

t

# ENERGIE & MOBILITEIT

Inventarisatie om een ontwikkelketen op te zetten voor batterijen in Nederland

## Colofon

Contact	
RAI Automotive Industry NL Automotive Campus 30, 5708 JZ HELMOND, The Netherlands	
info@raivereniging.nl	
+31(0)492.562.500	
Auteur	
G.Koning	RAI Automotive Industry NL
J.Wouters	Wautomotive
N.Bakker	Nederland Maritime Technology

## Revisie Index

Version	Omschrijving	datum
0.1	Initieel document	24-03-2021
0.2	Aanvullende teksten	13-04-2021
<b>1.0</b>	Final version	26-04-2021

## Inhoudsopgave

<b>COLOFON</b> .....	<b>1</b>
REVISIE INDEX .....	1
<b>1. INTRODUCTIE</b> .....	<b>4</b>
1.1 LEESWIJZER .....	4
<b>2. INZET VAN BATTERIJEN IN MOBILITEIT- EN ENERGIESECTOR</b> .....	<b>5</b>
2.1 VOERTUIGEN .....	5
2.1.1 <i>Mobiliteitssector</i> .....	5
2.1.2 <i>Technische criteria batterijen</i> .....	5
2.1.3 <i>Trucks en HD-voertuigen</i> .....	5
2.1.4 <i>Bussen</i> .....	6
2.2 VAARTUIGEN .....	7
2.2.1 <i>Batterijcontainers</i> .....	7
2.2.2 <i>Vast geïnstalleerde batterijpakketten</i> .....	7
2.2.3 <i>Use cases per soort vaartuig</i> .....	7
2.2.3.1 <i>Binnenvaart langer dan 60 meter: containeroplossing en oplaadpunten</i> .....	7
2.2.3.2 <i>Binnenvaart langer dan 60 meter en sleep en duwvaart- vaste accupakketten aan boord</i> .....	8
2.2.3.3 <i>Vast accupakket locatie gebonden vaartuigen</i> .....	9
2.2.3.4 <i>Innecity logistics: transport van bouw materiaal</i> .....	9
2.3 ENERGIE .....	9
2.3.1 <i>Decentrale energieopslag</i> .....	9
2.3.2 <i>High-end powerpacks</i> .....	9
2.3.3 <i>Waterstof</i> .....	10
2.3.4 <i>Verandering energie-infrastructuur</i> .....	11
<b>3. NOODZAKELIJKE ONTWIKKELINGEN: WAAR MOETEN WE OP INZETTEN?</b> .....	<b>12</b>
3.1 TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN .....	12
3.2 ECONOMISCHE ONTWIKKELINGEN .....	12
3.3 EISEN VOOR VAARTUIGEN .....	13
3.4 EISEN VOOR HET ENERGIE NET .....	13
3.4.1 <i>Slim laden</i> .....	13
3.4.2 <i>Bidirectioneel laden</i> .....	15
3.4.3 <i>Cybersecurity</i> .....	15
3.4.4 <i>Adaptie en menselijk gedrag</i> .....	15
3.4.5 <i>Energieopslag</i> .....	15
3.4.5.1 <i>Isolatiebewaking</i> .....	16
<b>4. VERDIENMODELLEN: WELKE KANSEN LIGGEN ER?</b> .....	<b>17</b>
4.1 TECHNOLOGISCHE KANSEN .....	17
4.2 ECONOMISCHE KANSEN .....	18
4.2.1 <i>In Europees kader</i> .....	18
4.2.2 <i>Verdienmodellen in de energiesector</i> .....	19
4.2.2.1 <i>Leveren van energie en vermogen aan netbeheerders</i> .....	19
4.2.2.2 <i>Frequentieregulering (50Hz) op netspanningsniveau</i> .....	20
4.2.2.3 <i>Betere benutting van vermogen van installaties door blindlastcompensatie</i> .....	20
4.3 KANSRIJKE ONTWIKKELINGEN VOOR VOERTUIGEN.....	21
4.3.1 <i>Vrachtverkeer in Nederland</i> .....	21
4.3.2 <i>Europees vrachtverkeer</i> .....	22
4.4 KANSRIJKE ONTWIKKELINGEN VOOR VAARTUIGEN.....	24
4.5 KANSRIJKE ONTWIKKELINGEN VOOR NEDERLANDSE BATTERIJTECHNOLOGIE .....	25
<b>5. NEDERLANDSE KENNISPOSITIE: KUNNEN WE KANSEN VERZILVEREN?</b> .....	<b>26</b>
<b>6. DUURZAAMHEID: HOE NEMEN WE DEZE VEREISTE MEE?</b> .....	<b>28</b>
<b>7. STANDAARDISATIE EN REGELGEVING: OM REKENING MEE TE HOUDEN</b> .....	<b>30</b>
7.1 NORMEN .....	30
7.1.1 <i>Europese stoffenwetgeving REACH</i> .....	30

7.1.2	ADR (Europees verdrag betreffende het internationaal vervoer van gevaarlijke goederen over de weg)	30
7.1.3	PGS 37-norm voor opslag batterijen.....	30
7.1.4	NPR 3299: 2019-norm voor acculaadstations .....	30
7.1.5	Batterijen/accu-richtlijn (2006/66/EG) .....	31
7.2	REGELGEVING VOOR VOERTUIGEN EN LAADSYSTEMEN .....	31
7.3	NORMEN VOOR VAARTUIGEN .....	31
7.3.1	Binnenvaart: EU-regelgeving.....	31
7.3.2	Zeevaart:internationale regelgeving.....	31
<b>8.</b>	<b>SWOT, CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN .....</b>	<b>32</b>
8.1	SWOT .....	32
8.2	CONCLUSIES .....	33
8.3	AANBEVELINGEN .....	33
	<b>BIJLAGE 1 - OVERZICHT TECHNISCH BENODIGDE APPARATUUR .....</b>	<b>35</b>
	<b>BIJLAGE 2 - DOORKIJK KOMENDE 10 JAAR .....</b>	<b>36</b>
	<b>BIJLAGE 3 – VERWIJZINGEN EN AFKORTINGEN .....</b>	<b>37</b>
	AFKORTINGEN .....	37
	TOEPASSELIJKE DOCUMENTEN .....	38
	REFERENTIEDOCUMENTEN .....	38
	BRONNEN EN LINKS .....	38
	<b>BIJLAGE 4 - BATTERY COMPETENCE CENTER (BCC).....</b>	<b>40</b>

## 1. Introductie

Voor de energietransitie zijn batterijen van groot belang. Ze spelen een dominante rol in de mobiliteitssector, waar de overgang naar elektrisch rijden (en varen) voor een sterke innovatie- en ontwikkelimpuls zorgt. Door de toename van het aantal duurzame (weersafhankelijke) energiebronnen ontstaat er ook behoefte aan meer opslagcapaciteit. Daarmee kunnen tekorten en overschotten aan energie worden vereffend en het elektriciteitssysteem stabiel worden gehouden. Batterijen (en stilzwijgend: het toebehoren) zijn hiervoor in principe zeer geschikt. Hierbij kan de energiesector profiteren van innovaties in de automotivesector. Dit synergievoordeel kan echt relevant worden wanneer batterijen met een grotere capaciteit beschikbaar komen voor bijvoorbeeld 'heavy duty'-toepassingen (HD). Denk aan het laden van bussen, trucks, boten en veerponten. Andersom kunnen batterijen die het elektriciteitssysteem en het energiesysteem kunnen stabiliseren, zorgen voor een betere businesscase voor de mobiliteitssector.

In dit verband hebben de Topsector Hightech Systemen & Materialen, de Topsector Water & Maritiem en de Topsector Energie besloten om een inventarisatie uit te laten voeren om een ontwikkelketen op te zetten voor batterijen in Nederland. Wat zijn de mogelijkheden om in de behoeften te voorzien van zowel de mobiliteitssector als de energiesector? In deze inventarisatie is ook een SWOT-analyse meegenomen.

De studie richt zich op batterijtoepassingen voor drie HD-gebruiken: bussen, trucks en vaartuigen (binnenvaart en veerponten). Centraal staat ook de vraag hoe de batterijtoepassingen kunnen worden ingepast in het elektriciteitsnet en (via elektrolyse) in het energienet.

### 1.1 Leeswijzer

In hoofdstuk 1 introduceren we deze inventarisatie. In hoofdstuk 2 gaan we in op de gebruikers van zwaar transport (heavy duty): voertuigen (trucks en bussen) en vaartuigen. Ook behandelen we de behoeften van de energiesector. In hoofdstuk 3 gaan we in op economische en technologische ontwikkelingen rond batterijen waarbij we in hoofdstuk 4 stil staan bij de technologische en economische kansen rond de ontwikkeling van batterijen. In hoofdstuk 5 behandelen we de innovatiekracht van Nederland en in hoofdstuk 6 kijken we hoe we duurzaamheid als vereiste mee kunnen nemen. Hoofdstuk 7 gaat over standaardisatie en harmonisatie van batterijen en accupakketten. In hoofdstuk 8 stellen we een sterkte-zwakteanalyse (SWOT) op, trekken we conclusies en geven we aanbevelingen. In de bijlagen gaan we onder meer in op de vraag hoe er nationaal expertise en kennis kan worden opgebouwd rond batterijtechnologie en de toepassing ervan in verschillende HD- en industriële markten. Het Battery Competence Center (BCC) kan hierin een belangrijke rol spelen.

## 2. Inzet van batterijen in mobiliteit- en energiesector

*In dit hoofdstuk gaan we in op de gebruikers van zwaar transport (heavy duty): voertuigen (trucks en bussen) en vaartuigen. Ook behandelen we de behoeften van de energiesector. Ze hebben allemaal te maken met een groei in elektrisch rijden. In de paragrafen zit enige overlap, omdat diverse wensen door alle partijen gedeeld worden, zoals lagere batterijprijzen, een betere laadinfrastructuur en politieke daadkracht. Om deze wensen sneller in vervulling te laten komen, wordt de koppeling gelegd tussen de behoeften en uitdagingen van de energiesector met die van de mobiliteitssector. Kennis van elkaars wensen leidt tot betere samenwerking en brengt een duurzame toekomst dichterbij.*

### 2.1 Voertuigen

#### 2.1.1 Mobiliteitssector

Nederland kent van origine een sterke mobiliteitssector en maakindustrie in het zwaardere vervoerssegment. Dat geldt zowel voor de automotive als de maritieme markt. Denk aan DAF Trucks, Damen Shipyard, VDL Bus & Coach, Spierings Cranes, Terberg Groep en Portliner. Deze sectoren vertegenwoordigen rond de 50.000 banen in Nederland in 2020. De sectoren leveren een belangrijke bijdrage aan het elektrificeren van de aandrijving – een multimodale uitdaging. Denk bijvoorbeeld aan toepassingen in personenauto's, bussen, vrachtwagen en boten.

#### 2.1.2 Technische criteria batterijen

Elektrische energieopslag in batterijen voor voertuigen moet efficiënt en economisch haalbaar zijn. Voor businessmodellen is het noodzakelijk om in te kunnen schatten wat de prestaties en de levensduur zijn van een batterij. Er is kennis nodig rond het ontwikkelen, produceren, gebruiken, hergebruiken, ontmantelen en recyclen van batterijen. Zowel voor de klimaatdoelen als om het concurrentievermogen van Nederland te bepalen.

Voor de automotive is het uit batterijen samengestelde accupakket essentieel. Ongeacht of de aandrijving batterij-elektrisch of fuelcell-elektrisch zal worden; ieder voertuig zal een accupakket nodig hebben. De variëteit van voertuigen en de daaraan gekoppelde vermogens maakt dat modulariteit van componenten en systeemarchitectuur vereist zal zijn. Afstanden tot hubs beïnvloeden de benodigde batterijcapaciteit. Verder is er een wisselwerking met de wettelijke rij- en rusttijden.<sup>1</sup> Deze modulariteit betreft zowel de op vermogensbasis gewenste samenstelling van batterij- en accupakketten als de productspecifieke elektronica voor energie- en datamanagement (het batterijmanagementsysteem of BMS).

#### 2.1.3 Trucks en HD-voertuigen

Onder de noemer heavy duty (HD) vallen verschillende soorten voertuigen. Er zijn enkele voertuigtypen die gebruik zullen maken van HD-batterijen.

- **Long Haul:** trucks, eventueel met trailer, voor internationaal zwaar transport. Het laden gebeurt langs de snelweg en in havengebieden.
- **Voertuigen voor regionale distributie:** voor (middel)zwaar transport op kortere afstanden. Het laden gebeurt bij hubs of op het eigen terrein.
- **Stadsdistributie:** voor licht transport op korte afstand. Het laden gebeurt bij depots en verdeelcentra of op het eigen terrein.
- **Gekoeld transport:** dit kan vallen onder de bovenstaande categorieën. Er is sprake van extra energieverbruik voor koeling, ook als het voertuig stilstaat.
- **Vuilniswagens:** voor zwaar transport op korte afstand. Er is sprake van extra energieverbruik voor het heffen en persen van afval. Het laden gebeurt bij depots.
- **Veegwagens en sneeuwschuivers:** voor korte afstanden. Er is sprake van extra energieverbruik voor de borstel- en veeginstallatie. Het laden gebeurt bij depots.
- **Bouwmaterieel en stationaire installaties:** voor zware last. Er is sprake van een hoog energieverbruik, bijvoorbeeld door bouwkransen. Het laden gebeurt zelden of nooit op de bouwplaats, wel bij depots of tijdens het draaien van het materieel of de installaties (opportunity charging).

Al deze voertuigen gebruiken batterijen die een langere laadtijden nodig hebben. Het laden gebeurt dan bijvoorbeeld tijdens werkpauses, het in- en uitladen van goederen of in de nachtelijke uren.

<sup>1</sup> <https://www.tln.nl/app/uploads/2019/10/Handboek-Rij-en-Rusttijden.pdf>

## 2.1.4 Bussen

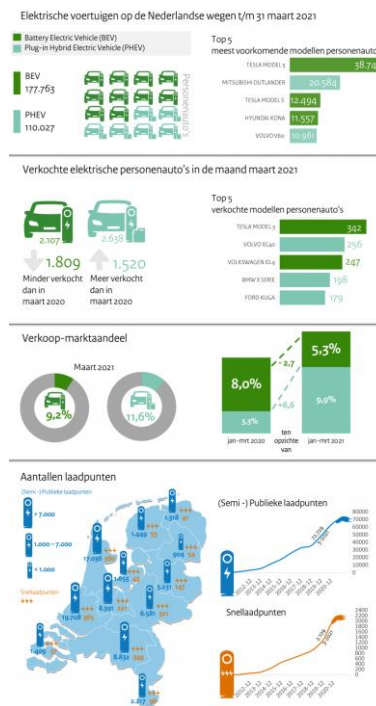
Er zijn relatief veel elektrische bussen dankzij eerdere eisen voor vergroening vanuit de overheid. Er rijden nu meer dan 1.000 zero-emissiebussen in het Nederlandse openbaar vervoer (ov).<sup>2</sup> In het Bestuursakkoord Zero Emissie Busvervoer (ondertekend door veertien concessieverleners en het Rijk) is een gezamenlijk streven naar een volledig emissievrij regionaal busvervoer in 2030 overeengekomen. Dan moeten alle (ruim 5.000) bussen in het openbaar vervoer uitstootvrij zijn. Vanaf 2025 moeten alle nieuwe ov-bussen zero emissie zijn. Tot 2030 wordt een groei voorzien van het gebruik van het openbaar vervoer van 30% tot 40%. De verwachting is dat hierdoor het aantal (e-)bussen en busverbindingen de komende jaren zal stijgen. Maar belangrijk voor de acceptatie is dat naast het scoren op duurzaamheid, ov-bussen ook op andere aspecten niet onder doen voor dieselbussen. Bij een snelgroeiende markt ontstaan er altijd pijnpunten. Keolis rijdt in de regio's Zwolle, Deventer, Vechtdal en de Veluwe met elektrische bussen. In 6 weken zijn deze in totaal al zo'n 300 keer uitgevallen als gevolg van problemen met de accu.<sup>3</sup>

### Personenauto's

In Figuur 1 staat een overzicht van de huidige situatie voor personenauto's. Waren er 10 jaar geleden in Nederland ongeveer 400 (semi-)openbare laadpunten, nu staat de teller al bijna op 60.000. Nederlanders over laten stappen op de elektrische auto is een belangrijk doel binnen het Klimaatakkoord. Zo worden er vanaf 2030 alleen nog maar uitstootvrije auto's nieuw verkocht. Naar verwachting rijden dan zo'n 1,9 miljoen elektrische auto's in Nederland. Een landelijk dekkend laadnetwerk voor al die auto's vergt zeker 1,7 miljoen laadpunten volgens de overheid. Daarom worden er de komende 10 jaar versneld meer laadpalen geplaatst in Nederland. Naar schatting zijn er in 2021 per werkdag al 213 laadpunten nodig, gezien de snelle groei van elektrische auto's op de Nederlandse wegen.

<sup>2</sup> <https://www.ovpro.nl/bus/2020/12/21/meer-dan-duizend-zero-emissiebussen-in-nederlandse-ov/?gdpr=accept>

<sup>3</sup> <https://www.rtvoost.nl/nieuws/1502734/Elektrische-bussen-van-Keolis-vielen-al-300-keer-uit>



Figuur 1. Elektrische voertuigen op de Nederlandse wegen<sup>4</sup>

## 2.2 Vaartuigen

Bij vaartuigen is er behoefte aan nul uitstoot. Maar deze markt loopt nog behoorlijk achter. Batterijcontainers en vast geïnstalleerde batterijpakketten kunnen de oplossing bieden.

### 2.2.1 Batterijcontainers

Momenteel wordt gewerkt aan de ontwikkeling van 2.000 kWh on-board batterijcontainers voor de elektrische voortstuwing van binnenvaartschepen. Hiermee kan een aantal uren worden gevaren en deze batterijcontainers zullen daarna van boord gehesen worden om op te laden. Tijdens het laden zullen de batterijcontainers worden aangesloten op het elektriciteitsnet. Ze kunnen dan een rol spelen bij het stabiliseren van het net. In de plannen voor de uitrol van batterijcontainers zijn er bij een gemiddeld scenario van de ontwikkeling in 2035 ongeveer 20 aansluitingen van 2.000 kVA en 40 aansluitingen van 630 kVA nodig.

### 2.2.2 Vast geïnstalleerde batterijpakketten

Naast de ontwikkeling van batterijcontainers zijn er ook schepen die met vast geïnstalleerde batterijpakketten zullen gaan varen. Ook hiervoor zullen oplaadpunten moeten worden gecreëerd. Hoe zwaar die aansluitingen moeten zijn hangt af van het geïnstalleerd vermogen, de beoogde laadsnelheid en het lokale energienet. De mogelijkheid tot bidirectioneel laden (de batterij kan energie laden van het elektriciteitsnet en energie teruggeven) en de gewenste en benodigde energiec capaciteit moet nog onderzocht worden.

### 2.2.3 Use cases per soort vaartuig

Binnen het maritieme domein is een aantal clusters te onderscheiden die gebruik zullen maken van HD-batterijen. We belichten vier usecases:

- binnenvaart langer dan 60 meter: containeroplossing en oplaadpunten;
- binnenvaart langer dan 60 meter en sleep- en duwvaart: vaste accupakketten aan boord;

<sup>4</sup> [Cijfers elektrisch vervoer | RVO.nl | Rijksdienst](#)

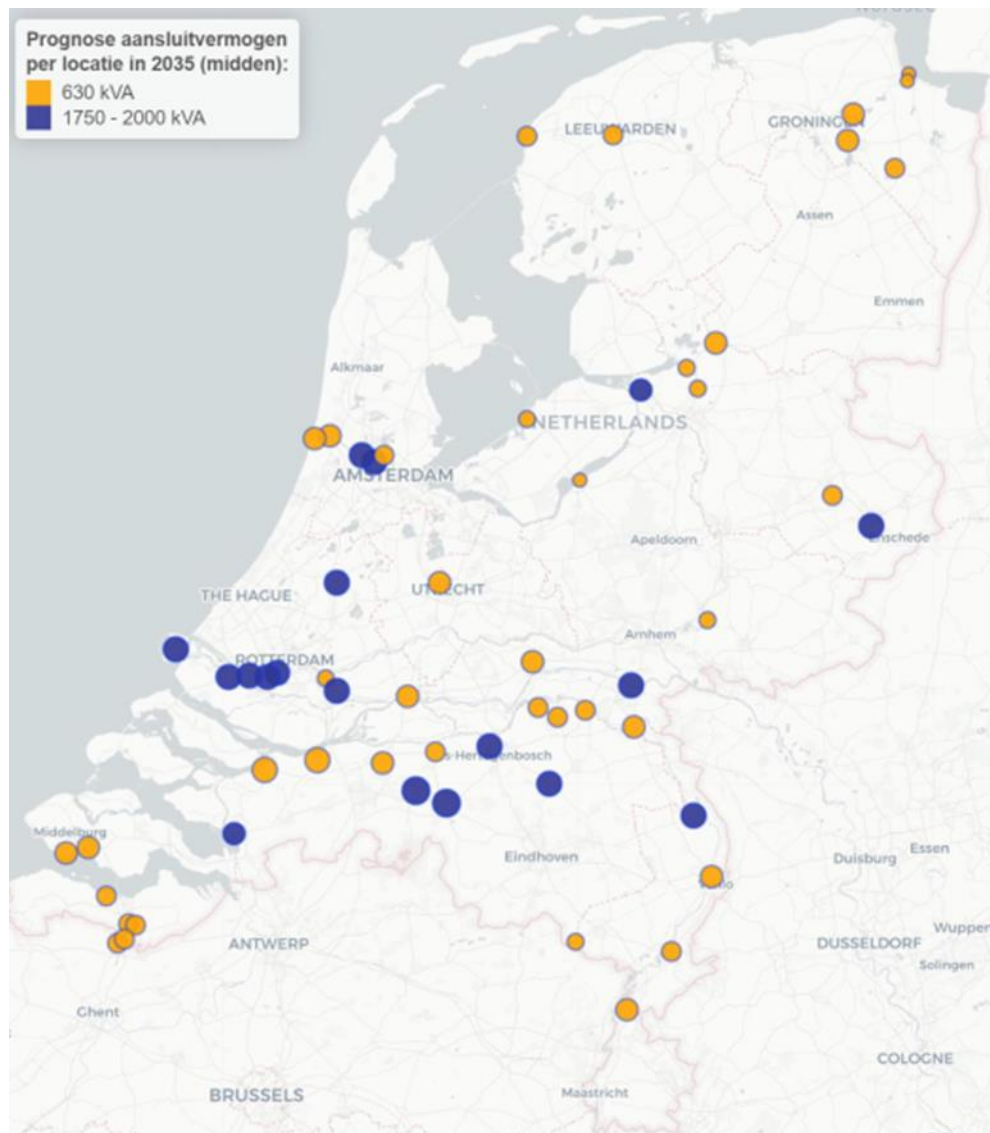


- vaste accupakket locatiegebonden vaartuigen (zoals veerponten);
- inner city logistics: transport van bouw materiaal.

### 2.2.3.1 Binnenvaart langer dan 60 meter: containeroplossing en oplaadpunten

In de binnenvaart is in 2020 een consortium gevormd onder de naam Zero Emission Services (ZES). ZES gaat HD-containerbatterijen en wissel- en laadpunten ontwikkelen. Het consortium bestaat uit gerenommeerde partijen zoals Wärtsilä, Engie, ING en Port of Rotterdam die allemaal een belang hebben bij een duurzame binnenvaart. Doordat partijen uit de gehele keten deelnemen, hebben ze slagkracht en kunnen ze zorgen voor de ontwikkeling en ingebruikname van de batterijcontainers en laadpunten.

ZES neemt de ontwikkeling van de batterijcontainers en laadpunten op zich. Daardoor hoeven scheepseigenaren alleen maar te betalen voor de afgenomen stroom en zelf geen grote kapitaalinvesteringen te doen. Dit maakt emissieloos varen bereikbaar voor scheepseigenaren en zo kan er een landelijk dekkend netwerk ontstaan voor batterijcontainers en laadpunten. De verwachting voor het aantal wissel- en laadpunten voor batterijcontainers in 2035 is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2. Overzicht aansluitvermogen 2035 (prognose)<sup>5</sup>

<sup>5</sup> [https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q4\\_Elaad\\_Outlook\\_Binnenvaart.pdf](https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q4_Elaad_Outlook_Binnenvaart.pdf)

## 2.2.3.2 Binnenvaart langer dan 60 meter en sleep en duwvaart- vaste accupakketten aan boord

Naast de ontwikkeling van batterijcontainers wordt er ook gewerkt aan schepen met een vast accupakket dat aan de waterkant opgeladen moet worden. Er zijn al enkele hybride transportschepen die zijn uitgerust met een vast accupakket. Deze kan via de generator of via reguliere walstroom worden opgeladen.

Er wordt ook gewerkt aan transportschepen die alleen door middel van een vast batterijpakket zullen worden aangedreven. Deze ontwikkeling is minder ver gevorderd dan de ontwikkeling van schepen met batterijcontainers, maar wordt naar verwachting wel doorgezet. Afhankelijk van het type batterij (lithium-ion of flow) is ook voor dit type schepen laadinfrastructuur nodig. Als de ontwikkeling van flowbatterijen doorzet, zal er voor dit soort schepen slechts beperkte laadinfrastructuur benodigd zijn.

## 2.2.3.3 Vast accupakket locatie gebonden vaartuigen

Er zijn ook schepen die geen lading vervoeren en met een batterijpakket elektrisch worden voortgestuwd. Het gaat vooral om schepen die een vast traject varen of in een beperkt gebied actief zijn. Denk hierbij aan veerponten en werkscheepjes in stedelijke gebieden. Hiervoor is varen op vaste lithium-ion-batterijpakketten al de praktijk. In Amsterdam zetten openbaar vervoerder GVB en waterbedrijf Waternet sterk in op elektrisch varen. Ze hebben al diverse schepen uitgerust met batterijpakketten (maximaal 600 kW geïnstalleerd vermogen). Aandachtspunt hierbij is dat er laadinfrastructuur aanwezig is en het lokale energienet hier ook op berekend is.

## 2.2.3.4 Inncity logistics: transport van bouw materiaal

Naast veerponten en werkscheepjes is er ook een nieuw type elektrisch vaartuig in opkomst: de *city barge*. Dit wordt gebruikt om bijvoorbeeld bouwmaterialen de stad in te brengen via kleine kanalen en grachten. Naast bouwmaterialen kunnen deze vaartuigen ook worden ingezet voor bezorging van grote pakketten. De vermogens van deze schepen zijn beperkt en zouden doorgaans met een normale 380 V walstroomaansluiting kunnen worden opgeladen.

## 2.3 Energie

Door het Klimaatakkoord is de transitie in de energiesector in een versnelling gekomen. Er is een snelle ontwikkeling van batterijen, die vooral wordt gestimuleerd door mobiliteit. De markt voor stationaire opslag groeit snel, aangezien opslag een cruciaal element is in een hernieuwbare energie-infrastructuur. De snelle kostenverlaging van lithiumbatterijen heeft geleid tot een snelle groei van de batterijopslag.

Voor de groeiende energievraag van zwaar transport moeten nieuwe maatregelen genomen worden. Sommige laadmogelijkheden kunnen een plek krijgen op huidige logistieke knooppunten, zoals havengebieden en verdeelcentra. Maar er zullen ook nieuwe laadoplossingen nodig zijn langs de weg en in watercorridors vanwege nieuwe aandrijftechnieken die vragen om een lagere range. Deze nieuwe laadhubs zullen naar verwachting progressief toenemen en om uitbreiding van het energienetwerk vragen. Het is niet geheel te voorspellen hoe de laadbehoefte zich ontwikkelt.

### 2.3.1 Decentrale energieopslag

Om adequaat in te spelen op de groeiende energievraag en laadbehoefte is decentrale energieopslag<sup>6</sup> een hulpmiddel. Door decentrale energieopslag kan snel en flexibel energie worden geleverd, ook daar waar een vaste aansluiting niet mogelijk is of slechts van tijdelijke aard zou zijn. Hieronder gaan we in op een aantal oplossingen voor decentrale energieopslag.

<sup>6</sup> <https://urbanmobilitysystems.nl/off-grid-energy-storage/>

## 2.3.2 High-end powerpacks

De kosten van lithiumbatterijen dalen snel en dat heeft geleid tot een snelle groei van de batterijopslag. De overgrote meerderheid van de nieuw geïnstalleerde batterijopslagcapaciteit is gebaseerd op lithium-ion. Andere technologieën zijn onder meer loodzuur, natriumsulfide en flowbatterijen. Batterijen worden steeds vaker gebruikt in grote (opslag)toepassingen met laad- en ontlaadtijden die variëren van seconden tot dagen.

Het creëren van decentrale energieopslag werkt het beste met high-end powerpacks die zijn ontworpen om een lange tijd een aanzienlijk vermogen te leveren voor emissievrije voertuigen. Ze hebben een modulair ontwerp, een grote energiedichtheid en uitstekende vermogensdichtheid. Dat maakt ze uitermate geschikt voor stroomopslag buiten het elektriciteitsnet. Deze industriële HD-batterijpakketten bieden voldoende capaciteit voor het balanceren van het elektriciteitsnet of locatiestroom, en laten elektrische voertuigen of machines draaien.

## Elektrische powerunits en BESS

Een voorbeeld zijn de elektrische powerunits en Battery Energy Storage Systems (BESS) voor klantspecifieke en generieke white label-oplossingen van VDL Energy Systems.

- elektrische powerunits: van 35 kW/kWh tot 100 kW/200 kWh
- BESS-systemen: van 250 kW/kWh tot 1 MW/MWh
- energiesystemen op basis van batterijen: 1 MW/MWh en groter

BESS wordt ingezet voor opslag en kent verschillende toepassingen:

- opslag voor eigen gebruik van bijvoorbeeld duurzame energie
- frequency Control Reserve (reservecapaciteit TenneT)
- peak shaving (verlagen piekbelasting op netaansluiting)
- handel op de energie(onbalans)markt
- laadstation elektrische voertuigen
- tijdelijk inzet bij te geringe netwerkcapaciteit
- evenementen en andere locaties met behoefte aan tijdelijke (nood)stroomoplossingen

### 2.3.3 Waterstof

Voor het opslaan van zeer grote hoeveelheden energie biedt waterstof uitkomst. Duurzaam opgewekte elektriciteit kan door elektrolyse omgezet worden in waterstof. Waterstof kunnen we opslaan voor de energievoorziening voor de korte, middellange en lange termijn. Waterstof kan door fuel cells ook weer omgezet worden in elektriciteit. Nederland heeft al voordeel dat er al een groot en wijvertakt netwerk met aardgasleidingen ligt. Nu dat toekomstig in onbruik raakt doordat de gaswinning in Groningen stopt, kan het – na enigszins te zijn aangepast – worden gebruikt voor transport van waterstof.

Groene waterstof wordt gemaakt door met elektrolyzers water te splitsen in waterstof en zuurstof. Daar is veel elektriciteit voor nodig, maar als die wordt geleverd door windmolens en zonnepanelen, is de productie CO<sub>2</sub>-vrij. Blauwe waterstof wordt gemaakt met niet-duurzaam opgewekte elektriciteit, waarbij CO<sub>2</sub> wordt afgevangen en opgeslagen. Blauwe waterstof is de helft goedkoper dan groene, maar grote partijen als Shell en Gasunie zetten in op groene waterstof. Voor zware industrieën, zoals in de staalsector en chemie, is het gebruik van groene waterstof de kortste weg naar verduurzaming.<sup>7</sup>

Naast de eerdergenoemde ontwikkeling van elektrische powerunits en BESS wordt ook vol ingezet op Hydrogen Power Units (HPU) met fuel cells. HPU's kunnen bijvoorbeeld ingezet worden voor:

- generatoren
- walstroomvoorzieningen
- aandrijving van elektromotoren in vrachtauto's en schepen
- elektriciteitscentrales voor bijvoorbeeld ziekenhuizen of datacenters

VDL Energy Systems ontwikkelt HPU's met fuel cells (vanaf 50 kW in een speciale generator behuizing tot 1 MW in een 20 ft container en 2MW in een 40 ft container) voor energieopwekking en aandrijving van bijvoorbeeld elektrische (scheeps)motoren en generatoren.<sup>8</sup>

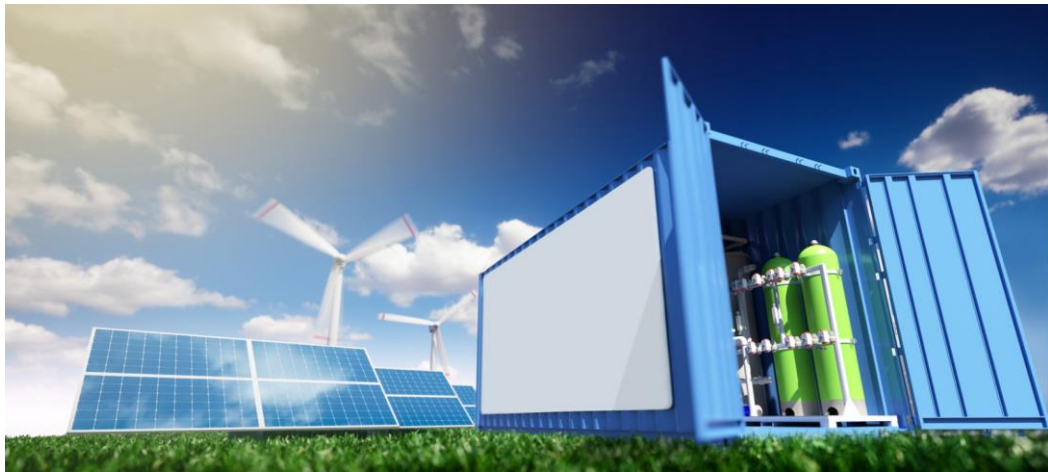
In de regio Twente gaan Demcon en VDL elektrolyzers bouwen; systemen waarin groene stroom kan worden opgeslagen in de vorm van waterstof om op elk gewenst moment weer te kunnen worden omgezet in elektriciteit (figuur 3). Het nieuwe dochterbedrijf Demcon Energy Systems gaat de technologie ontwikkelen en een prototype van de elektrolyser bouwen, waarna VDL de systemen in productie gaat nemen en op de markt gaat brengen.<sup>9</sup> De productie van elektrolyzers in Almelo sluit ook goed aan bij de plannen in die stad. Marktpartijen willen in Almelo een Twents energiecentrum beginnen voor onderzoek naar en productie en opslag van waterstof met transporteurs als eerste beoogde afnemers. De elektrolyzers die

<sup>7</sup> <https://www.tubantia.nl/enschede/twentse-samenwerking-in-waterstof-demcon-en-vdl-bouwen-elektrolyser-a35a9003/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

<sup>8</sup> <https://www.vdlenergysystems.com/energietransitie/toepassingen/elektrolyse-en-brandstofcellen>

<sup>9</sup> <https://www.tubantia.nl/enschede/twentse-samenwerking-in-waterstof-demcon-en-vdl-bouwen-elektrolyser-a35a9003/>

VDL en Demcon samen ontwikkelen, krijgen de omvang van een container. Het eerste model levert 1 MW groene stroom. De capaciteit van de elektrolyzers is gelijk aan die van een gemiddelde windmolen in Nederland.



**Figuur 3. Schets van elektrolyser, waarin groene stroom kan worden opgeslagen door het om te zetten in waterstof om er daarna weer elektriciteit van te maken. © Demcon**

### 2.3.4 Verandering energie-infrastructuur

Met de verandering van onze energiebronnen zal ook de energie-infrastructuur veranderen. Verwacht wordt dat er hybride systemen komen waar centraal en decentraal opgewekte energie uit verschillende bronnen bij elkaar komt. Energie zal een aantal verschijningsvormen kennen, zoals warmte, elektronen, biogas en waterstof. Transport, opslag en opwekking van energie komt bij elkaar en dit betekent dat infrastructuur hierop moet worden aangepast.

In Nederland heeft VDL Energy Systems veel kennis van verschillende soorten energiesystemen. Het bedrijf heeft jarenlange ervaring met het bouwen van diverse gasturbines en compressoren, toepasbaar bij het veranderen van de huidige gasinfrastructuur naar een hybride energie-infrastructuur.

## 3. Noodzakelijke ontwikkelingen: waar moeten we op inzetten?

*In dit hoofdstuk gaan we in op economische en technologische ontwikkelingen rond batterijen. Waarop moeten we inzetten, zowel voor voer- en vaartuigen als voor het energienet?*

### 3.1 Technologische ontwikkelingen

Alle voer- en vaartuigen hebben behoefte aan goedkope, betrouwbare batterijen. Er is wel een trade-off tussen verschillende eigenschappen van batterijen. De meest bekende is die van energiedichtheid versus veiligheid. Lange levensduur is sowieso cruciaal, omdat anders, bij vroegtijdige vervanging van accu's, de gunstige TCO (Total Cost of Ownership, de totale gebruikskosten) in gevaar komt. Voor de energiesector (netbeheerder) is goedkope energie van belang, maar ook load balancing, smart charging en de mogelijkheid om energie terug te leveren (Vehicle-to-Grid).

Het batterijmanagementsysteem (BMS) zorgt voor een optimale werking van de batterijen, gekoppeld aan een lange levensduur. Toekomstige batterijsystemen zullen een meer geavanceerd BMS vereisen. Dit vereist op zijn beurt vooruitgang op het gebied van chips, schakelaars, sensoren, circuits, besturing en communicatie. Het BMS zal naar verwachting zowel automobiel- als niet-automobieltoepassingen kunnen ondersteunen. Snelle BMS-verbeteringscycli kunnen mogelijk worden gemaakt door big data-benaderingen (kunstmatige intelligentie).

Aangezien elke batterij wordt aangestuurd door een BMS, worden er tijdens de werking van de batterij ruimschoots gegevens verzameld die het volledige 'operationele record' van de batterij vormen. Integratie met de bedrijfsgegevens van de batterij maakt een optimaal (her)gebruik en recycling van de batterij mogelijk. Big data en eigendom van en toegang tot de data zullen een belangrijk element worden in de waardeketen en in nieuwe bedrijfsmodellen.

De overheid wil dat de State of Health (SoH) en de Remaining Useful Life (RUL) van een batterij- of accupakket beoordeeld kan worden. De verantwoordelijkheid voor het beschikbaar stellen van de gegevens hiervoor zal gekoppeld moeten zijn aan de batterij zelf en niet aan het voer- of vaartuig waar de batterij in zit. Het BMS zal deze data bevatten. Met deze data kan de RUL worden getest. Voor het consumentenvertrouwen is het goed dat er een genormeerde beoordeling van productwaarde en inzetbaarheidsgarantie komt.

Hiervoor is standaardisatie nodig en een nationaal datamanagementsysteem dat beschikbaar is voor derden, zoals garages en APK-stations, en dat op internationaal niveau aansluiting vindt. Momenteel lopen hier nog geen Europees gedragen initiatieven voor en Nederland (met het Battery Competence Center (BCC)) kan hierin een voortrekkersrol spelen. Het verdient aanbeveling om standaardisatie en normering op Europees niveau af te stemmen, waaronder met de CLEPA, de Europese koepelorganisatie voor de automotivetoelieferingsindustrie zodat deze in de toekomst breed gedragen worden.

### 3.2 Economische ontwikkelingen

Nederland is koploper in de EU als het gaat om het marktaandeel elektrisch vervoer (EV). De voordelen die dit oplevert voor de BV Nederland zijn significant. Dit wordt nauwgezet uiteengezet in de rapporten 'Verzilvering verdienpotentieel elektrisch vervoer' van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). Veel Nederlandse bedrijven uit de auto-industrie en energie-industrie richten zich op elektrisch vervoer. Daarnaast zijn er veel bedrijven die zich bezighouden met bijvoorbeeld laadinfrastructuur en communicatieprotocollen.

Naast kansen zijn er ook bedreigingen voor de ontwikkeling van EV. De Nederlandse en Europese industrie is afhankelijk van de levering van batterijcellen uit voornamelijk Aziatische landen. Niet-Europese landen hebben de controle over de winning van grondstoffen (lithium, kobalt) hiervoor in Afrika. De levering loopt soms bij geopolitieke issues gevaar, maar ook door de groeiende behoefte aan batterijen en uitputting van schaarse aardmaterialen. De toeleverende landen richten zich bovendien steeds meer op batterijen voor personenauto's. Het is daarmee de vraag of de celtechnologie voor HD-batterijen zal verbeteren.

Een oplossing kan zijn om onderzoek naar alternatieve grondstoffen en de ontwikkeling van nieuwe batterijtechnologie in eigen handen te nemen.<sup>10</sup> Bovendien is er veel Europese politieke en economische steun om batterijfabrieken in Europa op

<sup>10</sup> <https://www.hollandhightech.nl/sites/www.hollandhightech.nl/files/Documenten/Roadmaps/Roadmap-Automotive-v1.1-signed.pdf>

te zetten en in sommige gevallen ook de ontwikkeling van nieuwe batterijchemieën in gang te zetten. Dit is voor Nederland een gunstige ontwikkeling. Producten voor de EV-aandrijflijn hebben minder last van deze issues. Veel producten maken we zelf al of kunnen we kopen in Europa (bij bedrijven zoals Siemens en Continental).

Ook Nederland kan een duurzame batterijketen creëren. Hiervoor is het zaak om nationaal en samen met de gehele keten – van klein naar groot – in te zetten op ontwikkeling van batterijkennis op applicatieniveau en het industrieel opschalen van nieuwe generatie batterijtechnologieën. Hiervoor zijn 5 focusgebieden die elkaar versterken en die in lijn zijn met de Nationale Batterijagenda:

- 1) batterijpakketten, systemen en applicaties
- 2) nieuwe generatie batterijmaterialen, cellen en productietechnologie
- 3) re-use, second-use, recycling, veiligheid en regelgeving, design for disassembly
- 4) stationaire energieopslag en -infrastructuur
- 5) productperformance data en big data-management

Vanuit de Nederlandse auto-industrie kan er ook een stimulans komen voor verdere ontwikkeling van batterijtechnologie. Voor producenten van auto-onderdelen (de zogeheten original equipment manufacturers of OEM's) die zich richten op EV is differentiatie een grote uitdaging. Want elektrische auto's hebben veel minder onderdelen en een eenvoudiger ontwerp dan auto's met een verbrandingsmotor. Met accucellen zijn er mogelijkheden voor OEM's om zich te onderscheiden, zowel op het gebied van batterijontwerp en -montage, als algoritmen voor batterijbeheer en elektronische componenten en ontwerp. Hier zijn innovatiekansen in de toeleveringsketen van het battery pack en de aandrijflijn

### 3.3 Eisen voor vaartuigen

Binnen de maritieme sector worden hoge eisen gesteld aan de technische specificaties van schepen, installaties en systemen aan boord. Helaas is er nog geen standaardaansluiting voor hoge vermogens ontwikkeld die op alle schepen is geïnstalleerd. Er is momenteel vaak sprake van maatwerk dat per schip en laadlocatie verschilt. Dit is een belangrijk aspect om rekening mee te houden. Met de komst van de batterijcontainers kan er mogelijk een nieuwe standaard gecreëerd worden die open access is zodat HD-transport gebruik kan maken van de oplaadpunten.

De binnenvaart vraagt aanzienlijk hogere opslagcapaciteit dan vrachtover de weg, waarmee ook andere technische oplossingen in beeld komen. Naast de toepassing van lithium-ionbatterijen, wordt ook de toepassing van zogenoemde flowbatterijen onderzocht. Hierbij wordt de batterij opnieuw opgeladen door het (vloeibare) elektrolyt te vervangen. Een voorbeeld van dit systeem wordt ontwikkeld door Portliner. Ook de waterstofbrandstofcel vormt een serieus alternatief voor deze sector.<sup>11</sup>

### 3.4 Eisen voor het energienet

Netverzwaring is onoverkomelijk. Volgens Netbeheer Nederland moet de netwerkcapaciteit worden verdubbeld in de komende 10 jaar om de verwachte vraag en aanbod van energie aan te kunnen. Dit vergt een enorme inspanning en investeringen van de netbeheerders. Om het elektriciteitsnetwerk niet te overbelasten is het zaak om zoveel mogelijk gebruik te maken van de mogelijkheden die batterijen bieden om het netwerk te ontlasten. Op dit moment gebeurt dit nog nauwelijks, zo is het volgende te lezen in het 'Investeringsplan Net op land 2020 – 2029' van TenneT.

#### 3.4.1 Slim laden

Smart charging (software en hardware) is noodzakelijk om alle elektrische voertuigen van elektriciteit te kunnen voorzien.

<sup>11</sup>

<https://agendalaadinfrastructuur.nl/ondersteuning+gemeenten/documenten+en+links+per+thema/documenten+in+bibliotheek/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1883889>

Als voorbeeld:

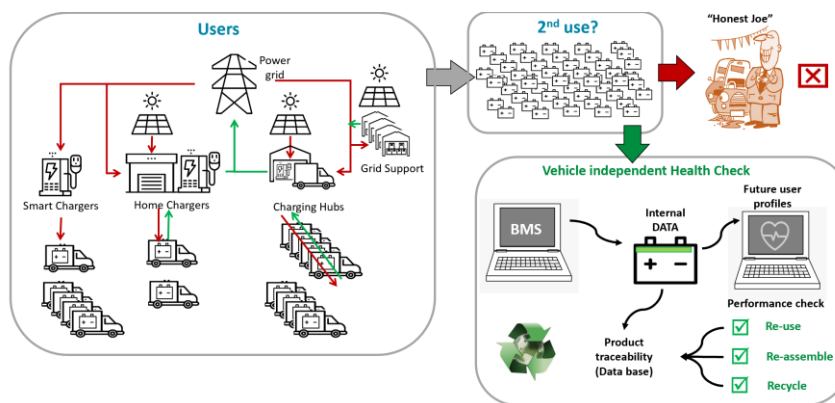
*'In de Amsterdamse Houthavens, langs het IJ in het westelijk havengebied, heeft BlueMarble Charging een slim laadplein geopend waar 108 auto's tegelijkertijd kunnen opladen. Door het inzetten van slimme hard- en softwaretechnieken kunnen er op één locatie vier keer meer laadpunten gerealiseerd worden.'*<sup>12</sup>

Dit duidt op de noodzaak van software-ontwikkeling rondom het (slim) laden van batterijen. Als het aantal gelijktijdige laadsessies zodanig toeneemt dat overbelasting moet worden voorkomen, dan wordt het maximale laadvermogen van een laadpunt automatisch verlaagd. *'De software zorgt ervoor dat iedere elektrische auto nog steeds geladen kan worden.'*<sup>13</sup>

Verschillende apparaten moeten met elkaar kunnen communiceren. Dat vraagt om open communicatie en open standaarden tussen verschillende typen zonnepanelen, laadpalen en elektrische voertuigen in heel Europa. ElaadNL, het kenniscentrum van netbeheerders voor laadinfrastructuur, pleit voor het slim laden van elektrische auto's op basis van open protocollen en Europese standaarden. Met smart charging kunnen er meer laadpunten gerealiseerd worden op het bestaande elektriciteitsnet.

Naast batterijontwikkeling zullen er zeker vanuit de laadzijde optimalisatiesystemen volgen. Al deze ontwikkelingen, van BMS tot supervisiesystemen, hebben twee zaken gemeen: data en communicatiebehoefte. Beide zullen alleen maar groeien in de komende jaren. Het is dus zaak om parallel aan de energiekant ook aan de datazijde een transitie te initiëren.

Om een efficiënt en effectief systeem te bouwen moeten we, zoals eerder vermeld, ook hiervoor een verbindend data- en energiemanagementsysteem (inclusief dataopslag) creëren (zie Figuur 4). Het speelveld van belanghebbende partijen zal zich exponentieel uitbreiden naar andere sectoren en nieuwe spelers introduceren. Belangrijk is om hierbij internationaal en op de schaal van yobibytes te denken en een gespreksplatform zo snel mogelijk te initiëren.



Figuur 4. Ecosysteem batterijgebruik

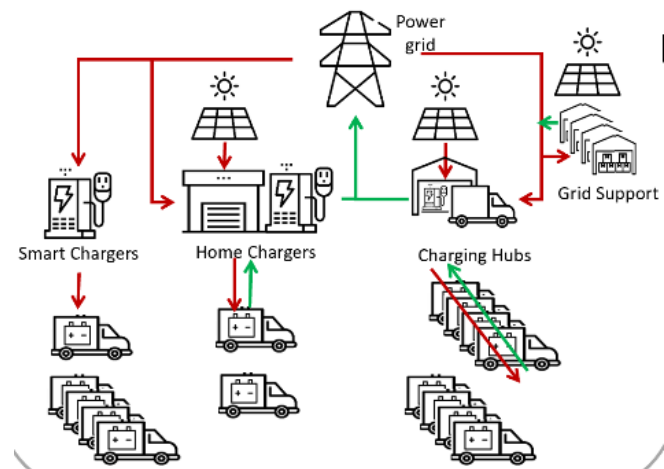
<sup>12</sup> [Automobielmanagement.nl > Slim laadplein met 108 laadstations geopend in Amsterdam](#)

<sup>13</sup> [Automobielmanagement.nl > Slim laadplein met 108 laadstations geopend in Amsterdam](#)



### 3.4.2 Bidirectioneel laden

Batterijen kunnen helpen om bij het balanceren. Balancing kan met batterijcontainers maar ook met bidirectioneel laden van batterijen in voer- en vaartuigen. Een voorbeeld van bidirectioneel laden is de elektrische auto die ook als batterij fungeert en tegen betaling stroom kan leveren. Zo ontstaat een geïntegreerd energiesysteem waarin de afzonderlijke sectoren rekening met elkaar houden. Het doel is om piekbelasting te voorkomen of op te vangen. Een goede marktordening bevordert een efficiënte balancing waarbij intelligente energienetwerken zeker een rol spelen



Figuur 3. Charging grid

### 3.4.3 Cybersecurity

Er is extra aandacht nodig voor cybersecurity (voorkomen van blackouts zodat voertuigen niet meer kunnen laden), spanningskwaliteit (voorkomen van onder meer blackouts en laadonderbrekingen) op het net en de inzet 3-fasenladen. Omdat de meeste laadpunten verbonden zijn met internet, is de laadinfrastructuur en daarmee het stroomnet steeds gevoeliger voor hacks. Door laadpunten te hacken kunnen hackers zorgen voor black-outs en overbelasting van het stroomnet. Ook kunnen hackers toegang krijgen tot persoonlijke gegevens van elektrisch rijders als cybersecurity niet goed geborgd is.

### 3.4.4 Adaptie en menselijk gedrag

Naast onderzoek naar en ontwikkeling van de technische en organisatorische aspecten van slim laden, is het belangrijk om de adaptieve aspecten te onderzoeken. Immers: de acceptatie en adoptie van slim laden door EV-rijders is cruciaal voor het succes ervan. ElaadNL doet gedragsonderzoek binnen verschillende projecten:

*'We zijn gewend dat elektriciteit altijd volledig beschikbaar is. Je steekt de stekker in het stopcontact en de elektriciteit begint te stromen. We laden onze telefoon op totdat deze '100%' aangeeft. Maar: in de nabije toekomst, als we elektrische auto's in grote aantallen en gelijktijdig opladen, gaat dat veranderen. We zullen de stekker in het stopcontact steken, maar de auto begint op het optimale moment met opladen. Bijvoorbeeld: in een tijd met overcapaciteit aan energie door lokaal opgewekte duurzame energie, gecombineerd met een lage energievraag van huishoudens en een lagere energieprijs. Elektrische auto's kunnen dan nog sneller opladen.'*<sup>14</sup>

### 3.4.5 Energieopslag

Overschotten aan elektriciteit zijn ook om te zetten in warmte (voor industrie en glastuinbouw). In Petten bevindt zich het Faraday-lab voor het verbeteren van technologieën als elektrolyse om waterstof op te slaan. Daar is ook het Carnot-lab dat zich richt op warmteopslag. Omdat alles hier in elkaar grijpt zijn nieuwe inzichten nodig over technologieën, markten, netwerken en regelgeving.<sup>15</sup> Al het onderzoek is erop gericht om binnen 10 jaar technologieën toepasbaar te hebben om energie en energiedragers grootschalig op te slaan.

<sup>14</sup> <https://www.elaad.nl/research/human-behaviour-key-to-success-for-smart-charging/>

<sup>15</sup> <http://publications.tno.nl/publication/34637074/1BezHd/TNO-2020-R11000.pdf>

Energieopslag kan onder- en bovengrond. Bij ondergrondse opslag gaat het vooral om waterstof en hogetemperatuurwarmte, bijvoorbeeld in zoutcavernes, lege gasvelden en waterhoudende bodemlagen. Bij bovengrondse opslag gaat het om batterijen en de omzetting van elektriciteit naar energiedragers die eenvoudig zijn op te slaan in bijvoorbeeld opslagtanks. Veel van die opslagtechnologieën bestaan wel, maar zijn bij lange na niet toereikend in de toekomstige situatie met een grote overvloed of grote tekorten aan energie uit wind en zon. De batterij speelt in elk geval een cruciale rol in het behalen van de maatschappelijke doelstellingen en het creëren van economische waarde voor industriële ketens.



Figuur 5. Voorbeeld mobiele energieopslag met batterijcontainers

### 3.4.5.1 Isolatiebewaking

Isolatiefouten in niet-geaarde IT-netwerken kunnen tot schade leiden. Isolatiebewakingsapparaten kunnen dit voorkomen. De apparatuur wordt tussen de actieve netgeleiders en de aarde aangesloten. Bij een isolatiefout treedt een meetstroom op, die door de elektronica wordt geëvalueerd. Bij overschrijding van een bepaalde waarde wordt een melding doorgegeven. Zo kan de exploitant van de installatie ingrijpen en onderhoud plegen. De gedetailleerde eisen voor het isolatiebewakingsapparaat zijn opgenomen in DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8). Isolatiebewakingsapparaten moeten volgens het opgegeven meetprincipe zowel symmetrische als asymmetrische verslechtering van de isolatie kunnen bewaken.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> <https://www.benderbenelux.com/kenniscentrum/technologie/it-systeem/isolatiebewaking>

## 4. Verdienmodellen: welke kansen liggen er?

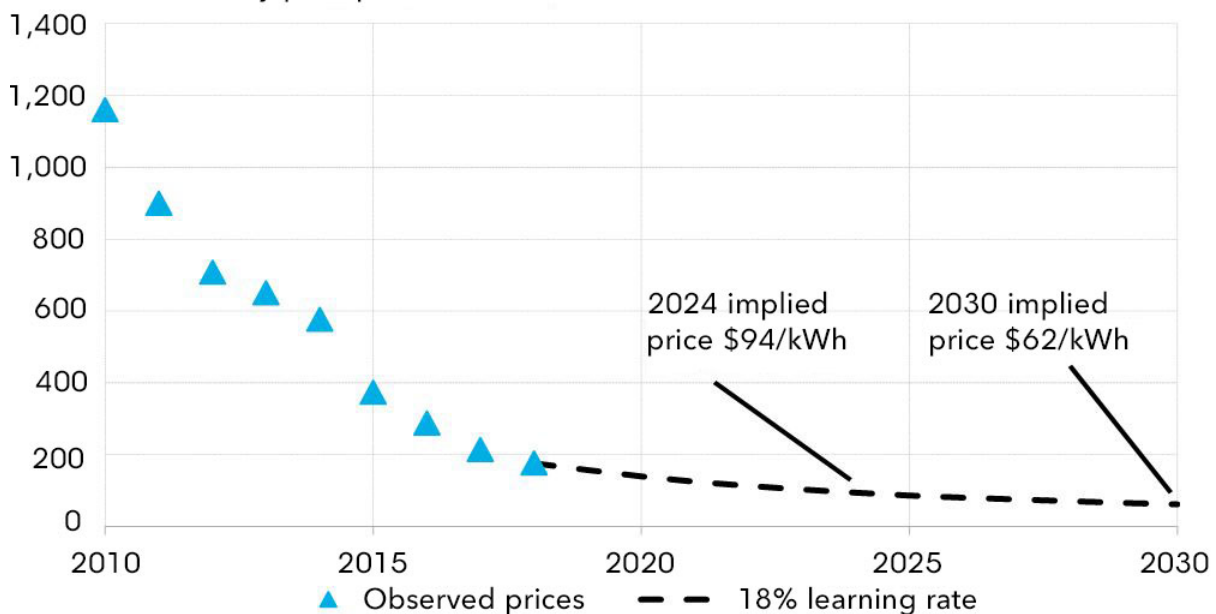
In dit hoofdstuk gaan we in op de technologische en economische kansen rond de ontwikkeling van batterijen. Welke veelbelovende verdienmodellen kunnen we onderscheiden?

### 4.1 Technologische kansen

Bij de ontwikkeling van batterijtechnologie zijn er verbeteringen in prestaties en levensduur. Maar er is ook sprake van verlaging van de kosten en dat is misschien wel het meest veelbelovende aspect.

### Lithium-ion battery price outlook

Lithium-ion battery pack price (real 2018 \$/kWh)



Source: BloombergNEF

Figuur 6. Trend en outlook lithium-ionbatterijen<sup>17</sup>

De kostenverlaging komt door de opschaling van het productievolume. Maar er zijn tal van innovatiemogelijkheden in de productie van batterijcellen en systemen om de kwaliteit te verbeteren en kosten te verlagen., niet alleen bij de cel, maar ook bij het ontwerp, de integratie, het opladen, het thermische beheer, het lage gewicht en het batterijbeheersysteem (inclusief elektronica en besturing).<sup>18</sup> Elk systeemaspect van een batterijsysteem en aandrijflijn staat open voor innovatie. Denk bijvoorbeeld aan ontwerp, elektronica, sensoren, mechanische componenten, thermomanagement en elektrische componenten. Dit zijn belangrijke onderscheidende factoren voor OEM's. Realisatie en innovaties op het gebied van hergebruik en recycling zullen naar verwachting de duurzaamheid van lithium-ionbatterijen aanzienlijk verbeteren. Met het BMS komen data beschikbaar wat informatie biedt om nieuwe businessmodellen te ontwikkelen.

Om de energiedichtheid, TCO en duurzaamheid te verbeteren en het gebruik van edelmetalen te verminderen, zijn de volgende ontwikkelingslijnen belangrijk:

- tools en methoden om begrip, prototyping en verificatie- en validatiefaciliteiten verbeteren;

<sup>17</sup> <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/>

<sup>18</sup> <https://www.hollandhightech.nl/sites/www.hollandhightech.nl/files/Documenten/Roadmaps/Roadmap-Automotive-v1.1-signed.pdf>

- ontwikkeling van modulaire, betrouwbare en kostenefficiënte batterijpakketten voor HD-toepassingen op basis van bestaande technologie, inclusief modulair ontwerp voor meerdere toepassingen;
- inzicht in het gedrag van batterijen in de gebruikspraktijk, inclusief veroudering van de batterij, modellering, ondersteuning van zowel voertuiggebaseerde controle als operationele zorg;
- ontwikkeling van batterijbewaking- en diagnosesystemen voor bijvoorbeeld voorspellende prestaties, state of health of resterende levensduur. Sensoren en toestandsschattingmethoden maken integraal deel uit van deze ontwikkeling;
- nieuwe sensoren, thermisch beheer en veiligheidsoplossingen;
- batterijbeheersystemen, inclusief batterijthermische controle, snelle oplaadfunctionaliteit. Geavanceerde communicatie- en computertechnologie is vereist om schaalbare, modulaire batterijbeheersystemen te ontwikkelen
- interoperabele infrastructuur voor snelladen en opladertechnologie;
- nieuwe materialen en fabricagemethoden om gewicht of kosten te verminderen;
- nieuwe batterijtechnologieën. Veelbelovende kandidaten zijn 3D-gestructureerde batterijen, vaste lithiumbatterijen, niet-lithiumbatterijen (bijvoorbeeld met zwavel) of batterijen met nul kobalt, metaal-luchtbatterijen, waterige elektrolytbatterijen en redox-stroomcellen;
- innovaties in batterijontwerp, productieproces en verpakking met aandacht voor life cycle performance en second life-gebruik.<sup>19</sup>

## 4.2 Economische kansen

Nederland heeft momenteel op een aantal gebieden een leidende positie, zoals het zwaardere transportsegment, laadinfrastructuur en veelbelovende opkomende technologieën. Denk bijvoorbeeld aan nieuwe generatie batterijcellen (vaste stof), productietechnologie, recycling en circulaire systeemplossingen, en applicaties op het energienet. Hier ligt een unieke kans voor Nederland om een integrale keten te ontwikkelen met een nationale marktvraag naar nationale producten. Deze toegepaste batterijkennis op specifieke markten is een onderscheidende internationale propositie: een georganiseerde batterijketen die de benodigde competenties en infrastructuur samenbrengt om state-of-the-art batterijproducten te ontwikkelen en te produceren samen met producenten van voer- en vaartuigen. Met andere woorden: een combinatie van kennis op het niveau van batterijcellen en halffabricaten en de technische en gebruikersvoorwaarden op het niveau van systeemintegratie en het eindproduct.

### 4.2.1 In Europees kader

Europa en Nederland staan voor de uitdaging om bij te blijven bij andere regio's met betrekking tot de ontwikkeling en productie van elektrische voertuigen met batterij en brandstofcel en de componenten voor deze aandrijflijnen. Hoewel een groot deel van de kennisontwikkeling in Europa plaatsvindt, zijn grootschalige investeringen in fabrieksinfrastructuur nodig. Zonder een dergelijke transitie in de Europese industrie gaat de markt voor elektrische en brandstofcelvoertuigen verloren aan Aziatische en Amerikaanse fabrikanten. Twee grote initiatieven in het kader van het IPCEI (Important Projects of Common European Interest) geven hier recent aandacht aan. De bedoeling is om structuurfondsen van de lidstaten aan te wenden om het concurrentievermogen van Europa te vergroten. Het gaat om de Battery Alliance<sup>20</sup> en Clean Hydrogen Alliance.<sup>21</sup> Er zijn miljarden euro's uitgetrokken om fabrieken en infrastructuur op te bouwen. Het blijft onduidelijk in hoeverre Nederland zal deelnemen, en zo ja, binnen welke niches.

Indicatieve analyses van deze batterijensector voor de mobiliteit laten zien dat de totale jaarlijkse waarde ('value pools') voor de Nederlandse markt circa € 5 miljard bedraagt op relatief korte termijn. Op middellange termijn is verdere groei mogelijk tot circa € 10 miljard op basis van latere marktontwikkeling van enkele kansrijke thema's. Daarna zijn er verdere groeimogelijkheden op basis van nieuwe batterijtechnologieën voor mobiliteit. De Europese markt is circa 20 maal groter, uitgaande van het Nederlandse aandeel in het Europese BNP en de verwachte gelijkaardige elektrificatie in heel Europa. De economische potentie is dus een stuk hoger als Nederlandse bedrijven

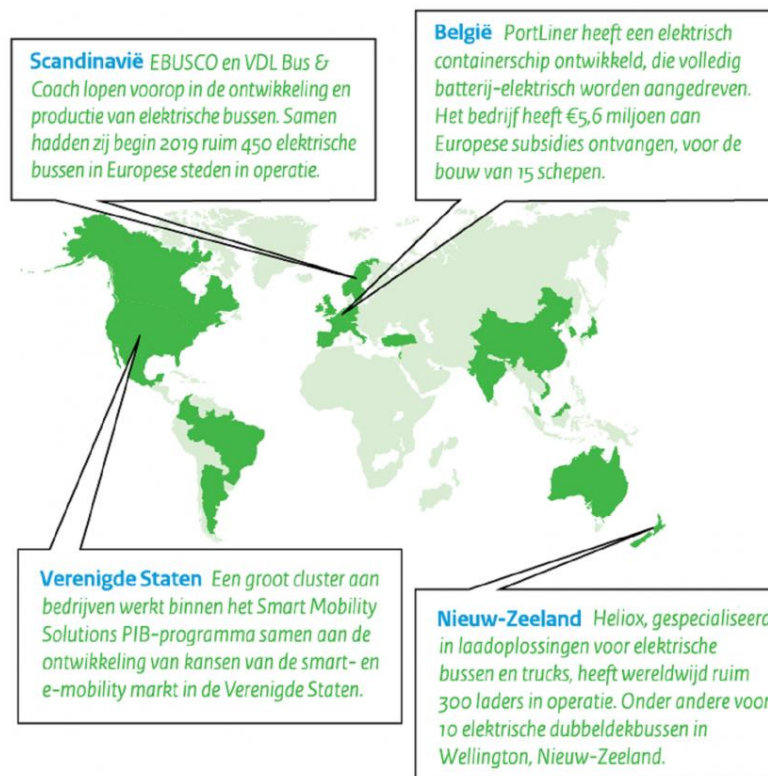
<sup>19</sup> <https://www.hollandhightech.nl/sites/www.hollandhightech.nl/files/Documenten/Roadmaps/Roadmap-Automotive-v1.1-signed.pdf>

<sup>20</sup> [https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance\\_en](https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance_en)

<sup>21</sup> [https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-clean-hydrogen-alliance\\_en](https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-clean-hydrogen-alliance_en)

een significant aandeel op kunnen bouwen in de Europese markt. Internationalisering is dus van evident belang. Veel Nederlandse spelers opereren al wereldwijd. Enkele voorbeelden staan in Figuur .<sup>22</sup>

## EV-bedrijven zijn wereldwijd actief



Figuur 7. Internationalisering EV

### 4.2.2 Verdienmodellen in de energiesector

Er zijn 3 potentiële verdienmodellen waarbij de energiesector bereid is voor diensten te betalen. Ze richten zich allemaal op netstabilisatie:

1. het leveren van energie en vermogen aan netbeheerders;
2. frequentieregulering (50Hz) op netspanningsniveau;
3. betere benutting van het vermogen van installaties door blindlastcompensatie (uitgedrukt in  $\cos\phi$ ).

#### 4.2.2.1 Leveren van energie en vermogen aan netbeheerders

Een oplossing die is bedacht om het elektriciteitsverbruik te stabiliseren is Demand Side Response (DSR). Hierbij worden organisaties gestimuleerd om pieken op te vangen of te verschuiven. Dit heeft al geleid tot een verandering op de energiemarkt. Datacenters zijn op dit moment de snelst groeiende energieverbruikers en kunnen een belangrijke rol spelen op deze markt. Zij verkopen bijvoorbeeld steeds meer reserve-energie uit hun energiesystemen en kunnen zo voor netstabiliteit zorgen. Wat bij datacenters gebeurt, kan ook voor de mobiliteitssector gaan gelden. Er ligt een kans als de energiesector eigenaren van HD-batterij aangedreven voer- en vaartuigen hiervoor weten te interesseren. Hier zal vanuit de energiesector een businessmodel uitgewerkt moeten worden.

Hieruit blijkt een groeiende wens om de Return on Investment (ROI), het rendement op technologische investeringen, te verhogen, en de bereidheid om datacenters te ondersteunen bij het balanceren van een fluctuerende energiebehoefte. Vraag en aanbod komen daardoor steeds meer op zijn kop te staan, want datacenters worden niet alleen gebruikers, maar ook leveranciers van energie en ondersteunen daarmee het elektriciteitsnetwerk en worden daar vervolgens voor gecompenseerd. Ook zijn er partijen die via online veilingen onderling 'noodvermogen' bieden

<sup>22</sup> <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/informatie-over-elektrisch-rijden/voordelen-economie>

en inkopen. Een datacenter kan naar verwachting zo'n € 50.000 per MW per jaar verdienen aan stroom die wordt teruggeleverd aan het elektriciteitsnet.

Overproductie van energie of restcapaciteit kan omgezet worden in opgeslagen energie. Hetzij in batterij maar, middel elektrolyse, ook in waterstof (zie subparagraaf 2.3.3).

Doordat de salderingsregeling pas vanaf 2023 geleidelijk wordt afgebouwd is de aanname dat er vanuit het Klimaatakkoord weinig prikkels zijn om te investeren in opslag. Hierdoor zal de ontwikkeling van opslag ook na 2023 langzaam verlopen en is ook de aangenomen hoeveelheid in 2030 nog gering.

Voor het laden van de batterijcontainers moeten al aparte zware aansluitingen worden aangelegd. De energiesector kan het stabiliseren van het net verder aantrekkelijk maken door een financieringsmodel uit te werken in overleg met de mobiliteitssector zodat er in de vaarschema's rekening gehouden kan worden met de momenten waarop netstabilisatie wenselijk is. Het Netherlands Maritime Technology (NMT) voert hierover al gesprekken met energiemaatschappijen en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

#### 4.2.2.2 Frequentieregulering (50Hz) op netspanningsniveau

In het algemeen hanteert men in de elektriciteitswereld een voorspellingshorizon van ongeveer een week vooruit, net zo ver als het weerbericht ongeveer gaat. Doordat er meer stroom wordt opgewekt uit herbruikbare energiebronnen wordt de productie onregelmatiger. Het voorspellen van de elektriciteitsvoorziening wordt daardoor lastig. Energieleveranciers kijken nu naar de Frequency Containment Reserve (FCR)-markt om de netfrequentie te behouden door stroomopwekking en -verbruik in evenwicht te houden.

Dit proces van de balans bewaren is nooit perfect. Er is altijd wel een lichte overproductie of een klein tekort, wat te vernemen is door een kleine daling van de netspanning en een kortstondige afname van de wisselstroomfrequentie van 50 Hz naar bijvoorbeeld 49,98 Hz. De netbeheerder zorgt ervoor dat vraag op ieder moment wordt gemonitord, zodat de verschillende producenten die tegelijk actief zijn tijdig kunnen worden ingelicht dat er meer of minder productie moet komen in de komende uren. De huidige extra toelevering van energie door gascentrales zal op langere termijn niet meer mogelijk zijn. Als toekomstig vervanger zou bidirectioneel laden een vervangingsmodel kunnen zijn (zie subparagraaf 3.4.2).

#### 4.2.2.3 Betere benutting van vermogen van installaties door blindlastcompensatie

Cosinus phi (cos-phi) geeft aan hoeveel stroom er verloren gaat tijdens het 'transporteren' van stroom. De stroom loopt hierbij uit fase ten opzichte van de spanning. Een juiste fase aansnijding is hierbij van belang. Het compenseren en het stabiliseren van de 50Hz frequentie kan een verdienmodel zijn.

Als Nederland een sterke positie weet op te bouwen in diverse van de bovengenoemde thema's, dan kan een significante extra economische bedrijvigheid verwacht worden in aangrenzende gebieden. Denk bijvoorbeeld aan infrastructuur (smart grid), e-mobiliteit en e-logistiek. Deze kansen ontstaan dankzij partnerschappen tussen bedrijven en de aanwezigheid van sterke lokale domeinkennis en technologie. Zo'n ecosysteem van thema's in de energiesector en aangrenzende economische activiteiten zou daarnaast zelf weer een verdere aanzuigende werking kunnen hebben. De marktkansen kunnen sterk worden beïnvloed door de aanwezigheid van lokale (of regionale) productie van batterijcellen en batterijpacks. Hiermee zou een Nederlands batterij-ecosysteem een impuls krijgen vanwege stabiele toegang tot geavanceerde batterijen in een competitieve markt. Goed inzicht in de prestaties van een batterij is direct gerelateerd aan materiaal- en productiekeuzes en -kennis wat een significant competitief voordeel biedt in de gehele keten.

## 4.3 Kansrijke ontwikkelingen voor voertuigen

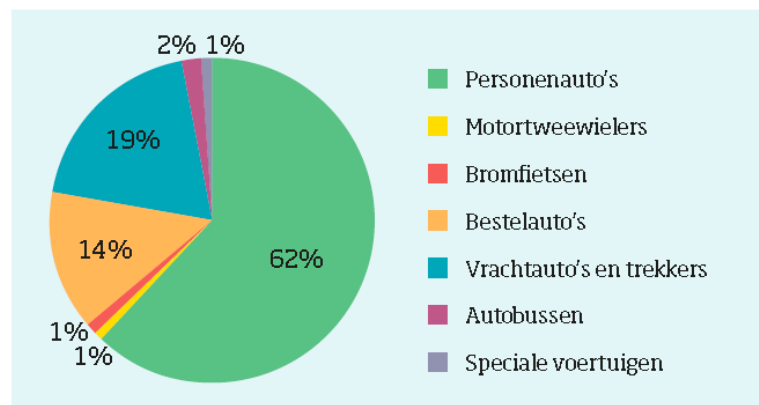
Volgens RVO zijn er 1.251 batterij-elektrische (BEV) bussen (M2 + M3) geregistreerd op 28 februari 2021.<sup>23</sup> Het marktaandeel is daarmee sinds 31 december 2019 gestegen van 7,6% naar 13,34% (zie Tabel 1).

Type of vehicle	Legend	31-12-2016	31-12-2017	31-12-2018	31-12-2019	31-12-2020	28-02-2021
M2+M3: Buses (EV)	Amount in fleet	173	316	421	797	1.218	1.263
	% of total M2+M3 fleet	1.71%	3.8%	4.20%	7.82%	12.65%	13.34%
M2 + M3: Buses (BEV)	Amount in fleet	155	295	400	775	1.206	1.251
	% of total M2+M3 fleet	1.53%	2.88%	3.99%	7.60%	12.53%	13.21%
M2 + M3: Buses (FCEV)	Amount in fleet	4	7	7	8	6	6
	% of total M2+M3 fleet	0.04%	0.07%	0.07%	0.08%	0.06%	0.06%
M2 + M3: Buses (PHEV)	Amount in fleet	14	14	14	14	6	6
	% of total M2+M3 fleet	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.06%	0.06%

Tabel 1. Cijfers EV-bussen 2016-2021

### 4.3.1 Vrachtverkeer in Nederland

Bij vrachtauto's is de groei minder significant, maar die is er wel degelijk. Vrachtauto's en trekkers generen 19% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in het wegverkeer (zie Figuur ). Het totale aantal vrachtauto's zal stijgen als de range-issues worden weggenomen, door slimme routing, nieuwe batterijen en een hogere productiecapaciteit. Volgens milieuorganisatie Natuur & Milieu is de elektrische truck in het grootstedelijke distributieverkeer in 2023 concurrerend met dieseltrucks.<sup>24</sup>



Figuur 8. CO<sub>2</sub>-emissies op Nederlands grondgebied 2018 door wegverkeer (bron CBS)

In de eerste helft van 2019 zijn er Europese CO<sub>2</sub>-emissionormen voor vrachtwagens aangenomen, waardoor vrachtwagenbouwers verplicht zijn om in vergelijking met 2019 de CO<sub>2</sub>-uitstoot van nieuwe vrachtwagens in 2025 met gemiddeld 15% te verminderen en in 2030 met 30%. Om aan deze normen te voldoen zullen fabrikanten naar verwachting ook zero-emissievoertuigen gaan produceren. Volgens Natuur & Milieu staat het wegtransport aan het begin van de transitie naar zero emissie. Na de elektrische auto en de bus, is het nu de beurt aan de vrachtwagen (zie Tabel 2).

<sup>23</sup> [https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/03/Statistics%20Electric%20Vehicles%20and%20Charging%20in%20The%20Netherlands%20up%20to%20and%20including%20February%202021\\_0.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/03/Statistics%20Electric%20Vehicles%20and%20Charging%20in%20The%20Netherlands%20up%20to%20and%20including%20February%202021_0.pdf)

<sup>24</sup> <https://www.natuurenmilieu.nl/wp-content/uploads/2020/02/De-elektrische-vrachtwagen-in-opkomst.pdf>

Type of vehicle	Legend	31-12-2016	31-12-2017	31-12-2018	31-12-2019	31-12-2020	28-02-2021
N2+N3: Commercial Trucks > 3,5 tons (EV)	Amount in fleet	134	143	160	265	241	248
	% of total N2+N3 fleet	0.08%	0.09%	0.09%	0.15%	0.14%	0.14%
N2+N3: Commercial Trucks > 3,5 tons (BEV)	Amount in fleet	91	97	115	220	203	210
	% of total N2+N3 fleet	0.06%	0.06%	0.07%	0.13%	0.12%	0.12%
N2+N3: Commercial Trucks > 3,5 tons (FCEV)	Amount in fleet	4	6	5	7	9	9
	% of total N2+N3 fleet	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%
N2+N3: Commercial Trucks > 3,5 tons (PHEV)	Amount in fleet	39	40	40	38	29	29
	% of total N2+N3 fleet	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%

**Tabel 2. Cijfers EV-trucks 2016-2021**

In het Klimaatakkoord is de ambitie vastgelegd om in 2025 minimaal 30 tot 40 Nederlandse steden emissievrij te gaan bevoorraden, waarbij tot 2030 een overgangsregeling geldt voor Euro VI-vrachtwagens die niet ouder zijn dan 5 jaar (bakwagens) of 8 jaar (trekkers). Daarnaast zijn er door het kabinet diverse maatregelen aangekondigd om de verduurzaming van de logistieke sector te ondersteunen. ElaadNL schat het marktaandeel e-voertuigen in de truck- en stadslogistiek op 83 % in 2035 (zie Tabel 2)<sup>25</sup> in een groeiemarkt (zie tabel 3).

Soort	Huidig aandeel e-voertuigen*	Prognoses ElaadNL Outlook 2035 (midden scenario)		
		Aandeel e-voertuigen	Aantal e-voertuigen	Elektriciteitsvraag (TWh) per jaar
<a href="#">Personenvoertuigen</a>	2,2%	35%	3.000.000	7,8
<a href="#">OV-bussen</a>	17,8%	95%	4.700	0,6
<a href="#">Bestelvoertuigen</a>	1,7%	61%	618.600	3,7
<a href="#">Trucks - stadslogistiek</a>	0,5%	83%	25.000	1,2
<a href="#">Trucks - (inter)nationaal</a>	0%	42%	48.500	4,9

**Tabel 3. Prognoses EV 2035**

### 4.3.2 Europees vrachtverkeer

Voor het wegtransport is naar verwachting een groeiend aantal HD-chargingstations nodig. Dat maakt uitbreiding van laadinfrastructuur op korte termijn noodzakelijk, uitgaande van de topografische positionering van deze chargingstations binnen de bestaande corridors in Noordwest-Europa. Volgens de strategie van het Trans-European Transport Network (TEN-T) dienen chargingstations slechts 300 km van elkaar verwijderd te zijn (minder mag, meer niet). Het TEN-T-beleid heeft betrekking op de implementatie en ontwikkeling van een Europees netwerk van spoorlijnen, wegen, binnenwateren, zeevaartroutes, havens, luchthavens en spoorwegterminals. Het uiteindelijke doel is hiaten te dichten, knelpunten en technische belemmeringen weg te nemen, en de sociale, economische en territoriale cohesie in de EU te versterken. TEN-T omvat twee 'netwerkklagen': het uitgebreide netwerk en het kernnetwerk. In deze studie kijken we alleen naar het kernnetwerk dat de belangrijkste verbindingen bevat, de belangrijkste knooppunten verbindt en dat in 2030 klaar moet zijn. Hieronder (zie Figuur en Tabel ) staat een overzicht van een mogelijke invulling van het aantal chargingstations (volgens TEN-T) per corridor. Hieruit blijkt dat er in de corridors van Nederland minimaal zeven HD-chargingstations zullen moeten komen. Gezien de aard van het transport (long haul) zullen dat eerder charging-hubs moeten zijn gezien het aantal HD-voertuigen en de benodigde rust- en verblijffaciliteiten inclusief de veiligheidsaspecten.

Nota bene: onder meer in Duitsland is er een sterke behoefte om op corridorniveau aansluiting te vinden met Nederland (de haven van Rotterdam). Dit zal zeker invloed hebben op een verhoogde energieconsumptie van internationaal vrachtverkeer (voer- en vaartuigen). Als eerst charginghubs als 'tankstations' voor zwaar transport langs deze corridors worden ingericht,

<sup>25</sup> [https://www.elaad.nl/uploads/files/2003\\_Elaad\\_Outlook\\_E-trucks\\_internationale\\_logistiek.pdf](https://www.elaad.nl/uploads/files/2003_Elaad_Outlook_E-trucks_internationale_logistiek.pdf)



komt het elektrisch vervoer op gang. Op EU-niveau zijn nationale clusterpartijen hier al projectmatig mee bezig (zoals bijvoorbeeld met het hEVy Charge project, in Nederland RAI AINL en in Duitsland emobil BW).



Figuur 9. TEN-T corridors in Europa<sup>26</sup>

Corridors	Nations	Length in km	Number of stations needed per 300 km
North Sea – Baltic	the Netherlands , Germany	750	3
North Sea – Baltic	Belgium, Germany	880	3
Mediterranean	France	930	3
Orient/ East - Med	Germany	470	2
Orient/ East - Med	Germany	600	2
Orient/ East - Med	Germany	440	1
Scandinavian - Mediterranean	Germany	880	3
Scandinavian - Mediterranean	Germany	890	3
Rhine - Alpine	The Netherlands , Germany, Switzerland	1070	4
Rhine - Alpine	Belgium, Germany, Switzerland	1120	4
Atlantic	France	1040	3
Atlantic	France	1300	4
North Sea - Mediterranean	Ireland, The United Kingdom, the Netherlands , Belgium, Luxembourg, France	2850	10
Rhine - Danube	France	550	2
Rhine - Danube	France	440	1
		14210	47

Tabel 4. Chargingstations binnen de TENT-T-corridors in Europa

<sup>26</sup> [https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t_en)

## 4.4 Kansrijke ontwikkelingen voor vaartuigen

De omslag naar zero emissie in de binnenvaartsector met containervracht bevindt zich in de vroege opstartfase. De vraag is of batterijelektrisch varen voor alle toepassingen in de binnenvaart hét antwoord op de verduurzamingsopgave zal zijn. De verduurzamingsstappen die de binnenvaart op dit moment zet, houden vaak eerder verbeteringen dan vernieuwingen in.

Een wens tot verduurzaming is er wel. Zo is er een Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens waarin de ambitie is uitgesproken dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot voor binnenvaart in 2030 40% lager moet zijn dan in 2015. In 2030 moeten 150 schepen een emissieloze aandrijflijn hebben en in 2050 zou de binnenvaart nagenoeg emissievrij moeten zijn.

De techniek om hybride of volledig batterijelektrisch te varen is minder ver ontwikkeld dan het vrachtvervoer op de weg en de businesscase blijkt voor ondernemers nog niet rendabel, mede doordat diesel accijnsvrij is voor de binnenvaart. De verwachting van ElaadNL in haar outlook is dat de aandrijving van het schip vaker zal gaan bestaan uit een elektromotor, een zogenoemde modulaire aandrijflijn.<sup>27</sup> Er zijn op dit moment ongeveer 50 schepen waarbij de schroefas wordt aangedreven door een elektromotor. De energievoorziening voor deze motor kan uit verschillende modulaire opties bestaan. Nu is dat vaak nog een dieselgenerator, maar een batterijcontainer is een belangrijke kandidaat voor een duurzaam alternatief.

Op korte termijn is de containervaart de meest realistische optie om te elektrificeren, want een batterijcontainer past het gemakkelijkst op een containerschip. Aangezien het containervervoer per binnenvaartschip een groeimarkt is, naast chemieproducten, is dit ook een reden om deze techniek verder te ontwikkelen.<sup>28</sup>

Binnen de maritieme sector is er met name behoefte aan een prijsdaling van de batterijpakketten. Maar door het beperkte aantal leveranciers met de juiste certificering blijft deze daling achter (marktdominantie). De certificering is een forse investering en dat vormt een hoge drempel voor nieuwe leveranciers om actief te worden op de maritieme markt. Het prijsniveau ligt al langere tijd rond de € 500 per kW geïnstalleerd vermogen voor een batterijpakket (de terugverdientijd is daarmee ongeveer 30 jaar uitgaande van een volledige TCO). Uiteraard zijn meer efficiëntie en lichtere batterijpakketten ook wenselijk, maar de grootste uitdaging ligt momenteel echt bij het prijsniveau waardoor een investering in batterijpakketten moeilijk terug te verdienen is.

Zero Emission Services (ZES) gaat de binnenvaartsector voorzien van batterijcontainers waarbij de ondernemer per verbruikt kWh betaalt. De ondernemer hoeft dus niet zelf te investeren in de batterijen maar slechts in de aanpassingen van het schip, zoals de elektrische aandrijving. Een andere speler in de markt, SKOON, gebruikt ook containers met batterijen (zie Figuur ). Beide batterijsystemen zijn open source ontworpen. Afhankelijk van het type batterijcontainer varieert de opslagcapaciteit van een batterijcontainer tussen de 1 en 2 MWh, waarmee 2,5 tot 5 uur kan worden gevaren. Dit komt neer op ongeveer 50 km actieradius per container.<sup>29</sup>

<sup>27</sup> [https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q4\\_Elaad\\_Outlook\\_Binnenvaart.pdf](https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q4_Elaad_Outlook_Binnenvaart.pdf)

<sup>28</sup> <https://agendalaadinfrastructuur.nl/ondersteuning+gemeenten/documenten+en+links+per+thema/documenten+in+bibliotheek/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1883889>

<sup>29</sup> [https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q4\\_Elaad\\_Outlook\\_Binnenvaart.pdf](https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q4_Elaad_Outlook_Binnenvaart.pdf)



Figuur 10. Skoon Energy voor scheepvaart

## 4.5 Kansrijke ontwikkelingen voor Nederlandse batterijtechnologie

Een toenemend aantal landen zet strategisch in op de ontwikkeling van batterijtechnologie en -kennis. Ook het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) benadrukt deze urgentie met een kamerbrief 'Strategische Aanpak Batterijen'.<sup>30</sup> Hierin staat de ambitie om een nationale batterijagenda te ontwikkelen. De Nederlandse overheid benadrukt hiermee de ambitie om een rol te spelen in de Europese batterijketen gedefinieerd vanuit nationale sterktes, kansen en politieke prioriteiten. In 2020 hebben de Regionale Ontwikkelingsmaatschappijen (ROM's) samen met de industrie en kennisinstellingen verschillende initiatieven opgetuigd waaruit blijkt dat de industrie deze ambitie ook heeft. Sterker nog, de industrie heeft een groot belang en ziet een hoge urgentie bij een gezamenlijke, nationale aanpak met betrekking tot batterijtechnologie.

De uitdaging is om de unieke krachten van Nederlandse koplopers rond batterijtechnologie te bundelen en een internationaal onderscheidende propositie neer te zetten. Ook moeten de industrie, kennisinstellingen en overheid op nationaal niveau samen optrekken. Daarmee wordt de industrie ondersteund in het benutten van marktkansen. Bovendien kunnen beleid en praktijk elkaar zo faciliteren en versterken in de energietransitie, kan er marktgedreven onderzoek gedaan worden en een gezamenlijke positionering ingenomen worden in de globale batterijketen.

Voor de bestaande industrie is het belangrijk dat de transitie naar elektrisch aangedreven vervoer slaagt. Ook liggen er kansen voor opkomende bedrijven, bijvoorbeeld rond nieuwe generatie batterijmaterialen en productietechnologieën. Met onder andere Holst Centre, LeydenJar, LionVolt, E-Magy BV, Delft IMP, SALD en VDL ETG is er een sterk ecosysteem aan bedrijven en kennisinstellingen dat hierop inzet. Op een aantal gebieden heeft Nederland zelfs wereldwijd een leidende positie, bijvoorbeeld in het ontwikkelen van silicon anodes en de productiemethode Spatial Atomic Layer Deposition (SALD).

Een andere kans voor ontwikkeling van batterijtechnologie is de samenwerking tussen de Topsector Hightech Systemen & Materialen, de Topsector Energie en de Topsector Logistiek. Die is gericht op een gezamenlijke optimalisatie en integratie van energiesystemen voor zwaar transport binnen de logistieke processen en het energiesysteem. Hierbij speelt de ontwikkeling van (voorlopige) standaarden voor onder andere dataverzameling, energie- en logistiek management een belangrijke rol voor de interoperabiliteit. Nederland heeft hierbij de kans een visie te ontwikkelen om in een internationaal gremium harmonisatie en standaardisatie te bevorderen en de randvoorwaarden voor een opschaling van zero-emissietransport met laadinfrastructuur te versnellen. Ook moet er rekening gehouden worden met opties voor mobiele en her-configureerbare laadinfrastructuur door decentrale energiebuffering daar waar dat (tijdelijk) nodig is. Bidirectioneel laden via voer- en vaartuigen kan hier zeker een bijdrage leveren, als het batterijontwerp hiervoor geschikt gemaakt wordt. Vraagstukken hierbij zijn de batterijveiligheid en de aansprakelijkheid.

<sup>30</sup> Kamerbrief strategische aanpak batterijen (+bijlagen). Kamerstukken II 2019-2020, 31 209, nr. 223.

## 5. Nederlandse kennispositie: kunnen we kansen verzilveren?

*In de voorgaande hoofdstukken signaleerden we veelbelovende ontwikkelingen, kansen en uitdagingen. In dit hoofdstuk staan we stil bij de innovatiekracht van Nederland. Kunnen we de gesignaleerde kansen verzilveren?*

Nederland heeft diverse universiteiten in de top 200 in elk relevant wetenschaps- en onderzoeksveld binnen de domeinen van Engineering & Technology en Natural Sciences. Batterijgerelateerd onderzoek vindt vooral plaats binnen het vakgebied Physical Sciences & Engineering. Analyse van de wetenschappelijke kracht op basis van de impact van publicaties maakt duidelijk dat alle universiteiten in Nederland in staat zijn om toonaangevend onderzoek te doen binnen dit vakgebied. Met name de technische universiteiten hebben daarnaast veel samenwerking met industrie.<sup>31</sup>

De huidige onderzoeksactiviteiten richten zich vooral op begrip van prestatiebelemmerende eigenschappen van materialen en batterijcellen, ontwerp en ontwikkeling van nieuwe generaties materialen en batterijen, batterij managementsystemen, en elektrotechniek rondom batterijsystemen. Deze onderzoeksthema's vallen volledig onder de voor de industrie kansrijke thema's (zie hieronder). Daardoor is een goede aansluiting tussen R&D en de Nederlandse industrie mogelijk.

De huidige onderzoeksthema's zijn:

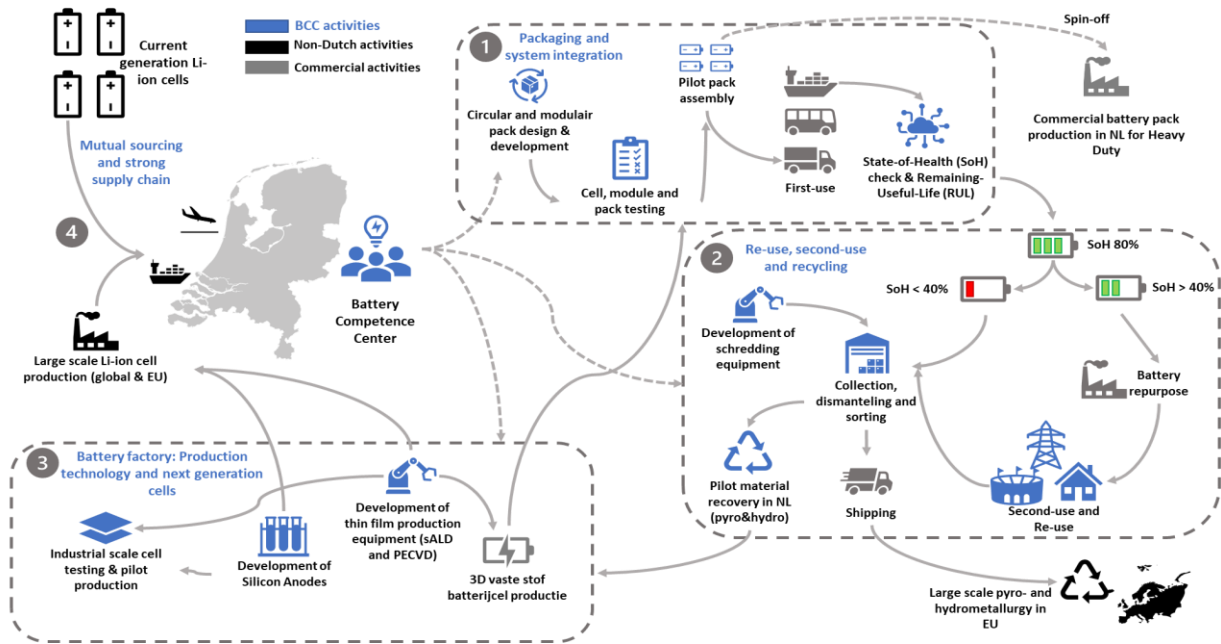
- ontwerp, productie (Industry 4.0, Digital Industry) en integratie van batterijpacks en -systemen ten behoeve van mobiliteit (li-ion);
- batterijen voor en elektrificatie van zware transportmiddelen (li-ion);
- ontwerp en productie van batterijen en batterijsystemen ten behoeve van stationaire energieopslag (alle typen);
- laadinfrastructuur voor elektrificatie van vervoer (li-ion);
- componenten in batterijsystemen, waaronder algoritmes (alle typen);
- materialen voor en productie van batterijen met nieuwe technologieën, zoals vaste-stofbatterijen en verdere batterijgeneraties voor mobiliteit (nieuwe typen li-ion en andere nieuwe typen).

Vanuit de batterijketen (zie Figuur ) is de mogelijke structuur voor R&D-kennisontwikkeling weergegeven in Figuur .

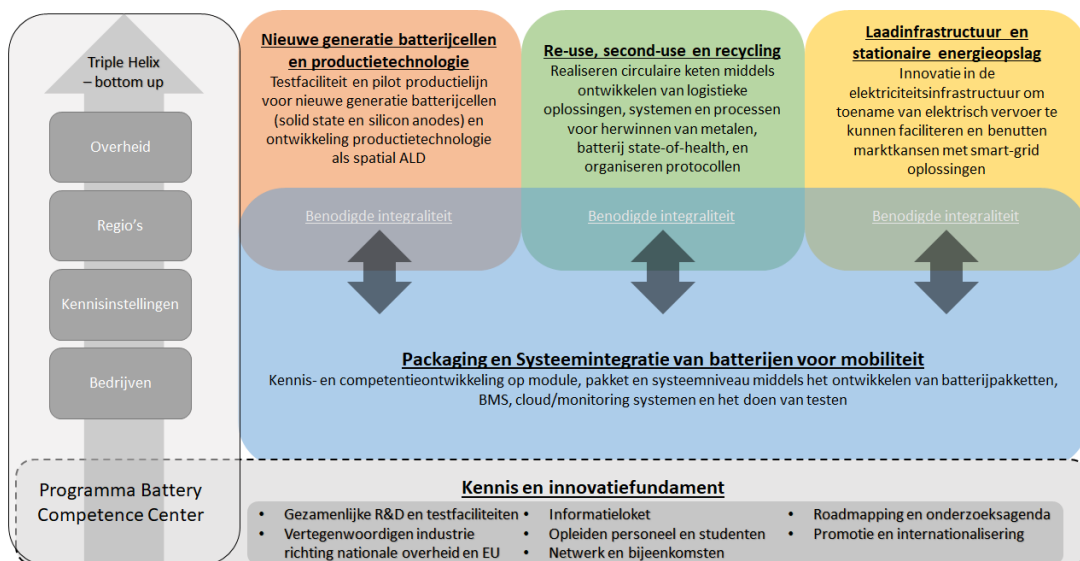
In de Nederlandse kennispositie zitten ook relatief zwakke punten. Denk aan het aantal octrooien, de afwezigheid van een grote(re) faciliteit ten behoeve van R&D en testen van batterijmaterialen, -cellen, en -systemen, de organisatiegraad van de batterijbranche, en ondervertegenwoordiging of gebrek aan actieve deelname in belangrijke Europese initiatieven (Battery2030+, Batteries Europe en European Battery Alliance). Deze verdienen aandacht om niet te leiden tot verkleining van de industriële kansen.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2020/01/28/bijlage-3-batterijenstrategie-eindrapportage-batterijverkenning-ii/bijlage-3-batterijenstrategie-eindrapportage-batterijverkenning-ii.pdf>

<sup>32</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2020/01/28/bijlage-3-batterijenstrategie-eindrapportage-batterijverkenning-ii/bijlage-3-batterijenstrategie-eindrapportage-batterijverkenning-ii.pdf>



Figuur 11. Batterijketen



Figuur 13. Mogelijke R&D structuur kennisontwikkeling

Een Battery Competence Center (BCC) kan de Nederlandse kennispositie en daarmee ook het verdienpotentieel in de wereld versterken. Kennis op het gebied van ontwikkelen, produceren, gebruiken, hergebruiken, ontmantelen en recycelen van batterijtechnologie is nodig om de klimaatdoelstellingen te halen (zie bijlage 4 voor het raamwerk van het BCC).

## 6. Duurzaamheid: hoe nemen we deze vereiste mee?

*Rond de productie van batterijen speelt duurzaamheid een belangrijke rol. In dit hoofdstuk gaan we daar kort op in.*

Tegen 2030 zal de productie van elektrische voertuigen dertigvoudig zijn toegenomen.<sup>33</sup> Daarmee zal ook de vraag naar lithium drastisch toenemen. De aarde heeft aanzienlijke lithiumreserves, maar er zijn meer (geopolitiek neutrale) mijnen nodig om snel online te komen. Ook kobalt is een belangrijk metaal voor de productie van lithium-ion batterijen. Meer dan 40 procent van het gewonnen kobalt wordt al verbruikt door de lithium-ionbatterijmarkt, ook al is de EV-markt nog erg klein. Omdat elk elektrisch voertuig ongeveer 10 kg kobalt nodig heeft, betekent de snelgroeiende productie dat de vraag naar kobalt aanzienlijk zal toenemen. Door die groei blijft delving nodig. Maar een deel van de materialen kun je ook halen uit gebruikte batterijen. Recycling van dergelijke kritische grondstoffen is daarom essentieel.

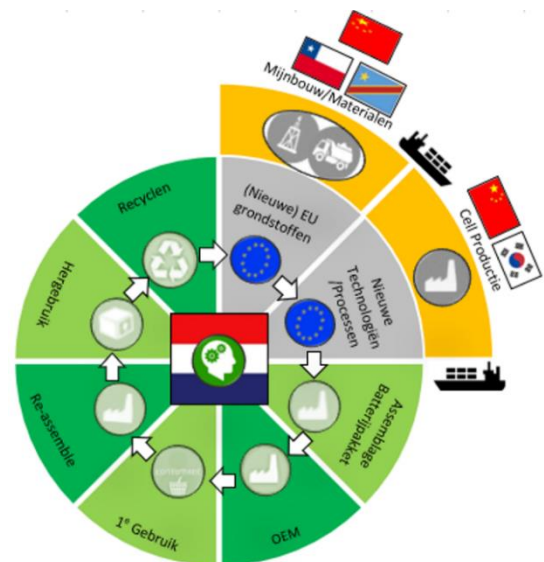
Daarnaast speelt de groeiende eis voor geopolitiek neutrale productie en grondstoffen. Dit versterkt de noodzaak om meer Europese onafhankelijkheid te creëren en vervangende grondstoffen van Europese bodem te zoeken. Momenteel beschikken Scandinavië en Portugal bijvoorbeeld over lithiumvoorraden in hun bodem.

Ondanks dergelijke zorgen lijkt de combinatie van hernieuwbare energiebronnen en batterijopslag de beste optie om de productie van vuile energie te elimineren. Maar er is snel onderzoek nodig naar vervangers voor geopolitieke en voorraadsafhankelijke kritische materialen.

De Europese Commissie (EC) zet sterk in op een Europese waardeketen rondom duurzame batterijen – van winning van grondstoffen en CRMs (Critical Raw Materials), via productie en utilisatie, tot hergebruik en recycling. Per type batterij is de (potentiële) duurzaamheid zeer verschillend. Batterijtypen voor opslag richten zich veelal op gebruik van materialen die zeer ruim voorhanden zijn (zie ook RVO Battery Landscape Report v1\_0).

Europa en Nederland staan voor de uitdaging om een duurzame productie-industrie voor EU-batterijcellen, met een zo laag mogelijke ecologische voetafdruk, te ondersteunen. Het beste is om de productie naar Europa te halen, zodat we die productie duurzaam kunnen maken en dat moeten we snel doen.<sup>34</sup> Een samenhang tussen bredere ondersteunende en regelgevende kaders ter ondersteuning van de uitrol van batterijen en opslag is dan ook gewenst.

Voor de levenscyclus van batterijen bestaat een model (zie Figuur ). Het Planbureau voor de Leefomgeving heeft daarnaast een circulariteitsladder (R-ladder) uitgewerkt (zie Figuur ). Daarin staan verschillende strategieën (R-strategieën) die bijdragen aan het verminderen van het gebruik van primaire abiotische grondstoffen. Voor circulariteitsstrategieën die hoger op de ladder staan, zijn minder materialen nodig. Daardoor is de milieudruk door grondstoffengebruik ook minder. Hiermee geeft de ladder een prioriteitsvolgorde van hoog naar laag.<sup>35</sup>



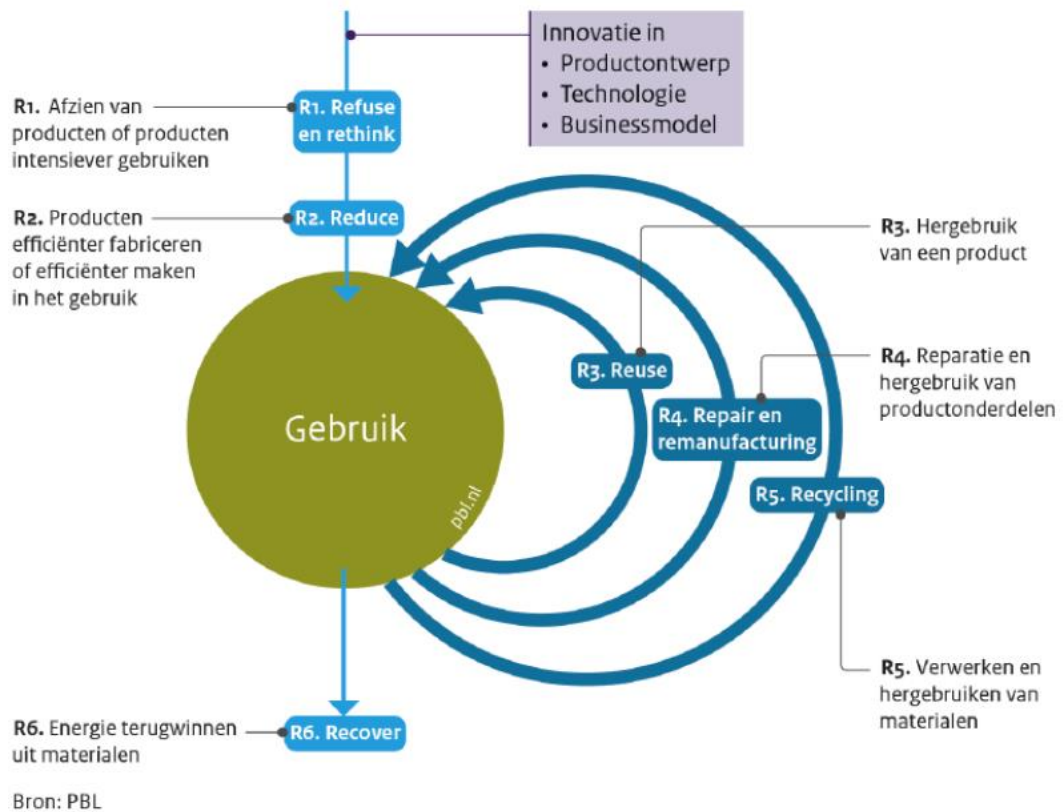
Figuur 14. Schematische weergave Batterij Life Cycle

<sup>33</sup> [Importance of Battery Storage for Sustainable Energy \(thebalancesmb.com\)](https://thebalancesmb.com/importance-of-battery-storage-for-sustainable-energy/)

<sup>34</sup> [Development strategies for heavy duty electric battery vehicles: Comparison between China, EU, Japan and USA - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/S0959652620300000)

<sup>35</sup> [https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-achtergrondrapport-bij-circulaire-economie-in-kaart-3403\\_1.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-achtergrondrapport-bij-circulaire-economie-in-kaart-3403_1.pdf)

## R-ladder met strategieën van circulariteit



Figuur 15. R-ladder met strategieën van circulariteit

## 7. Standaardisatie en regelgeving: om rekening mee te houden

Voor de standaardisatie en harmonisatie van batterijen en accupakketten zijn vormfactoren en afmetingen noodzakelijke aspecten om mee te nemen. Denk bijvoorbeeld aan de beschikbare ruimte in voertuigen. Voor een integraal energiemangement (waarin zowel het transportmiddel als gebruikers en de energieleverancier wordt meegenomen) is het belangrijk de molariteit van het BMS te standaardiseren. Hiervoor is zowel ontwikkeling als ervaringsopbouw nodig. Belangrijk is om de inbreng en de belangen van de Nederlandse industrie op te nemen in de internationale ontwikkeling van standaarden en normen binnen Europa. In dit hoofdstuk zetten we de relevante normen op een rij.

### 7.1 Normen

#### 7.1.1 Europese stoffenwetgeving REACH

REACH staat voor de Registratie, Evaluatie, Autorisatie (en restrictie) van Chemische stoffen. De belangrijkste doelstelling van REACH is het waarborgen van een hoog veiligheidsniveau voor mens en milieu bij de productie en het gebruik van stoffen. De bewijslast voor het veilig produceren, veilig in de handel brengen en veilig gebruiken van (chemische) stoffen is met de invoering van REACH verschoven van de overheid naar het bedrijfsleven. Stoffen, preparaten en hun toepassing moeten door de producent (fabrikant of importeurs, de rechtspersoon die het als eerste op de Europese markt brengt) vanaf 1 juni 2008 geregistreerd zijn, tenzij er gebruik gemaakt is van de preregistratie. De producent moet ervoor zorgen dat zijn afnemers geïnformeerd zijn over zaken zoals de samenstelling, risico's en het gebruik. Zonder registratie mogen stoffen en preparaten in principe niet toegepast worden in de EU.<sup>36</sup>

#### 7.1.2 ADR (Europees verdrag betreffende het internationaal vervoer van gevaarlijke goederen over de weg)

Voor het vervoer van batterijen gelden strikte eisen, vastgelegd in het ADR-verdrag, de internationale overeenkomst voor het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de weg. Hierin staat onder andere exact omschreven waar verpakkingen voor het vervoer van kritische batterijen aan moeten voldoen. Inzamelbedrijven voor batterijen moeten voldoen aan deze ADR-eisen. Deze bedrijven beschikken over verpakkingen om kritische 'niet-transportzekere' batterijen veilig te vervoeren. Een batterij is niet-transportzeker wanneer de batterij onder normale vervoersomstandigheden snel uiteen kan vallen, gevaarlijk kan reageren of een vlam dan wel een gevaarlijke hitte-ontwikkeling of een gevaarlijke uitstoot van giftige, bijtende of brandbare gassen of dampen kan veroorzaken.<sup>37</sup>

#### 7.1.3 PGS 37-norm voor opslag batterijen

Op dit moment is er nog geen richtlijn rondom de opslag van lithiumbatterijen en ook de kennis van de gebruikers is zeer beperkt. Specifiek gericht op de opslag van lithiumbatterijen is daarom de PGS 37-norm in ontwikkeling, deze wordt begin 2022 verwacht.<sup>38</sup>

#### 7.1.4 NPR 3299: 2019-norm voor acculaadstations

In mei 2019 is er een nieuwe versie verschenen van de NPR 3299. Dit gebeurt in het kader van ATEX. Het begrip ATEX staat voor alle situaties met een kans op gas- en stofontploffingsgevaar. Deze situatie komt voor in bedrijven met elektrische voertuigen, zoals heftrucks, veegmachines en stapelaars. De accu's in deze voertuigen moeten er worden opgeladen.

Tijdens het opladen van accu's (let op: niet alle typen accu's) komt er waterstofgas vrij. Hierdoor is er explosiegevaar bij acculaadstations. In een explosie veiligheidsdocument moeten de laadplekken en laadruiden worden beschreven en moet worden bepaald of er sprake is van een ATEX-zone. De nieuwe NPR 3299:2019 is meer in lijn gebracht met de internationale norm voor tractiebatterijen.<sup>39</sup>

<sup>36</sup> <https://www.raivereniging.nl/nieuws/dossiers/duurzaamheid-en-techniek/reach--europese-stoffenwetgeving.html>

<sup>37</sup> <https://am.nl/recyclen-batterijen/wetten-regels/>

<sup>38</sup> <https://certificeringsadvies.nl/pgs-37-dit-weten-we-tot-nu-toe-over-de-norm-voor-opslag-van-lithiumbatterijen/>

<sup>39</sup> <https://www.iab-ingenieurs.nl/de-nieuwe-npr-3299-voor-acculaadstations/>



## 7.1.5 Batterijen/accu-richtlijn (2006/66/EG)

De richtlijn beschrijft voorschriften voor het op de markt brengen van batterijen en accu's. Hierin staat het verbod om bepaalde batterijen en accu's met gevaarlijke stoffen op de markt te brengen. Daarnaast gaat de richtlijn over de inzameling, verwerking, recycling en verwijdering van afgedankte batterijen en accu's.<sup>40</sup>

## 7.2 Regelgeving voor voertuigen en laadsystemen

De communicatie tussen apparaten moet vlekkeloos verlopen. Van belang is welke routes een stuursignaal voor (slim) laden kan volgen en welke talen (ICT-protocollen) hiervoor nodig zijn. De apparaten (laadpaal, auto of via een andere route) moeten niet alleen onderdelen hebben die kunnen communiceren met de buitenwereld. Ze moeten ook met elkaar kunnen 'praten' in dezelfde taal zodat ze elkaar ook verstaan. En die communicatie moet veilig zijn. Dus cybersecurity is van cruciaal belang.<sup>41</sup>

## 7.3 Normen voor vaartuigen

### 7.3.1 Binnenvaart: EU-regelgeving

Regelgeving voor de toegestane techniek aan boord van binnenvaartschepen wordt opgesteld door de Europese instantie CESNI. Deze beheert het technische regelgevingskader ESTRIN, waarin verschillende technische voorschriften zijn opgenomen. Nationale overheden implementeren deze regelgeving vervolgens in nationale wetgeving. Om zeker te stellen dat schepen voldoen aan de eisen, houden onafhankelijke klassenbureaus en keuringsinstanties tijdens de bouw en levensduur van het schip toezicht of schepen aan de gestelde eisen voldoen.

Doordat de regelgeving op Europees niveau wordt opgesteld is er weinig ruimte voor maatwerk. Hier is wel een procedure voor maar die neemt veel tijd in beslag. De opzet van de regelgeving heeft een remmende werking op toepassing van innovatieve ontwikkeling.

### 7.3.2 Zeevaart:internationale regelgeving

In de zeevaart liggen ook kansen voor elektrificeren, maar doordat de benodigde vermogens daar nog hoger liggen dan bij binnenvaart ligt daar nog een technische uitdaging. Daarnaast is de regelgeving voor de zeevaart nog complexer doordat deze binnen de IMO (Internationale Maritieme Organisatie) wordt opgesteld en wereldwijd van toepassing is en meer landen hier dus iets over willen zeggen. Het wetgevingsproces verloopt daardoor erg langzaam.

<sup>40</sup>

<https://www.euronorm.net/content/template2.php?itemID=2297#:~:text=De%20richtlijn%20beschrijft%20verder%20voorschriften,van%20afgedankte%20batterijen%20en%20accu's>

<sup>41</sup> <https://www.elaad.nl/uploads/files/Smart-Charging-Guide/Smart-Charging-Guide-NL.pdf>

## 8. SWOT, conclusie en aanbevelingen

Waar liggen de kansen voor synergie tussen mobiliteit en energie? In dit hoofdstuk trekken we de conclusie. Eerst stellen we een sterkte-zwakteanalyse (SWOT) op. We eindigen met een reeks aanbevelingen.

### 8.1 SWOT

#### Sterkte

- Cross-sectorale samenwerking opent vaak nieuwe inzichten en kansen.
- Investerings kunnen gedeeld worden tussen leveranciers van energie en gebruikers.

#### Zwakte

- Relatief zwakke punten in de Nederlandse kennispositie zijn het aantal octrooien, de afwezigheid van een grote(re) faciliteit ten behoeve van R&D en testen van batterijmaterialen, -cellen en -systemen, organisatiegraad en ondervertegenwoordiging of gebrek aan actieve deelname in belangrijke Europese initiatieven.

#### Kans

- Nederland is koploper op het gebied van EV en laadinfra. Dit kan worden doorgezet naar HD en er kan aansluiting worden gezocht bij EU-standaardisatie.
- Ontwikkeling van batterijen en de vraag van de transportsector spelen energieopslag in de kaart. Aanbeveling hierbij is dat resultaten bij de Topsector Hightech Systemen & Materialen en de Topsector Energie gedeeld worden om parallelle ontwikkelingen te voorkomen en acceleratie te bespoedigen.

#### Bedreiging

- Ontwikkelingen op nationaal niveau kunnen mogelijk door EU-wetgeving nadien onbruikbaar worden (wat leidt tot kapitaalvernietiging en achterstand in de 'time to market').
- Gezien de vereiste hoeveelheden kabels en leidingen is het raadzaam de beschikbaarheid van koper te monitoren. Alternatieve geleiders kunnen mogelijk extra transportverliezen veroorzaken.

## 8.2 Conclusies

1. De komende jaren zal de behoefte aan accu's en accupakketten als product sterk stijgen. Verwacht wordt dat de gehele transportsector (inclusief HD-voer- en vaartuigen) tot elektrificatie zal overgaan (hybride en volledig EV).
2. De ontwikkeling van batterijtechnologie is de laatste jaren in een stroomversnelling geraakt, gedreven door grootschalige investeringen, met name uit de autosector. Naast verbeteringen in prestaties en levensduur, is de verlaging van de kosten misschien wel het meest veelbelovende aspect. Dit komt niet alleen door technologische vooruitgang, maar ook door de opschaling van het productievolume. Toch blijven er aanzienlijke uitdagingen om verder te verbeteren, niet alleen bij de cel, maar ook bij het ontwerp, de integratie, het opladen, het thermische beheer, het lage gewicht en het batterijbeheersysteem (BMS, inclusief elektronica en besturing).<sup>42</sup>
3. HD-batterijen in de maritieme sector bieden extra kansen voor de energiesector om het grid te ondersteunen. Het kan gaan om batterijcontainers, elektrische powerunits en Battery Energy Storage Systems (BESS). Directioneel laden biedt kansen voor nieuwe spelers en verdienmodellen.
4. Toekomstige batterijsystemen zullen een meer geavanceerd BMS vereisen. Dit vereist op zijn beurt vooruitgang op het gebied van chips, schakelaars, sensoren, circuits, besturing en communicatie. Accudata worden een asset met een eigen bijbehorende economische waarde en kunnen de basis vormen voor businessmodelinnovatie en disruptie in de waardeketen. Gezien de te verwachten hoeveelheid data en steeds verder gaande digitalisering zal cybersecurity van cruciaal belang zijn.
5. Het Europese aandeel in de wereldwijde productie van batterijcellen is momenteel slechts 3%, terwijl Azië een aandeel heeft van 85%.<sup>43</sup> Zonder maatregelen en de opbouw van een levensvatbare Europese productiesector voor accu's, kan Europa bij de internationale transitie naar een koolstofarme economie een (onherroepelijke) achterstand oplopen door de afhankelijk van de invoer van de batterijcellen en grondstoffen, die nodig zijn voor de productie van HD-batterijen.
6. Relatief zwakke punten in de Nederlandse kennispositie zijn het aantal octrooien, de afwezigheid van een grote(re) faciliteit ten behoeve van R&D en testen van batterijmaterialen, -cellen, en -systemen, organisatiegraad en ondervertegenwoordiging of gebrek aan actieve deelname in belangrijke Europese initiatieven.
7. Voor de scheepvaart heeft de doorlooptijd voor het opstellen en de implementatie van de internationale regelgeving een remmende werking op de toepassing van innovatieve ontwikkeling voor zero-emissieaandrijving binnen deze sector.

## 8.3 Aanbevelingen

1. Het verdient aanbeveling om een duurzame Nederlandse batterijketen te creëren. Hierbij is het zaak om nationaal en samen met de gehele keten in te zetten op de ontwikkeling van batterijkennis op applicatieniveau en het industrieel opschalen van nieuwe generatie batterijtechnologieën. Aanwezigheid van lokale (of regionale) productie van batterijcellen en batterijpacks kan een impuls geven aan een Nederlands batterij-ecosysteem. Om als BV Nederland maximaal voordeel te behalen is het wenselijk regionale initiatieven te koppelen en op nationaal niveau sturing te bieden. Het BCC kan hierbij een geschikte organisatie zijn.
2. Accu-data zullen een eigen asset zijn met bijbehorende economische waarde. Ze kunnen de basis vormen voor nieuwe businessmodellen bij innovatie en disruptie in de gehele waardeketen. Het verdient aanbeveling om vroegtijdig op Europees niveau aan te sluiten en de dialoog te starten om de implementatie niet te vertragen.

<sup>42</sup> <https://www.hollandhightech.nl/sites/www.hollandhightech.nl/files/Documenten/Roadmaps/Roadmap-Automotive-v1.1-signed.pdf>

<sup>43</sup> Tsiropoulos, I., e.a., Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications – Scenarios for costs and market growth, EUR 29440 EN, Bureau voor publicaties van de Europese Unie, Luxemburg 2018.

3. ElaadNL voorziet een minimale groei van 30-50% tot 2050. Het verdient daarmee aanbeveling om vanuit de energiesector een businessmodel uit te werken. Bij een dergelijk verdienmodel moet er aandacht zijn voor nieuwe spelers zoals datacentra en industriële gebouweigenaren.
4. Europa en Nederland moeten inzetten op een Europese productie-industrie voor batterijcellen met de laagst mogelijke ecologische voetafdruk. Dat moet zo snel mogelijk gebeuren wil het kans van slagen hebben. Het verdient aanbeveling om voor samenhang te zorgen met de bredere ondersteunende en regelgevende kaders ter ondersteuning van de uitrol van batterijen en opslag.
5. Het verdient aanbeveling om aansluiting te zoeken bij Europese initiatieven (zoals Battery2030+, Batteries Europe en de European Battery Alliance). Dit kan een nationale focus versterken op een grote(re) faciliteit ten behoeve van R&D en testen van batterijmaterialen, -cellen en -systemen, organisatiegraad en het voorkomen van ondervetegenwoordiging of gebrek aan actieve deelname in belangrijke gremia. Zo worden industriële kansen niet verkleind.
6. Een mogelijke oplossing om het elektriciteitsverbruik te stabiliseren is Demand Side Response (DSR). Hierbij worden organisaties gestimuleerd om pieken op te vangen of te verschuiven. Het verdient aanbeveling vroegtijdig communicatie op te zetten rondom dit thema.
7. Bij bidirectioneel laden van voertuigen spelen op de achtergrond zaken mee als garantie, verzekeringen en scheiding van verantwoordelijkheden. Zaak is om vroegtijdig met deze partijen in gesprek te gaan om mogelijke obstakels weg te nemen.
8. Vanuit de Topsector Logistiek bestaan datastudies over hoe de logistieke sector internationaal verbonden is. Het is een aanbevelingspunt om de cross-sectorale kansen nader met de Topsector Logistiek te onderzoeken.
9. Netherlands Maritime Technology (NMT) voert gesprekken met energiemaatschappijen en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat over momenten waarop netstabilisatie wenselijk zal zijn en de batterijcontainers (BESS) worden ingeplugd in het net. Om adequaat in te kunnen spelen op een niet geheel voorspelbare behoefte (waterstof speelt immers ook haar rol bij de long haul transport en bij vaartuigen) en de benodigde tijdslijn voor realisatie, is het zaak om dergelijke gesprekken over decentrale energieopslag op het niveau van de Topsectoren voort te zetten en te coördineren.
10. Het verdient aanbeveling om standaardisatie en normering op Europees niveau af te stemmen, waaronder met de CLEPA, de Europese koepelorganisatie voor de automotivetoelieferingsindustrie, zodat standaardisatie en normering in de toekomst breed gedragen worden.
11. Het verdient aanbeveling om de ontwikkeling van waterstof en de bufferfunctie ervan voor duurzame energie in de gaten te houden en te kijken hoe dit aansluit op de inzet van batterijen.

## Bijlage 1 - overzicht technisch benodigde apparatuur

Equipment-lijst	Aanschaf		Beschikbaarheid		
	Powertrain-zijde	Grid-zijde	NL	Buitenland	Ontwikkelkansen NL
Free-standing battery packs	Ja	Ja	Ja	Ja	Next Generation
Vermogens-elektronica: inverters/converters	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee
Pantograaf-charging	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee
AC (Home) chargers	Nee	Ja	Ja	Ja	Nee
DC (Hub/HD) chargers	Nee	Ja	Experimenteel	Experimenteel	Infrastructure trucks
BMS in battery	Ja	Nee	Experimenteel	Nee	Ja
BMS state of health / remaining usefull life - analyse software	Ja	Nee	Nee	Nee	Ja
Loadbalancing systems	Nee	Ja	Ja	Ja	Nee
Smart Charging SW/HW	Nee	Ja	Ja	Ja	Doorontwikkeling
Big data storage	Ja	Ja	Deels	Ja	Ja
Cyber security	Ja	Ja	Deels	Ja	Ja
Isolatiebewakings-apparaten	Nee	Ja	Ja	Ja	Nee
On-board batterijcontainers van 2000 kWh	Ja	Nee	Experimenteel	Nee	Ja
Aansluitingen van 630 kVA scheepvaart	Nee	Ja	Experimenteel	Nee	Ja
Aansluitingen van 2000 kVA scheepvaart	Nee	Ja	Experimenteel	Nee	Ja
Bidirectioneel laden	Ja	Ja	Experimenteel	Nee	Ja
Electrolysers	Nee	Ja	Ja	Ja	Nee
'Netstabilisators'	Nee	Ja	Ja	Ja	Nee
Frequentieregelaars	Nee	Ja	Ja	Ja	Nee

## Bijlage 2 - doorkijk komende 10 jaar

		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Drivers</b>			50% ZE nieuwverkoop (personenauto's)					100% ZE nieuwverkoop (personenauto's)			
			15% minder CO2 tov 2019 (Trucks)					30% minder CO2 tov 2019 (Trucks)			
			30-40 steden ZE voor Trucks								
			100% ZE nieuwverkoop (Bussen)						40% lager moet zijn dan in 2015 Binnenvaart		
<b>Applicaties</b>	<b>Voertuig</b>		Batterij elektrisch								
			Fuel Cell elektrisch								
	<b>Vaartuig</b>		Batterij elektrisch								
			Fuel Cell elektrisch					Exchangeble Container Storage Systems			
	<b>Gridzijde</b>		Batterij Energy Storage systems (BESS)								
			Hydrogen Storage Systems								
<b>Enabling Technologie</b>			Bidirectioneel laden								
			Grid aanpassing / uitbreidinbg								
			Compensatie voor afbouw gaswinning --> Alternatieve energiebronnen								
			Uitbreiding Wind/Zonneparken voor Groene energie								

Figuur 16. Doorkijk energie en mobiliteit komende 10 jaar

## Bijlage 3 – verwijzingen en afkortingen

### Afkortingen

AC	Wisselstroom
BESS	Battery Energy Storage Systems, oplaadbare batterijsystemen om energie op te slaan
BEV	Battery Electric Vehicle, batterijelektrisch voertuig
BMS	Batterijmanagementsysteem
DC	Gelijkstroom
EV	Elektrisch voertuig of elektrisch vervoer
e-PU	Elektrische powerunits
GVB	Gemeentevervoerbedrijf, openbaarvervoerbedrijf in Amsterdam en omliggende gemeenten
HD	Heavy duty, voertuigen of batterijen voor zwaar transport
HW	Hardware
ICE	Internal Combustion Engine, een type verbrandingsmotor
LCV	Light Commercial Vehicle, lichte bedrijfswagen
MMIP	Meerjarige Missiegedreven Innovatie Programma's
OEM	Original Equipment Manufacturer, producenten van auto-onderdelen
Ov	Openbaar vervoer
ROI	Return on Investment, rendement op investeringen
SW	Software
TCO	Total Cost of Ownership, totale gebruikskosten gedurende de levensduur van een product
TEN-T	Trans-Europese Transport Netwerk
TOR	Terms of Reference, taakomschrijving van een project
ZE	Zero emission, geen uitstoot van broeikasgassen
ZES	Zero Emission Services, een consortium in de binnenvaart

## Toepasselijke documenten

Dit gedeelte bevat de lijst met toepasselijke documenten. Een document wordt als toepasselijk beschouwd als het zeggenschap heeft over het huidige document.

[AD-1] TOR

## Referentiedocumenten

Dit gedeelte bevat de lijst met referentiedocumenten. Een document wordt als referentie beschouwd als ernaar wordt verwezen, maar heeft geen zeggenschap over het huidige document.

[RD-1] ElaadNL (2020): Outlook Binnenvaart  
[RD-2] ElaadNL (2020): Outlook E-Trucks Internationale Logistiek  
[RD-3] ElaadNL (2019): Smart Charging Guide  
[RD-4] HTSM (2020): Automotive Roadmap 2020-2030  
[RD-5] NAL (2021): Roadmap Logistieke Infrastructuur  
[RD-6] Natuur & Milieu (2020): De Elektrische Vrachtwagen is in Opkomst  
[RD-7] PBL (2019): Achtergrondrapportage bij Circulaire Economie in kaart  
[RD-8] RVO (2021): Electric Vehicle Statistics in the Netherlands  
[RD-9] RVO (2019): Battery Landscape Report v1\_0  
[RD-10] TNO (2019): Verkenning Batterijen 2: positie NL in de Waardeketen  
[RD-11] MMIP9-10-13

## Bronnen en links

- <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/11/07/mmip-9-en-10-emissieloze-mobiliteit>
- <https://www.topsectorenergie.nl/mmip-13-een-robust-en-maatschappelijk-gedragen-energiesysteem>
- <https://www.ovpro.nl/bus/2020/12/21/meer-dan-duizend-zero-emissiebussen-in-nederlandse-ov/?gdpr=accept>
- <https://www.rtvost.nl/nieuws/1502734/Elektrische-bussen-van-Keolis-vielen-al-300-keer-uit>
- [https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q4\\_Elaad\\_Outlook\\_Binnenvaart.pdf](https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q4_Elaad_Outlook_Binnenvaart.pdf)
- <https://urbanmobilitysystems.nl/off-grid-energy-storage/>
- <https://www.hollandhightech.nl/sites/www.hollandhightech.nl/files/Documenten/Roadmaps/Roadmap-Automotive-v1.1-signed.pdf>
- <https://agendalaadinfrastructuur.nl/ondersteuning+gemeenten/documenten+en+links+per+thema/documenten+in+bibliotheek/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1883889>
- <https://www.benderbenelux.com/kenniscentrum/technologie/it-systeem/isolatiebewaking>
- <https://www.elaad.nl/research/human-behaviour-key-to-success-for-smart-charging/>
- [Automobielmanagement.nl > Slim laadplein met 108 laadstations geopend in Amsterdam](https://www.automobielmanagement.nl)
- <https://www.hollandhightech.nl/sites/www.hollandhightech.nl/files/Documenten/Roadmaps/Roadmap-Automotive-v1.1-signed.pdf>
- <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/>
- [https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance\\_en](https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance_en)
- [https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-clean-hydrogen-alliance\\_en](https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-clean-hydrogen-alliance_en)
- <https://www.hollandhightech.nl/sites/www.hollandhightech.nl/files/Documenten/Roadmaps/Roadmap-Automotive-v1.1-signed.pdf>
- <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/informatie-over-elektrisch-rijden/voordelen-economie>
- [https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/03/Statistics%20Electric%20Vehicles%20and%20Charging%20in%20The%20Netherlands%20up%20to%20and%20including%20February%202021\\_0.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/03/Statistics%20Electric%20Vehicles%20and%20Charging%20in%20The%20Netherlands%20up%20to%20and%20including%20February%202021_0.pdf)
- <https://www.natuurenmilieu.nl/wp-content/uploads/2020/02/De-elektrische-vrachtwagen-in-opkomst.pdf>
- [https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q3\\_Elaad\\_Outlook\\_E-trucks\\_internationale\\_logistiek.pdf](https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q3_Elaad_Outlook_E-trucks_internationale_logistiek.pdf)
- [https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t_en)
- <https://agendalaadinfrastructuur.nl/ondersteuning+gemeenten/documenten+en+links+per+thema/documenten+in+bibliotheek/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1883889>
- [https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q4\\_Elaad\\_Outlook\\_Binnenvaart.pdf](https://www.elaad.nl/uploads/files/20Q4_Elaad_Outlook_Binnenvaart.pdf)



- Kamerbrief strategische aanpak batterijen (+bijlagen). Kamerstukken II 2019-2020, 31 209, nr. 223.
- Tsiropoulos, I., e.a., Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications – Scenarios for costs and market growth, EUR 29440 EN, Bureau voor publicaties van de Europese Unie, Luxemburg 2018.
- Importance of Battery Storage for Sustainable Energy (thebalancesmb.com)
- Development strategies for heavy duty electric battery vehicles: Comparison between China, EU, Japan and USA - ScienceDirect
- [https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-achtergrondrapport-bij-circulaire-economie-in-kaart-3403\\_1.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-achtergrondrapport-bij-circulaire-economie-in-kaart-3403_1.pdf)
- <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2020/01/28/bijlage-3-batterijenstrategie-eindrapportage-batterijverkenning-ii/bijlage-3-batterijenstrategie-eindrapportage-batterijverkenning-ii.pdf>
- <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2020/01/28/bijlage-3-batterijenstrategie-eindrapportage-batterijverkenning-ii/bijlage-3-batterijenstrategie-eindrapportage-batterijverkenning-ii.pdf>
- <https://www.raivereniging.nl/nieuws/dossiers/duurzaamheid-en-techniek/reach---europese-stoffenwetgeving.html>
- <https://arn.nl/recyclen-batterijen/wetten-regels/>
- <https://certificeringsadvies.nl/pgs-37-dit-weten-we-tot-nu-toe-over-de-norm-voor-opslag-van-lithiumbatterijen/>
- <https://www.iab-ingenieurs.nl/de-nieuwe-npr-3299-voor-acculaadstations/>
- <https://www.euronorm.net/content/template2.php?itemID=2297#:~:text=De%20richtlijn%20beschrijft%20verder%20voorschri, van%20afgedankte%20batterijen%20en%20accu's.>
- <https://www.elaad.nl/uploads/files/Smart-Charging-Guide/Smart-Charging-Guide-NL.pdf>
- <https://www.vdlenergysystems.com/energietransitie/toepassingen/elektrolyse-en-brandstofcellen>
- <https://www.tubantia.nl/enschede/twentse-samenwerking-in-waterstof-demcon-en-vdl-bouwen-elektrolyser~a35a9003/>
- V-model - Wikipedia
- Vehicle Energy Consumption calculation TOol - VECTO | Climate Action (europa.eu)

## Bijlage 4 - Battery Competence Center (BCC)

Het BCC is een samenwerking waar verschillende bedrijven, kennisinstellingen en publieke organisaties georganiseerd zijn om de transitie naar elektrische voer- en vaartuigen te versnellen. Het doel van het BCC is om nationaal expertise en kennis op te bouwen rond batterijtechnologie en de toepassing ervan in verschillende HD- en industriële markten. In de snelgroeende EV-markt is het opzetten van een BCC noodzakelijk. Punt van aandacht blijft wel of de kennisdeling optimaal verloopt als er concurrentieposities ontstaan.

### Raamwerk actieplan met de relevante partijen uit de sectoren en de invulling van gaps

Vanuit de industrie zijn 7 hoofdaspecten benoemd voor een actieplan. Dat actieplan moet de komende 2 jaar ontwikkelingen rond batterijtechnologie voor de mobiliteit en het energienet gaan ondersteunen. Deze hoofdaspecten zijn:

1. pakket van eisen
2. conceptontwerpen
3. systeemontwikkeling
4. assemblage en serieproductie
5. testen
6. cloudmonitoring en data-analyse (BMS-data)
7. ecosysteemontwikkeling en businessmodellen (circulaire verdienmodellen)

Deze hoofdaspecten zijn inhoudelijk verder uitgewerkt om sturing te geven aan de uitvoer en de inhoudelijke vraagstukken van een Nationaal Batterij Competentie Centrum.

#### 1. Pakket van eisen

De prototypebatterijpakketten die worden ontwikkeld moeten toepasbaar zijn voor uiteenlopende toepassingen van alle aangesloten OEM's. Denk aan bussen, trucks, schepen en de energiesector. Voor elke applicatie zijn meerdere varianten denkbaar vanwege verschillende formaten en de specifieke eisen van typische eindgebruikers. Er is daarom een modulaire batterijconcept nodig waarbij een zo groot mogelijk deel bruikbaar is voor alle toepassingen. Bij voorkeur is de modulariteit op een zo hoog mogelijk niveau: niet op cel-, maar minimaal op module- en liever nog op batterijpakketniveau. In de uiteindelijke applicatie kan dan geschaald worden naar een geschikt RESS (Rechargeable Energy Storage System, een volledig systeem van batterijpakketten). Ook moet in de ontwikkeling al rekening worden gehouden met de recyclebaarheid van de batterijpakketten in de selectie van materialen en samenstellingsmethodieken.

Cross-sectorale partijen zullen gezamenlijk een pakket van eisen en wensen moeten opstellen waarin de belangen van alle partijen vanuit hun toepassingen worden behartigd. Daarin spelen ook zaken mee zoals gewicht, grootte en vorm. Daarnaast zullen in dit werkpakket (WP) ook een set van KPI's (Key Performance Indicators) moeten worden gedefinieerd. Hiermee kunnen de prestaties van de te ontwikkelen batterijpakketten gevalideerd worden met tests in WP5. Het kan gaan om prestaties van het batterijpakket zelf zoals het vermogen, capaciteit en de laadcyclus. Ook de testcondities en te volgen protocollen zullen hieruit gedefinieerd moeten worden, uitgaande van de verschillende toepassingen. Daarnaast moet worden gedefinieerd hoeveel pakketten gemaakt moeten worden voor welk testdoel, zoals de performance, compliance en in-vehicle tests.

#### 2. Conceptontwerpen

Er wordt een benchmarkonderzoek gedaan op de batterijcel, batterijmodule, het batterijpakket en het batterijmanagement systeem (BMS). Dit benchmarkonderzoek moet herhaald worden gezien de dynamiek in deze technologiemarkt. Belangrijk onderdeel van dit benchmarkonderzoek is een toevoerketenanalyse en het analyseren van de mogelijkheid om inkoopvolumes van batterijcellen te bundelen. Daarbij zullen conclusies getrokken moeten worden over de haalbaarheid ervan. Als de haalbaarheid is aangetoond, zal het onderzoek de mogelijkheden in kaart moeten brengen (op basis van celtypen en volumes) en verkennen welke overige Nederlandse bedrijven in de toevoerketen daarbij aan kunnen sluiten in de toekomst.

Gebaseerd op het pakket van eisen moeten mogelijke concepten worden opgesteld en uitgewerkt met simulatiemodellen en waar nodig in de vorm van fysieke componenten (3D-geprinte componenten). Deze concepten kunnen mogelijk verschillen in modulariteit, type en formaat.

Ter ondersteuning van het maken van beargumenteerde keuzes zullen er ook componenttesten moeten worden uitgevoerd, met name met de kerncomponent van een batterijpakket: de batterijcellen. Door hardware-in-the-loop-tests (HIL-tests) van verschillende celopties, chemie en vormfactoren kan een beargumenteerde keuze worden gemaakt die gebaseerd is op realistische condities. Bij dergelijke testen gaat het vooral om performancetesten van cellen onder realistische condities, waarmee capaciteit, energiedichtheid, efficiëntie en andere relevante parameters per celtype of optie in kaart kunnen worden gebracht onder verschillende condities (zoals SoC-levels, celtemperatuur en stroom).

① *Het is aan te bevelen dergelijke testen conform het V-model<sup>44</sup> uit te voeren (Verificatie & Validatie) voor de feitelijke onderbouwing van testresultaten voor toekomstige certificatie en keurmerken.*

Concepten zullen vervolgens beoordeeld en vergeleken moeten worden, om een uiteindelijke keuze te maken. Dit zou mogelijk ook een combinatie van enkele concepten kunnen zijn als zou blijken dat een uniform concept (one-fits-all) niet haalbaar zou blijken.

### 3. Systeemontwikkeling

Een vanuit selectiecriteria voortgekomen concept zal moeten worden uitgewerkt tot een finaal ontwerp, zowel mechanisch als elektrisch en thermisch. In het ontwerp zal rekening moeten worden gehouden met de maakbaarheid van individuele componenten en de assembleerbaarheid van het geheel (Design For Assembly (DFA): met zo min mogelijk onderdelen). Ook zal ontwerp zodanig moeten worden opgezet dat het recycleproces wordt vereenvoudigd door rekening te houden met een eenvoudige demontage van componenten en het gebruik van duurzame, herbruikbare en eenvoudig recyclebare materialen (Design For Dis-assembly (DFD)).

Individuele componenten zullen in een vroeg stadium moeten worden getest en getoetst. Denk bijvoorbeeld aan bekabeling, connectoren, high-voltage contactors, een BMS en communicatie-interfaces. Een deel van deze componenten kan op basis van beschikbare informatie (datasheets) worden getoetst, terwijl andere delen apart getest dienen te worden op de inpassing binnen het concept.

Performance- en compliancetests moeten er zoveel mogelijk voor zorgen dat er minimale ontwerpiteraties nodig zijn om te voldoen aan het pakket van eisen. (Verificatie en validatie (V&V) verloopt volgens het V-model.)

Parallel aan het ontwerp zal er ook de ontwikkeling van een MST (Modular Simulation Tool) moeten plaatsvinden. Die kan worden gebruikt om tot een juiste schaling van de batterijsystemen per applicatie te komen. Deze tool modelleert het elektro-thermische gedrag van de batterijpakketten, waarin met behulp van typische gebruiksprofielen een inschatting van de gebruiksduur berekend wordt. Daarnaast zullen de modellen in de MST gebruikt worden voor de ontwikkeling van algoritmes om de State-of-Health (SoH) en Remaining-Useful-Life (RUL) te bepalen.

### 4. Assemblage en serieproductie

#### Nieuw te fabriceren prototypen

Met betrekking tot de ontwikkeling van de prototypen zal er continu een iteratief proces plaats vinden van ontwerpen, fabriceren, testen, aanpassen, fabriceren, testen, etcetera.

Vanuit het pakket van eisen zal gedefinieerd moeten worden hoeveel pakketten voor welk doel gemaakt moeten worden (denk bijvoorbeeld aan V&V-testen van de performance en in-vehicle-testen). Aan de hand van testresultaten van de performance moet worden bepaald of en welke ontwerpiteraties er nodig zijn die leiden tot het aanpassen van een bestaand prototype of het fabriceren van een nieuw prototype van het batterijpakket.

Er moet begonnen worden met het fabriceren van individuele componenten, terwijl gelijktijdig inkoopdelen worden verworven. Zodra de componenten beschikbaar zijn, moeten er allereerst batterijmodules gefabriceerd worden die kunnen worden onderworpen aan performancetesten. Na de benodigde iteraties (testen, aanpassing ontwerp, aanpassing prototype, testen) worden daar waar mogelijk compliancetests uitgevoerd op enkele modules, om

<sup>44</sup> [V-model - Wikipedia](#)

vervolgens een nieuwe batch modules te fabriceren waarvan batterijpakketten worden geassembleerd (inclusief benodigde mechanische, elektrische en thermische additionele componenten).

Als de performancetests op het niveau van een batterijpakket ook succesvol zijn afgerond, kunnen de finale prototypen (met de uit de testresultaten voortgekomen benodigde aanpassingen) worden geassembleerd. Deze zullen uiteindelijk ook in (test)voer- en vaartuigen moeten worden ingebouwd voor de eerste operationele compliancecheck.

## **Opschaling naar serieproductie**

Na de prototypefase zal het gevalideerde productontwerp naast technische compliance ook moeten voldoen aan eisen rondom wetgeving en maakbaarheid. Parallel aan het produceren van het prototype is dus van belang dat de productieprocessen voor kleine en mediaantallen onderzocht worden. Denk hierbij aan zaken als: hoe ga je opschalen naar serieproductie? Wat voor protocollen komen daarbij kijken? Hoe richt je in-line-testprocessen in? Zijn er extra veiligheidseisen nodig rondom de productieomgeving?

In deze pilotlijn zal het gaan om het produceren van batterijpakketten vanaf module-niveau ('module-to-pack') in kleine en mediumvolumes. Daarbij moet de behoefte van de eindgebruiker worden meegenomen. Er zullen proeven worden gedraaid met de handling van batterijmodules en -pakketten, procesflows en taktijden. Hiermee kan bepaald worden wanneer je welke activiteiten automatiseert (vanaf welke aantallen) en welke je handmatig blijft afhandelen.

Ook moet worden onderzocht hoe de productieprocessen het beste ingericht kunnen worden, maar ook hoe ze wetmatig en technisch ingericht moeten worden. Hoeveel lithiumbatterijen mag je bijvoorbeeld in je productiefaciliteit hebben liggen? Welke doorlooptijd heb je nodig en welke veiligheidseisen komen erbij? Daarna moet gedefinieerd worden welke in-line-tests er uitgevoerd moeten worden en hoe deze in te passen. De tests zullen uiteindelijk een basis vormen om te onderzoeken en te toetsen welke risico's er ontstaan bij veranderingen in de batterijsamenstelling, het -ontwerp en de productieprocessen. Deze pilotlijn richt zich dus op kennis van het productieproces en niet zo zeer op productkennis van de batterij.

De pilotlijn zal vervolgens leiden tot een blauwdruk van hoe optimaal opgeschaald kan worden naar serieproductie. Zo ontstaat de kennis om conform Nederlandse en Europese wetgeving een kwalitatief product te kunnen produceren.

## **5. Testen**

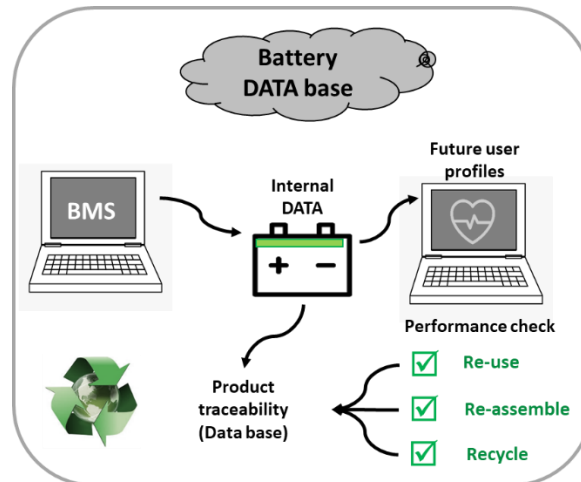
Zodra de eerste prototypemodules zijn geassembleerd, zullen deze op performance moeten worden getest. Door te testen op kleinere schaal (modules) kunnen fouten sneller opgespoord worden en iteraties elkaar sneller en goedkoper opvolgen. Het kan leiden tot vereiste aanpassingen in het ontwerp en het prototype.

Zodra de tests op moduleniveau naar behoren zijn afgerond en de resultaten matchen met het pakket van eisen en KPI's, kunnen prototypebatterijpakketten worden gefabriceerd. Deze moeten vervolgens ter validatie wederom op performance worden getest. Nu kan ook de connectie tussen modules en de performance van het gehele systeem worden gevalideerd. Deze resultaten zijn ook bruikbaar voor simulaties op voertuigniveau om de toepassing van deze pakketten in de voer- of vaartuigen van OEM's te toetsen.

## **6. Cloudmonitoring en data-analyse (BMS-data)**

Naast de standaard vereiste BMS-functionaliteit om de batterijpakketten correct te laten functioneren zullen ook geavanceerde algoritmes moeten worden opgezet. Hiermee kun je een nauwkeurige, realistische waardebeoordeling doen van de batterijen en het optimale moment kiezen voor hergebruik (een second life-applicatie) of recycling. Deze gegevens zijn ook van belang om de kwaliteit van het gebruik van de batterij te monitoren en zodoende de klant te kunnen informeren over de (toekomstige) kwaliteit.

Het BMS ondersteunt de performance, het snelladen, remote monitoring en diagnostiek. Voor de batterijpakketten zal een State-of-Health (SoH) algoritme in de BMS worden geïmplementeerd. Deze analyseert regelmatig hoe 'gezond' het pakket is en maakt communicatie mogelijk met een dataopslagsysteem (eventueel naar de cloud). Het dataopslagsysteem verzamelt deze informatie. Daarnaast zal een algoritme worden geïmplementeerd voor een inschatting van de Remaining-Useful-Life (RUL). Hiermee krijg je een periodieke inschatting van de resterende levensduur afhankelijk van het gebruikersprofiel en de toepassing van het batterijpakket.



**Figuur 17. Datasysteem van batterijen**

De functionaliteit van beide algoritmes worden geverifieerd met verouderingstests. Je laat een groot aantal batterijcellen onder verschillende condities verouderen om zodoende tot een betrouwbare verificatie van de algoritmes te komen.

Gebaseerd op de SoH- en RUL-inschattingen zal er ook een algoritme worden opgezet dat met deze informatie een waardebeoordeling opstelt voor de batterijpakketten aan het einde van hun levensduur. Hiermee kan een beargumenteerde keuze voor een geschikte second life-applicatie of recycling worden gemaakt of een onderbouwde waardebeoordeling voor een garantiefonds. Beide algoritmes kunnen aan de BMS worden gekoppeld via een cloud interface.

Het BMS en de koppeling met beide algoritmen kan resulteren in een eerste blauwdruk van een batterijpaspoort. Dit is inclusief track and trace-gegevens voor bijvoorbeeld reparatie en vervanging. Dit is belangrijk om bij servicevragen van eindgebruikers de juiste acties te ondernemen en kwaliteitsgaranties af te geven. Daarnaast zijn de gegevens van de batterij(componenten) van belang om aan toenemende restricties vanuit de Europese Unie te voldoen en verantwoording af te kunnen leggen (richting de klant en richting toezichhoudende instanties).

Gegevens om in het batterijpaspoort te overwegen:

1. Naam producent
2. Merk en type batterij
3. Herkomst materialen
4. Datum productie batterij
5. Datum ingebruikname
6. Gemiddelde Depth of Discharge (DoD)
7. State-of-Health (SoH)
8. kWh out (hoeveelheid leverbare energie)
9. Remaining-Useful-Life (RUL)
10. Eventuele aanvullende (onderhouds)historie (zoals een vervangen module)
11. Recycledata (als de batterij het einde van zijn levenscyclus heeft bereikt (End of Life))

## 7. Ecosysteemontwikkeling en businessmodellen (circulaire verdienmodellen)

### Ecosysteemontwikkeling

Om een sterk ecosysteem voor batterijen te ontwikkelen is het van belang nationaal een cross-sectoraal batterijplatform te creëren om bedrijven en kennis met elkaar verbinden. Er zal gekeken worden hoe deze samenwerking het meest optimaal kan worden voortgezet naast de BCC-samenwerking. Hiervoor zullen de brancheverenigingen RAI Automotive Industry NL en Netherlands Maritime Technology (NMT) in samenwerking met Brainport Development actief een community opbouwen van nationale partijen die behoefte hebben aan een gedeeld batterijprogramma. Het bouwen van dit batterij-ecosysteem is belangrijk om:

1. leercurves te versnellen voor onder meer kennis over de supplychain, wet- en regelgeving, protocollen in productieomgeving en veiligheid;

2. één geluid richting de nationale overheid en de Europese Unie te vormen;
3. bijdragen te leveren aan technologie-roadmaps en onderzoekagenda's vanuit industriële behoeften;
4. one-stop-shop te bieden voor informatie over onder meer testfaciliteiten, regelgeving, processen en wetten;
5. verbindingen te leggen met (internationale) partners en klanten;
6. het Nederlandse batterij-ecosysteem internationaal te promoten en te verbinden aan internationale samenwerkingen en funding-mogelijkheden.

Hierbij is het belangrijk dat de verbinding wordt gelegd en kennisuitwisseling plaats zal vinden met overige relevante onderwerpen in de batterijketen als:

1. recycling, re-use en second use
2. nieuwe generatie batterijcellen en -materialen, productietechnologie
3. stationaire opslag en infrastructuur

Een belangrijk onderdeel van het ontwikkelen van het batterij-ecosysteem is het openstellen van de test- en productiefaciliteiten voor derden, zoals mkb-bedrijven en start-ups. Hiervoor zal een businessmodel uitgewerkt moeten worden. De basis hiervoor is een inventarisatie van de behoefte vanuit de industrie naar aanvullende batterijfaciliteiten. Dit kan gebeuren op basis van een analyse van de momenteel aanwezige batterijfaciliteiten en testapparatuur in Nederland.

## Businessmodellen

Ook het toepassen van de opgedane kennis uit bestaande businessmodellen, om deze te heroverwegen en mogelijk nieuwe businessmodellen te kunnen ontwikkelen, is een extra mogelijkheid om tot gestandaardiseerde methodieken te komen.

Technologische ontwikkelingen hebben een grote impact op op de bestaande businessmodellen. Er is sprake van onzekerheid en onbekendheid met de technologie en dat zorgt voor risico's op functionaliteit, betrouwbaarheid en prestaties, zowel van de technologie als de eindproductie. Om nieuwe technologieën succesvol in te zetten zal de aansprakelijkheid in verhouding gebracht moeten worden tot het verdienpotentieel. Dit betekent dat per marktsegment de gewenste impact van de nieuw ontwikkelde technologie moet worden ingeschat. Hiervoor kan de productplanning van OEM's gekoppeld worden aan de technologieontwikkeling. Zo'n analyse kan helpen om de investeringsverhouding te beoordelen, keuzes in de ontwikkelfase van nieuwe producten te onderbouwen en de resultaten daaruit te valideren. Mogelijkerwijs vormt het ook het uitgangspunt voor de protocollen in de testfase zodat de opgeleverde technologie succesvol integreert in eindproducten. Dit kan ook leiden tot een inspanning in het analyseren van alternatieve businessmodellen om technisch onoplosbare risico's alsnog te mitigeren en aansprakelijkheid in balans te houden met verdienpotentieel van opgeleverde technologie.

## Verdienmodellen betrokken partijen

Vanuit industriepartijen wordt er terughoudend gereageerd op het vrijgeven van de wijze waarop partijen hun TCO berekenen. Voor algemene TCO-berekeningen zijn diverse modellen te vinden.<sup>45</sup>

Dergelijke TCO-berekeningen gaan echter niet uit van de batterij als product maar als onderdeel van een voer- of vaartuig. Belangrijk is wel dat de TCO van een batterij, gekoppeld aan initieel beoogd gebruik, doorgerekend wordt in de totale levenscyclus (van basisgrondstof tot en met gerecycled materiaal).

Om hier stappen in te ondernemen zou ook gekeken moeten worden naar de wetsbepaling. Die stelt dat partijen die het product als eerste in de markt zetten, de garantieverstrekkers zijn. Nadeel hiervan is dat de batterij dan al is opgegaan in een eindproduct terwijl de batterij voor een OEM ook slechts een inkoopproduct is. Beter zou zijn om voor batterijen een productstrategie te hanteren zodat de batterijproducent rechtstreeks verplicht kan worden (via standaardisatie, normering en keurmerken voor batterijen en keuringsapparatuur). Uiteindelijk kan zo ook een EU-compliance afgedwongen worden voor batterijleveranciers om ongewenste sociale en ecologische gevolgen tegen te gaan.

<sup>45</sup> Zie bijvoorbeeld: <https://www.topsectorlogistiek.nl/download/tco-vracht/>. En: [Vehicle Energy Consumption calculation Tool - VECTO | Climate Action \(europa.eu\)](#)

