities wordt echter niet expliciet gelegd. De RMA ziet de potentie van ander mobiliteitsgedrag vooral als bijdrage aan bereikbaarheid en ruimtewinst in de stad.

Verschonen gaat over de mobiliteitstransitie; van fossiel naar duurzame mobiliteit (elektrisch en/of waterstof).

Ook heeft de gemeente aandacht voor deelmobiliteit, en sturen de nota's 'deeltweewielers' en 'beleid en vergunningen deelauto's' voornamelijk op het gebruik en randvoorwaarden voor aanbieders om de deelmobiliteit in de stad in te passen. Deelmobiliteit draagt op deze manier bij aan het verduurzamen van mobiliteit en het verschonen van mobiliteit – in deze nota's wordt namelijk expliciet gestuurd op nul emissie voertuigen.

De Rotterdamse Aanpak Nul Emissie Mobiliteit richt zicht op die nul emissie voertuigen, op verschonen als onderdeel van de mobiliteitstransitie. De focus is nog veel op directe uitstoot, van het voertuig zelf, terwijl een elektrische auto eigenlijk pas emissievrij is wanneer de opwekking ook emissievrij gebeurt. Naast beleid wat zicht richt op alle Rotterdammers, is er ook specifiek beleid gericht op het

wagenpark van de gemeente zelf (Meerjarenplan 2020-2023 verduurzaming eigen wagenpark). Dit gaat voornamelijk over het emissievrij maken van het wagenpark. Ook wordt de mogelijke potentie van deelmobiliteit genoemd als kans voor verduurzaming van zakelijk verkeer.

4.2.3 *Circulariteit en Mobiliteit*

Uit de analyse van bestaande beleids- en ambitiesdocumenten zijn diverse aanknopingspunten naar voren gekomen ten aanzien van de gecombineerde ambities vanuit de perspectieven economie, circulair en mobiliteit:

- Verschillende beleidsnotities zijn geschreven rond het opzetten op materiaal- en bouwhubs, bedoeld om het aantal transportbewegingen in de bouw te voorkomen en verminderen, met name in de binnenstad. Dit leidt direct tot minder uitstoot van CO₂ en fijnstof.
- Er wordt gekeken naar een verschuiving naar regionale retourlogistiek – wat leidt tot een lagere CO₂-uitstoot door minder transport (bundelen van ritten en van materialen).
- Er wordt gekeken naar de tweedehandsmarkt voor elektrische voertuigen. Dit zowel raakt zowel aan de ambities rond het opschalen van elektrische mobiliteit, als aan de ambities rond minder nieuwe voertuigen vanuit circulair perspectief (hergebruik stimuleren).
- Er is aandacht voor het belang van onderhoud, de kwaliteit en reparatiemogelijkheden voor deelvoertuigen. Dit om continuïteit van deelmobiliteit te garanderen maar ook om materialen effectiever en langer te gebruiken.
- Er is een ambitie uitgesproken ten aanzien van de levensduur van de voertuigen (deeltweewielers). Hier wordt uitgegaan van het recyclen van onderdelen wat een bijdrage levert aan circulariteit.

4.2.4 *Aanvullingen vanuit workshops met de gemeente Rotterdam*

Op 30 maart 2022 en 10 mei 2022 heeft TNO workshops gefaciliteerd bij de gemeente Rotterdam over Mobiliteit en Circulariteit (zie BIJLAGE A: Overzicht Workshops, voor deelnemerslijsten en scope van de workshops). Tijdens deze workshops stonden ten aanzien van het thema beleid en sturing de vragen centraal: Welk beleid is in ontwikkeling? Welk beleid mist er nog? Waarop is nieuw/aanvullend beleid gewenst? En, waar ligt de kans om de verbinding tussen Circulair en Mobiliteit meer expliciet te maken? Onderstaand een gegroepeerd overzicht van suggesties vanuit de gemeente Rotterdam:

Algemeen

- Meer redeneren vanuit de 'trias mobilica' en begin met verminderen van reizen, kies dan voor de meest energie-efficiënte opties (lopen, fiets en OV), en als laatste stap kies je voor elektrisch vervoer (verschon).
- Circulair meer handvatten geven, vertalen naar concreet handelingsperspectief is noodzakelijk om verder te kunnen.
- Een energie-systeemvisie ontwikkelen – hierin komt mobiliteit en gebouwde omgeving samen.
- Citylab inzetten om ideeën op te halen om aan de elektrische voertuigen en bijbehorende infrastructuur kant ideeën op te halen (o.a. hergebruik scooterbatterijen was een eerder resultaat van citylab)

- Meer aandacht voor de gedragsskant – wat is noodzakelijk om circulair en duurzaam gedrag te stimuleren dan wel stevig op sturen.
- Aandacht voor de behoeften van doelgroepen en doelgroep-specifieke subsidies.

Elektrisch vervoer en deelmobiliteit

- Meer handvatten om te kunnen sturen op de samenstelling en omvang van de totale autovloot in Rotterdam (alle fossiele brandstofauto's vervangen voor elektrische is vanuit materiaal-perspectief niet direct winst. Vooral verminderen van de totale vloot moet ook in ogenschouw genomen worden).
- Circulair explicieter opnemen in de nota deelauto's (ook in combinatie met de totale reductie van autogebruik).
- Aandacht voor het feit dat wanneer je deelmobiliteitsaanbieders strenger gaat reguleren op circulaire ambities, en je dit niet aan privébezit stelt, je de ontwikkeling van deelmobiliteit in Rotterdam gaat vermoeilijken.
- Flankerend beleid wat deelmobiliteit niet (te veel) laat concurreren met lopen, fietsen of het OV. Dit zorgt namelijk voor meer 'blik op straat' en zowel meer CO₂-impact als materiaalgebruik.
- Aandacht voor het helpen van onderhoudspartijen om klaar te zijn voor de transitie naar elektrisch en circulair.

Stimuleren van recycling

- Aanhaken van sloopbedrijven – kunnen deze partijen gerichter materialen winnen?
- Goed in beeld brengen hoe lang auto's daadwerkelijk mee gaan en wat de kansen zijn voor up-cycling van reststromen (o.a. batterijen van EV's als huisbatterijen).

4.3 Circulariteit en Mobiliteit – handelingsperspectief voor de gemeente

In het Rotterdams beleid rond mobiliteit en circulaire economie wordt de verbinding tussen circulariteit en mobiliteit niet vaak expliciet gelegd. Wél zijn er aanknopingspunten geïdentificeerd op basis van deze analyse waar de link explicieter gemaakt kan worden:

- **Expliciet maken wat de bijdrage is aan circulaire doelstellingen:** Vaak worden kansen en potentiële impact uitgedrukt in ruimtewinst of een bijdrage aan duurzaamheidsdoelstellingen terwijl die in vrijwel alle gevallen ook vertaald kan worden naar circulaire ambities. Het expliciet maken helpt bij het 'normaliseren' van het circulaire gedachtegoed en creëert kansen om dit gedachtegoed te borgen binnen andere sectoren en afdelingen.
 - Voorbeeld: het stimuleren van dubbelgebruik van parkeerterreinen (overdag door bezoekers en bedrijven, 's avonds door bewoners) voorkomt overcapaciteit en het dubbel aanleggen van parkeerterreinen. Dit wordt nu enkel beschreven vanuit ruimtewinst en duurzaamheid, terwijl dit ook leidt tot duurzamer materiaalgebruik.
 - Voorbeeld: Deelmobiliteit is niet alleen een duurzaam alternatief (want in Rotterdam verplicht emissievrij per 2025), maar kan er ook voor zorgen dat er minder auto's, fietsen, scooters nodig zijn in de stad en daarmee minder gebruik van materialen plaatsvindt.

- Voorbeeld: In de Nota Deeltweewielers staat o.a.: “Door toekomstige ontwikkelingen, zoals de verdichting, energietransitie en circulaire economie, neemt de druk op de openbare ruimte alleen maar toe”. Hieruit blijkt dat circulariteit nu soms nog wordt gezien als een ruimtevrager – bijvoorbeeld door de inpassing van extra containers om afval gescheiden in te zamelen. Het kan echter ook ruimtebesparend werken. De framing en kennisbasis omtrent circulariteit is daarmee belangrijk voor de perceptie van de opgave en potentie.
- **Besteed aandacht aan alle onderdelen van de keten:** Een bijdrage aan circulaire doelstellingen zou niet alleen per modaliteit moeten worden bekeken (één deelauto kan meerdere privéauto's vervangen), maar juist in de gehele keten (onderdelen, reparatie, import, retail, (her)gebruik, verhuur, demontage, recycling).
 - Voorbeeld: In de doelstelling om in 2030 de helft minder primaire en fossiele grondstoffen te gebruiken wordt niet expliciet gemaakt wat dit betekent in relatie tot de mobiliteitstransitie. In de keten betekent dit bijvoorbeeld ook dat er aandacht moet zijn voor de kritieke grondstoffen voor accu's. Het gaat dus niet alleen om minder auto's of minder nieuwe auto's (gebruik en/of hergebruik), maar ook om de rest van de keten.
- **Besteed aandacht aan 'end of life' fase:** Voertuigen en (in sommige gevallen) infrastructuur zijn gebruiksvoorwerpen. Dit betekent dat ze zullen slijten, kapot kunnen gaan of uit de mode raken. Er wordt in sommige beleidsdocumenten wel wat gezegd over de afschrijving, maar er wordt maar weinig voorgeschreven en er worden maar weinig suggesties gegeven over wat er dan moet gebeuren met de voertuigen en materialen.
 - Voorbeeld: In het stimuleren van Nul Emissie Mobiliteit wordt ook gekeken naar de tweedehandsmarkt voor EV-voertuigen voor particulieren en de laadinfrastructuur die nodig is voor het laden van deze voertuigen. Deze activiteit wordt niet expliciet benoemd als 'circulair' terwijl het hier gaat over het verlengen van de levensduur van de elektrische auto. De elektromotor gaat langer mee dan een brandstofmotor, maar de auto wordt soms toch afgeschreven door slijtage aan het interieur. Aandacht voor andere onderdelen van de elektrische auto vanuit circulair perspectief kunnen de bijdrage aan de reductie in primaire materialen verder vergroten.
 - Voorbeeld: Expliciet benoemen wat er met voertuigen moet gebeuren 'einde levensduur'. Denk bijvoorbeeld aan hergebruik van materialen of onderdelen, ombouw, en het terugwinnen van bepaalde (schaarse) grondstoffen.
- **Vergunningverlening en inkoopvoorwaarden:** Op het moment dat de gemeente diensten, goederen of materialen inkoopt of vergunningen verleent, kunnen ze aan de voorkant randvoorwaarden opstellen ten aanzien van circulariteit waaraan aanbieders zich moeten houden. Denk bijvoorbeeld aan het stellen van voorwaarden omtrent de 'end of life' fase, dat materialen op een bepaalde manier moeten worden hergebruikt of recycled. Of dat wanneer mogelijk de voertuigen moeten worden onderhouden en gerepareerd in plaats van afgeschreven worden. Danwel dat er bij de inkoop van bepaalde materialen of goederen gekeken wordt naar partijen die inzicht kunnen geven in de circulariteit van de keten omtrent dat materiaal of product.

- **Schaalniveau van de opgave:** De gemeente Rotterdam heeft stedelijk beleid rond circulariteit en mobiliteit. De vraag is op welk niveau deze puzzelstukken het best gelegd kunnen worden. Kijkend naar de kans om circulaire banen te faciliteren in de stad, zal ook arbeidscapaciteit vanuit de regio betrokken worden. Voor het ophalen, hergebruiken, of recyclen van materialen uit de stad, zijn er ook kansen om vraag en aanbod vanuit de regio omtrent deze materialen te betrekken. Zeker wanneer gekeken wordt naar wat innovatievere concepten, zoals het hergebruik van scooter-accu's (o.a. het Schiedamse bedrijf StoredEnergy), is het wellicht interessant om als stad hierop te profileren en ook accu's vanuit omliggende steden te verwerken in Rotterdam. Dit vraagt om samenwerkingen en afspraken met verschillende partijen en overheden.
- **Faciliteren van pilots die bijdragen aan circulaire doelstellingen:** De gemeente Rotterdam doet op verschillende domeinen pilots. Vaak focussen deze zich op een technische innovatie. Aanvullend zou er ook aandacht moeten zijn voor sociale innovaties – waar de focus bijvoorbeeld ook is op verschillende doelgroepen en gedrag. Aandacht voor brede welvaart, sociale inclusie en toegankelijkheid. Belangrijk in het uitvoeren van pilots en experimenten is het sluiten van de leercirkel.
 - Voorbeeld: In het Rotterdamse Hoogkwartier werd in 2019 de Mobility Challenge uitgevoerd – waar bewoners gevraagd werden de privéauto tijdelijk in te leveren en in ruil daarvoor gebruik maakten van deelmobiliteit, de fiets, en het OV en de parkeerplaats werd omgetoverd naar openbare ruimte (fietsenrekken, groen, etc.). Deze pilot draaide niet alleen om de technische innovaties (deelmobiliteit) maar ook om sociale innovaties (impact op gedrag en buitenruimte).
- **Doelgroep-specifiek beleid en subsidies:** Dit kan zowel worden beredeneerd vanuit de aanbieders kant (welke partijen zijn al goed bezig met het aanbieden van circulaire diensten en kan de gemeente verder faciliteren) en de gebruikers kant (welke doelgroepen behoeven speciale aandacht om mee te kunnen met de transitie).
- **Faciliteren van opleidingen voor het versnellen van transities:** De gemeente kan wellicht een rol spelen in het aanbieden van opleidingen in de keten van de mobiliteitssector om er voor te zorgen dat lokale ondernemers mee kunnen met de transities (van fossiel naar elektrisch, én naar circulair).

5 Aanbevelingen

Dit hoofdstuk geeft aanbevelingen ten aanzien van Circulariteit en Mobiliteit in Rotterdam. De aanbevelingen zijn onderverdeeld in 1) concrete vervolgstappen vanuit het handelingsperspectief uit de verschillende onderzoekslijnen en 2) openstaande kennisvragen en mogelijkheden voor vervolgonderzoek.

5.1 Concrete vervolgstappen vanuit dit onderzoek

Vanuit dit onderzoek zien we, gekoppeld aan een aantal aandachtspunten, een aantal concrete vervolgstappen. Deze vervolgstappen kunnen nu al opgepakt worden en vragen om het voorbereiden van acties op verschillende termijnen (korte termijn – 1 jaar, middellange termijn – 3-5 jaar en lange termijn – 5-10 jaar). We zien vervolgstappen op de volgende onderdelen:

- Focus op het gehele mobiliteitssysteem;
- Versterken circulaire bedrijfsactiviteiten;
- Stimuleren recycling en hergebruik;
- Langetermijnplanning laadcapaciteit.

We lichten deze hieronder nader toe.

Focus op het gehele mobiliteitssysteem

Dit onderzoek maakt duidelijk dat het van belang is om te kijken naar het gehele mobiliteitssysteem: minder, anders, duurzaam.

- Minder, gaat over niet of minder reizen.
- Anders, gaat over kijken naar duurzame vervoerswijzen die autogebruik vervangen (wandelen, micro-modaliteiten, OV).
- Duurzaam, gaat over de overstap van fossiel naar EV, van bezit naar gebruik.

Dit betekent dat voor de korte (1 jaar), middellange (3-5 jaar) en lange termijn (5-10 jaar) beter in kaart moet worden gebracht hoe de ambitie om 2030 de helft minder primaire en fossiele grondstoffen te gebruiken zal worden gehaald. En welk beleid dit vraagt – gericht op minder, anders en duurzaam.

Daarbij zou ook aandacht moeten zijn voor doelgroep-specifiek beleid. Geredeneerd vanuit aanbieders (welke partijen dragen bij aan de ambities van de gemeente en kunnen verder gefaciliteerd worden) en gebruikers (welke doelgroepen behoeven speciale aandacht om mee te kunnen met de mobiliteitstransitie).

Versterken circulaire bedrijfsactiviteiten

Inzetten op en versterken van – reeds bestaande – circulaire bedrijfsactiviteiten (zie paragrafen 1.3 en 3.1) draagt bij aan de vermindering van de druk op grondstoffen en kan bijdragen aan een versterking van de lokale (circulaire) economie.

Dit vraagt nadere afstemming en samenwerking met stakeholders – met wie kan de gemeente samenwerken en afspraken maken om doelen en ambities ten aanzien van circulariteit en mobiliteit verder vorm te geven, zoals:

- Importeurs
- Deelmobiliteit aanbieders
- Leasemaatschappijen
- Sloopbedrijven
- Verhuurbedrijven
- Andere overheden (lobby, wet- en regelgeving)
- Etc.

Aandacht voor de verbinding met opleidingen om de juiste werkgelegenheid te kunnen creëren richting de toekomst is van belang.

Stimuleren recycling en hergebruik

De gemeente kan een actieve rol spelen op het vlak van het stimuleren van recycling en hergebruik. Voor deze fase is vaak nog beperkt aandacht, waarbij dit een nuttige rol kan vervullen in het energiesysteem en in de materiaalbehoefte.

Voor de rol van de gemeente valt te denken aan het in kaart brengen welke partijen zich hier mee bezig houden c.q. welke partijen het op van toepassing is. Daarbij kan de gemeente een actieve rol spelen om dit onderwerp op de agenda te zetten. Indien er sprake is van marktfalen, zou de gemeente een rol kunnen spelen in het – samen met andere partijen – actief inzetten op recycling en hergebruik. Vanuit de gemeente kan dit bijvoorbeeld via vergunningverlening en inkoopvoorwaarden.

Langetermijnplanning laadcapaciteit

Inzetten op elektrisch rijden is vanuit milieuoogpunt sterk aan te bevelen. Dat vraagt wel om infrastructuur die dat ook mogelijk maakt. De mede door landelijk beleid gestimuleerde toename van elektrische auto's dwingt de gemeente om een langetermijnplanning te maken omtrent laadcapaciteit (zie ook paragraaf 3.2.3, over wat enkele economische actoren zeggen over de rol van de overheid) en eventuele veiligheidsissues rond accu's (bijvoorbeeld in parkeergarages).

5.2 Openstaande kennisvragen en vervolg onderzoek

Vanuit het onderzoek en genoemde vervolgstappen zien we dat er nog kennisvragen zijn die verder onderzoek en analyses vergen.

Focus op het gehele mobiliteitssysteem

Om te bezien welke stappen op welke termijn actie vragen verdient het aanbeveling om een onderzoeksmethode als scenario ontwikkeling en/of duiden van verschillende ontwikkelpaden in te zetten. Een kennisvraag voor een dergelijke exercitie zou kunnen zijn: "Hebben we straks genoeg grondstoffen om de energietransitie voor elkaar te krijgen?".

De scenario's / ontwikkelpaden geven daarmee inzicht welke opgaven er op de verschillende termijn liggen en welke rol de gemeente hierin kan spelen.

Andere kennisvragen zijn:

- Hoe kun je inzetten op circulair en duurzaam gedrag?
- Welke instrumenten zijn er om hier ook op te sturen?

Versterken circulaire bedrijfsactiviteiten

Hoe zal de werkgelegenheid in Rotterdam daadwerkelijk veranderen als gevolg van zowel de elektrische vervoerstransitie als de opmars van deelmobiliteit?

Welke concrete kennis en welk concreet inzicht in het auto-ecosysteem is nodig om aan de ene kant ambitieuze, maar aan de andere kant ook realistische en op feiten gebaseerde doelen te stellen?

Stimuleren recycling en hergebruik

Vertalen van doelen t.a.v. circulariteit in aanbestedingen, bijvoorbeeld van deelmobiliteit aanbieders (o.a. levensduur batterijen, upcycling (EV-batterij als 'stationary use') en terugwinnen van materialen (hergebruik materialen uit afgeschreven batterijen).

Langetermijnplanning laadcapaciteit

Welke groei van elektrisch vervoer wordt verwacht in de stad in de komende jaren (korte, middellange en lange termijn)? Hoe kan deze verwachte groei gekoppeld worden aan mobiliteitsbeleid, onder andere ten aanzien van deelmobiliteit en hubs?

Pilots – experimenteren en leren

Onderzoek naar de mate waarin het stimuleren van recycling en hergebruik kan worden georganiseerd aan de hand van pilots is een methode om voor verdere implementatie. Door middel van het faciliteren van pilots en bijvoorbeeld het verstrekken van subsidies rond 'circulaire' initiatieven kan nader invulling worden gegeven aan recycling en stationary use van bijvoorbeeld oudere accu's. Dit ligt voor de hand gezien de logistieke rol van stad en haven en de reeds aanwezige bedrijvigheid.

Naast de focus op implementatie van technische innovaties is ook aandacht voor sociale innovaties relevant – bijvoorbeeld aandacht voor verschillende doelgroepen en gedrag. Aandacht voor brede welvaart, sociale inclusie en toegankelijkheid kan expliciet meegenomen worden in pilots. Belangrijk in het uitvoeren van pilots en experimenten is het sluiten van de leercirkel; leren, monitoring en evaluatie zijn hierin belangrijke onderdelen.

Referenties

Achterberg, E., Hinfelaar, J., , Bocken, N., Master circular business with the value hill, September 2016

Electric vehicle outlook 2021 – Executive Summary, BloombergNEF

Ellen MacArthur Foundation, Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition, November 2015

Gemeente Rotterdam, Nota Deeltweewielers, augustus 2021

Gemeente Rotterdam, Rotterdams Duurzaamheidskompas, december 2020

Gemeente Rotterdam, Nota beleid en vergunningen deelauto's, Autodelen biedt voordelen voor velen, december 2020

Gemeente Rotterdam, Rotterdamse Mobiliteitsaanpak, februari 2020

Gemeente Rotterdam, Nota Onderhoud Kapitaal Goederen 2019 – 2022, 2019

Gemeente Rotterdam, Aanpak Nul Emissie Mobiliteit, Naar uitstootvrije stedelijke mobiliteit, november 2019

Gemeente Rotterdam, Op weg naar een emissieloos wagenpark, Meerjarenplan 2020-2023, november 2019

Gemeente Rotterdam, Grondstof tot nadenken, Grondstoffennota 2019-2022, juli 2019

Gemeente Rotterdam, Van Zoi naar Mooi, Programma Rotterdam Circulair 2019-2023, maart 2019

Makuza, B.; Tian, Q.; Guo, X.; Chattopadhyay, K.; Yu, D. Pyrometallurgical Options for Recycling Spent Lithium-Ion Batteries: A Comprehensive Review. J. Power Sources 2021, 491 (November 2020), 229622.
<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.229622>.

Messagie, M., Life Cycle Analysis of the Climate Impact of Electric Vehicles, Vrije Universiteit Brussel-MOB, in opdracht van Transport & Environment, 2017

Metabolic & Circle Economy, Circulair Rotterdam, Kansen voor nieuwe banen in een afvalvrije economie, 2018

Metropoolregio Rotterdam Den Haag, Roadmap Next Economy, November 2016

Ricardo Energy and Environment, Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fueled vehicles through LCA, Final Report for the European Commission, DG Climate Action, December 2020

Resource resilient UK - A report from the Circular Economy Task Force, Dustin Benton and Jonny Hazell, Green Alliance, 2013

Rohstoffe für Zukunftstechnologien, Fraunhofer ISI in opdracht van DERA, 2021

TNO 2022 R11434 Deelmobiliteit en Klimaat - Gemeente Rotterdam, Marjolein Heezen, Marieke van der Tuin, René van Gijlswijk, Dawn Spruijtenburg, Geiske Bouma en Maarten Verbeek, TNO, 2022

TNO 2020 R11688v2 Scenariostudie voor de rol van waterstof in het transportsysteem van Rotterdam, Stephan van Zyl, Vincent de Jonge, Geoff Holmes, TNO, 2021

Velázquez-Martínez; Valio; Santasalo-Aarnio; Reuter; Serna-Guerrero. A Critical Review of Lithium-Ion Battery Recycling Processes from a Circular Economy Perspective. Batteries 2019, 5 (4), 68. <https://doi.org/10.3390/batteries5040068>.

World Energy Outlook Special Report - The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transition, IEA, 2021

Zhou, L. F.; Yang, D.; Du, T.; Gong, H.; Luo, W. Bin. The Current Process for the Recycling of Spent Lithium Ion Batteries. Front. Chem. 2020, 8 (December), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.578044>.

Geraadpleegde websites

<https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work#:~:text=Fuel%20cell%20stack%3A%20An%20assembly,needed%20by%20the%20fuel%20cell>.

<https://bovagrai.info/auto/2021/bezit/1-5-personenautopark-naar-brandstof/>

<https://maartensteinbuch.com/2015/01/24/tesla-model-s-battery-degradation-data/>

<https://sites.google.com/site/uwcsaeger/activities/fuel-cells>; Fuel cells - SAEAGER

<https://www.autovisie.nl>

<https://www.autovisie.nl/nieuws/elektro-abc-elektromotor/>

<https://www.bloomberg.com/businessweek>

<https://www.energy-storage.news/decommissioned-audi-ev-batteries-used-in-4-5mwh-stationary-energy-storage-system-in-germany/>

<https://www.hydro.com/en/media/news/2022/europes-largest-electric-vehicle-battery-recycling-plant-begins-operations/>

<https://www.leerwerkakkoord.nl/akkoorden/>

<https://www.mining.com/impact-electric-cars-medium-term-copper-demand-overrated-experts-say/>; 11 februari 2022

<https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-07/tes-pressrelease-english.pdf>

<https://www.reuters.com/article/us-metals-autos-neodymium-analysis/teslas-electric-motor-shift-to-spur-demand-for-rare-earth-neodymium-idUSKCN1GO28I>

<https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries>; Mineral Commodity Summaries, USGS

BIJLAGE A: Overzicht Workshops

Tabel A.1: Werksessie I – Circulariteit en Mobiliteit

Datum	30 maart 2022
Tijd	9:30 – 11:00
Locatie	Het Timmerhuis, 5.605 + MS Teams
Deelnemers Gemeente Rotterdam	• Annemiek Luimes • Quirijn Oudshoorn • Yvonne Legerstee • Mariet de Haas • Lex Boersma • Arjan Oranje • Lutske Lindeman
Deelnemers TNO	• Geiske Bouma • Ton Bastein • Marjolein Heezen
Doel workshop	• Presentatie en Discussie op basis van inzichten WP1 – Analyse Circulair en Mobiliteit (consequenties voor materiaalgebruik) • Presentatie en Discussie op basis van inzichten WP3 – Beleid en sturing (huidig en toekomstig beleid)

Tabel A.2: Werksessie II – Circulair en Mobiliteit

Datum	10 mei 2022
Tijd	13:00 – 14:30
Locatie	De Rotterdam, 21.07 + MS Teams
Deelnemers Gemeente Rotterdam	• Annemiek Luimes • Yvonne Legerstee • Mariet de Haas • Lex Boersma • Arjan Oranje • Lutske Lindeman • Babet van der Giesen • Nienke Serdijn • Jasper van der Hoop
Deelnemers TNO	• Geiske Bouma • Ton Bastein • Marjolein Heezen • Elmer Rietveld
Doel workshop	• Presentatie en Discussie op basis van inzichten interviews (circulair en economisch perspectief) • Discussie over beleid en sturing (huidig en toekomstig beleid)

BIJLAGE B: Use-case opschaling Deelmobiliteit

Inleiding

In 2019 heeft Rotterdam een stedelijk Klimaatakkoord opgesteld met daarin onder andere klimaatdoelstellingen voor de sector Mobiliteit. De aanpak Nul Emissie Mobiliteit (2019) stelt dat deelmobiliteit, en specifiek het opschalen van elektrische deelauto's, een belangrijke bijdrage kan leveren ten aanzien van het realiseren van CO₂-reductie. Volgens de aanpak Nul Emissie Mobiliteit staat een groot deel van de auto's vooral geparkeerd, en worden veel auto's maar incidenteel gebruikt (minder dan 10.000 km per jaar). Juist dit type auto's vervangen, en gebruik maken van elektrische deelauto's, het OV, de fiets of lopen, kan leiden tot een bijdrage van 15% CO₂-reductie voor het personenautoverkeer. Op basis van deze beleidsdocumenten heeft de gemeente Rotterdam in een parallelle studie TNO de vraag gesteld hoe te komen tot de gestelde ambities rond deelmobiliteit en klimaat in 2030.

De inzichten van deze TNO-studie over Deelmobiliteit en Klimaat kunnen in deze verkenning waarin de relatie tussen elektrische (deel)mobiliteit en circulariteit centraal staat worden meegenomen als 'use-case' om te kijken naar wat de impact van de opschaling van elektrische deelauto's betekent voor circulariteit.

Hoofdinzichten studie 'Deelmobiliteit en Klimaat' – TNO 2022

In de studie naar de opschaling van deelauto's in de stad Rotterdam in 2030 is gewerkt vanuit vier onderzoekslijnen:

1. ***Kwantitatieve studie naar opschalingsscenario's en beleidsmaatregelen***
In deze onderzoekslijn worden kwantitatieve analyses gemaakt met behulp van TNO-modellen (genaamd New Mobility Modeller en Urban Strategy). Deze analyses geven inzicht in het benodigde aantal deelauto's, de gerealiseerde CO₂-reductie met ieder scenario, en de modal split (OV, fietsen, deelauto's, privéauto's). Ook wordt gekeken naar de impact van flankerend beleid op het gebruik van deelauto's en de bijbehorende CO₂-reductie (denk aan beleid zoals het verhogen van de aantrekkelijkheid van de deelauto of belemmerende parkeermaatregelen voor privéauto's).
2. ***Energiesysteem – Energiebehoefte en laadprofielen van deelauto's***
In deze onderzoekslijn is dieper ingegaan op de gebruikspatronen van deelauto's en dat geeft daarmee ook inzichten omtrent het laadgedrag en elektriciteitsbehoeften. Dit wordt gedaan op basis van historische data vanuit Amsterdam. Ook worden de scenario's voor 2030 vanuit onderzoekslijn 1 vertaald naar energiebehoeften in de toekomst en wat dit vraagt van de Rotterdamse laadinfrastructuur.
3. ***Governance, beleid en sturing***
Deze onderzoekslijn gaat in op de beleidsmatige verankering van de ambities omtrent klimaat en mobiliteit vanuit de perspectieven mobiliteit, energie, ruimte en sociaal- economische koppelkansen. Naast de inzichten uit een uitgebreide beleidsanalyse en bijbehorende workshops, wordt ook ingegaan op drijfveren en barrières t.a.v. het implementeren en opschalen van deelauto's in Rotterdam richting 2030.

4. Overkoepelend perspectief – inzichten en aandachtspunten

In deze onderzoekslijn is vanuit een integraal, overkoepelend perspectief gekeken naar de resultaten van de drie andere onderzoekslijnen. Er zijn twee workshops uitgevoerd samen met de gemeente Rotterdam om inzichten vanuit onderzoekslijnen 1 t/m 3 te bundelen en aandachtspunten te bepreken.

Op basis van de resultaten van de modelstudie zijn er verschillende ‘scenario’s’ – combinaties van flankerende beleidsmaatregelen in combinatie met de opschaling van deelauto’s – doorgewerkt die een significante bijdrage kunnen hebben aan het behalen van klimaatdoelstellingen in Rotterdam in 2030. De flankerende beleidsmaatregelen met de grootste impact zijn: het verhogen van de algemene aantrekkelijkheid van de deelauto, het reduceren van autobezit, en het nemen van parkeermaatregelen (zoals verhogen van kosten of verlagen van vergunningenplafond). In tabel 5.1 staan de belangrijkste resultaten van de kwantitatieve analyse samengevat. Uitgaande van een scenario in 2030 waar deelauto’s een rol spelen in het behalen van klimaatdoelen, zijn er op dat moment in Rotterdam tussen de 5.200 en 12.000 deelauto’s, afhankelijk van de beleids- en ontwerpkeuzes die gemaakt worden.

Tabel B.1: Belangrijkste resultaten kwantitatieve analyse samengevat

Scenario’s	Modal split auto	Modal split deelauto	CO ₂ reductie in ruit	Aantal benodigde deelauto’s
Geen flankerend beleid, wel deelauto’s	36,92%	0,51%	0,32%	4.100-5.100
Aantrekkelijker	36,80%	1,21%	2,49%	9.500-12.000
Autobezit ruit -20%	35,15%	0,77%	6,23%	6.100-7.700
Parkeerkosten verhoogd	32,03%	0,66%	21,55%	5.200-6.600
Autobezit ruit -20% & aantrekkelijker	35,10%	0,83%	6,49%	6.600-8.300
Autobezit ruit -20% & parkeerkosten verhoogd	30,92%	0,82%	25,49%	6.600-8.200

- In het scenario ‘aantrekkelijker’ (2^e scenario in tabel 5.1) rijden de elektrische deelauto’s gemiddeld 13,2 km/dag²⁷. Het energiegebruik van de huidige deelauto’s is, gemeten aan het elektriciteitsnetwerk, gemiddeld ongeveer 18,6 kWh/100 km. Op basis van het gemiddelde energiegebruik, betekent dat een energiebehoefte van ongeveer 25.000 kWh per dag in 2030. Dit is iets meer dan 1% van het dagelijkse Rotterdamse elektriciteitsgebruik door huishoudens. In de zone waar naar verwachting het meeste geladen zal worden, is ongeveer 1300 kWh per vierkante kilometer nodig. Om in deze zone in de energievraag van deelauto’s te kunnen voorzien zijn 15 tot 25 reguliere laadpalen nodig (van 11 kW) – privéauto’s buiten beschouwing gelaten. Het is een uitdaging om tot een laadinfrastructuur te komen waar de laadpaal efficiënt gebruikt wordt. In

²⁷ NB: in dit scenario worden ook juist veel korte ritten met de deelauto gemaakt omdat de deelauto dermate aantrekkelijk wordt dat het ook reizigers aantrekt die voorheen met de fiets of het OV kwamen. Vandaar ook dat de CO₂-reductie relatief achterblijft t.a.v. andere flankerende beleidsmaatregelen.

theorie heb je voor de zone waarin deelauto's intensief gebruikt worden 15-25 laadpalen nodig. Door de relatief lage gebruiksgraad van deelauto's (ze staan gemiddeld zo'n 8,5 uur per dag aan de paal), zul je in praktijk echter méér laadpalen en/of parkeerplekken nodig hebben