

# Second-life toepassingen autobatterijen

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

**Rapport nr.:** 21-0653, Rev. 3

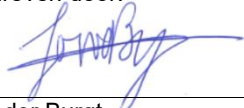
**Datum:** 15 december 2021



Projectnaam: Energy Systems  
Rapport titel: Second-life toepassingen autobatterijen  
Klant: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland,  
Contactpersoon klant: Claire van der Hulst  
Datum uitgave: 15 december 2021  
Project nr.: 10277593  
Organisatie unit: RA/STR  
Rapport nr.: 21-0653, Rev. 3

DNV Netherlands B.V.  
Utrechtseweg 310-B50  
6812 AR Arnhem  
Tel: 026 356 9111  
Handelsregister Arnhem 09006404

Geschreven door:



J. van der Burgt,  
Principal Consultant

Beoordeeld door:



B. in 't Groen  
Senior Consultant

Goedgekeurd door:



K. Broess  
Business Lead Storage

J. Hendricks,  
Consultant

Novy Francis,  
Engineer

Martijn Huibers,  
Team Lead

Copyright © DNV 2021. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

DNV Distributie:

- Open  
 Intern  
 Commercieel vertrouwelijk  
 Vertrouwelijk  
 Geheim

\*Specificatie distributie: --

Trefwoorden:

--

Rev.	Datum	Reden van uitgave	Auteur	Beoordelaar	Goedkeurder
0	07-06-2021	Eerste uitgave	J. v.d. Burgt et al.	B. in 't Groen	K. Broess
1	30-06-2021	Revisie	J. v.d. Burgt et al.	B. in 't Groen	K. Broess
2	25-11-2021	Revisie	J. v.d. Burgt et al.	B. in 't Groen	K. Broess
3	15-12-2021	Revisie	J. v.d. Burgt et al.	B. in 't Groen	K. Broess

## Inhoudsopgave

1	SAMENVATTING.....	1
2	INLEIDING.....	2
2.1	Aanleiding	2
2.2	Leeswijzer	2
3	SECOND-LIFE TOEPASSINGEN.....	3
3.1	Inleiding	3
3.2	Batterij-informatie	3
3.3	Algemene eisen aan second-life batterijen	4
3.4	Selectie van second-life toepassingen	5
3.5	Geselecteerde second-life toepassingen en hun specifieke eisen	7
3.6	Waardeketen	8
4	WAARDE VAN SECOND-LIFE BATTERIJEN.....	10
4.1	Inleiding	10
4.2	Verdienmodel en haalbaarheid	10
4.3	Nettowaarde van gebruikte batterijen	10
4.4	Aanbod van gebruikte EV-batterijen	14
5	RANDVOORWAARDEN VOOR GEBRUIK EN OPSLAG VAN GEBRUIKTE EV-BATTERIJEN.....	17
5.1	Inleiding	17
5.2	Technische en kwaliteitsaspecten	17
5.3	Veiligheidsaspecten	17
5.4	Financiële aspecten	18
5.5	Wet- en regelgevingsaspecten	19
5.6	Overige aspecten	20
5.7	Toepassing bestaande regelgeving bij marktintroductie second-life batterijen	22
5.8	Hergebruikte batterijen op de vrije markt	22
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	24
6.1	Conclusies	24
6.2	Aanbevelingen	25
7	REFERENTIES.....	26
	APPENDIX A - AFKORTINGEN.....	27
	APPENDIX B - LITHIUM-ION BATTERIJEN EN HUN EIGENSCHAPPEN.....	28
	APPENDIX C - TOEPASSINGEN VAN ENERGIEOPSLAGSYSTEMEN.....	30
	APPENDIX D - ANTWOORDEN OP ONDERZOEKSVRAGEN.....	33
	APPENDIX E - INTERVIEWS.....	37

## 1 SAMENVATTING

De werkgroep batterijen van het Formule E-Team (FET) wil meer inzicht krijgen in hergebruik van EV-batterijen in zogenaamde second-life toepassingen, inclusief belemmeringen en randvoorwaarden. Ten behoeve van dit inzicht zijn door opdrachtgever RVO namens het FET onderzoeksvragen opgesteld, die in deze studie zijn beantwoord. De volgende soorten bronnen zijn hierbij gebruikt: vakliteratuur, wetenschappelijke literatuur, andere relevante publicaties en websites, inzichten van DNV-experts, DNV's batterijtestgegevens en kernpunten uit interviews met belanghebbende partijen.

EV-batterijen zijn te hergebruiken in bepaalde second-life toepassingen. Wel is de haalbaarheid hiervan sterk afhankelijk van externe factoren zoals regelgeving, keuzes van autofabrikanten en ontwikkeling van de nieuwprijs van batterijen. Uitdagingen qua techniek en veiligheid zijn oplosbaar, maar relatief kostbaar.

De meest geschikte toepassingen voor second life batterijen zijn systeemdiensten voor het elektriciteitsnet (*ancillary services*), noodstroom/UPS, energieopslag achter de meter voor bedrijven en mobiele stroomvoorziening. Eisen aan second-life batterijen in deze toepassingen zijn hetzelfde als aan nieuwe batterijen. Batterij-informatie benodigd voor hergebruik betreft nominale specificaties, huidige prestaties, restlevensduur en veiligheidsrisico. Om de twee laatstgenoemde zaken goed te kunnen bepalen is toegang tot het batterijmanagementsysteem (BMS) nodig, wat momenteel echter vrijwel nooit mogelijk is.

De nettowaarde van second-life batterijen is de komende jaren waarschijnlijk laag of negatief, met uitzondering van speciale gevallen op kleine schaal. In het meest positieve beschouwde scenario waarbij het kostenreducerend effect van diverse maatregelen is meegenomen, levert hergebruik van de batterij dus geen geld op voor de eigenaar van een elektrisch voertuig (EV) en wordt de afschrijving van de auto niet verminderd. Nieuwe batterijen hebben een zodanig lage en nog steeds dalende prijs per kWh, dat ze in bijna alle gevallen een beter alternatief zijn voor mogelijke stationaire toepassingen. Daarnaast bieden nieuwe batterijen andere voordelen zoals garantie, certificering, betrouwbaarheid en schaalgrootte.

Second-life toepassing van EV-batterijen biedt wel waarde in de vorm van duurzaamheid omdat de levensduur van de batterij wordt verlengd. De haalbaarheid van hergebruik is sterk afhankelijk van ontwikkelingen in de auto- en batterij-industrie en van regelgeving. De auto-industrie is bijvoorbeeld bezig met recycling door zelf EV-batterijen terug te nemen en te investeren in recyclingfabrieken. Paradoxaal genoeg kunnen duurzame doelstellingen voor recycling van batterijmaterialen juist de beschikbaarheid van EV-batterijen voor second-life toepassingen doen afnemen. Vanuit het oogpunt van duurzaamheid verdient het de aanbeveling om in te zetten op eerst (lokaal) hergebruik en daarna pas op recycling, zeker als die buiten Europa plaatsvindt.

Op basis van bovengenoemde inzichten zijn een aantal aanbevelingen geformuleerd. Als "no regret" maatregelen kunnen worden beschouwd: het afdwingen van aanpassingen aan EV-batterijen (*second-life-ready* ontwerp, standaardisering, BMS toegankelijk maken), het neerleggen van risico's bij de juiste partij en kennisdeling/training met betrekking tot technische en veiligheidsuitdagingen. Overige aanbevelingen zijn veiligheidschecks / testen in bepaalde gevallen, specifieke ondersteuning voor opstarten en schaalvergroting van second-life activiteiten, Europese en Nederlandse wetgeving specifiek voor hergebruik en second-life bedrijven stimuleren niet alleen gebruikte batterijen toe te passen.

## 2 INLEIDING

### 2.1 Aanleiding

De werkgroep batterijen van het Formule E-Team (FET) wil meer inzicht krijgen in de second-life toepassingen binnen en buiten het autodomain, inclusief de bijbehorende keten en het verdienmodel voor Nederlandse partijen voor hergebruik van aandrijfbatterijen uit elektrische (personen)auto's. Het kan hierbij gaan om hergebruik van het gehele batterijpakket of hergebruik van de onderdelen in het batterijpakket (cellen, BMS en omvormer) in second-life toepassingen. Verder wil de werkgroep de belemmeringen en randvoorwaarden met betrekking tot hergebruik in kaart gebracht krijgen.

RVO heeft namens het FET deze studie laten uitvoeren om meer inzicht in bovengenoemde zaken te scheppen. Naast (inter-)nationale kennis en ervaring wordt hierbij ook gebruik gemaakt van interviews met belanghebbenden, omdat de perspectieven en meningen van partijen in de waardeketen relevant zijn voor de beantwoording van de onderzoeksvragen. Verder heeft op meerdere momenten overleg met het FET plaatsgevonden, waarbij feedback is gegeven op (voorlopige) onderzoeksresultaten.

### 2.2 Leeswijzer

Een samenvatting van dit rapport wordt gegeven in het eerste hoofdstuk, terwijl deze inleiding het tweede hoofdstuk vormt. In de daaropvolgende hoofdstukken 3, 4 en 5 staan de resultaten van dit onderzoek, met analyse en onderbouwing. Hoofdstuk 3 focust op toepassingen van second-life batterijen, waarbij eigenschappen, aanbod en de waardeketen ook aan bod komen. De waarde van gebruikte EV-batterijen en andere financiële aspecten komen aan bod in hoofdstuk 4. Randvoorwaarden voor gebruik en opslag van gebruikte EV-batterijen worden behandeld in hoofdstuk 5. De conclusies en aanbevelingen van dit onderzoek staan in hoofdstuk 6.

Appendix A, B en C bieden achtergrondinformatie in de vorm van een afkortingenlijst, uitleg over lithium-ion batterijen en hun eigenschappen, en toepassingen voor lithium-ion batterijen. Appendix D bevat de onderzoeksvragen van RVO en korte antwoorden hierop (waarbij details en onderbouwing beschreven zijn in hoofdstuk 3 tot en met 5). In Appendix E wordt uitgelegd hoe, met wie en met welk doel de interviews zijn afgenomen, en de observaties en conclusies uit de gesprekken (als input meegenomen in deze studie) worden samengevat.

## 3 SECOND-LIFE TOEPASSINGEN

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd welke informatie nodig is voor second-life toepassingen en welke informatie daadwerkelijk beschikbaar is. Op basis van selectiecriteria worden de meeste interessante toepassingen geïdentificeerd en nader toelicht. Ten slotte wordt de waardeketen toelicht en de ontwikkeling van het aanbod van gebruikte batterijen. Voor achtergrondinformatie over batterijen en hun eigenschappen en toepassingen wordt verwezen naar Appendix B en C.

### 3.2 Batterij-informatie

#### 3.2.1 Gewenste informatie

Om te bepalen voor welke second-life toepassing een autobatterij kan worden ingezet is de State of Health (SoH) belangrijk. Hoe hoger de SoH, hoe belastender de nieuwe toepassing kan zijn qua aantal en diepte van de ontladingscycli. Voor batterijen aan het eind van hun levensduur voor gebruik in de auto<sup>1</sup> is de toepassingskeuze niet zozeer afhankelijk van informatie over de batterijen, maar voornamelijk een commerciële beslissing.

Het type batterij is niet van belang voor de keuze voor hergebruik: alle Li-ion EV-batterijen zijn vergelijkbaar en hebben vergelijkbare technische eigenschappen, zoals capaciteitsdegradatie en celspanning.

De beschikbaarheid van de hieronder genoemde informatie uit het BMS van de batterij is wenselijk voor zo goed mogelijk hergebruik met betrekking tot de techniek, kosten en veiligheid.

- Basiseigenschappen van de batterij: merk, type, celchemie, afmetingen cel, samenstelling module/pack; BMS-functies, celbouwtype (*cylinder / pouch / prismatic*), koelingsprincipe (lucht of vloeistof).
- Technische specificaties: nominale spanning / stroom / vermogen, originele energiec capaciteit.
- SoH: liefst als percentage van de originele capaciteit. De SoH is de belangrijkste parameter voor de beoordeling van de batterij voor hergebruik. Als de SoH niet bekend is, zou de actuele capaciteit in kWh beschikbaar moeten zijn. Verder heeft het meerwaarde als het historische verloop van de SoH bekend is, bijvoorbeeld een maandelijks waarde<sup>2</sup>.
- Actuele maximale waarde van de stroom of het vermogen (bij laden en rijden).
- Gebruiksgeschiedenis: het aantal cycli dat de batterij heeft gemaakt, liefst gecombineerd met de ontladingsdiepte (DoD) en C-rate<sup>3</sup>. Het aantal equivalente volledige cycli of de totale energie die de batterij geleverd heeft, de zogenaamde *energy throughput*, is een minder informatief alternatief voor gebruiksgeschiedenis.
- Temperaturen: de extreme temperaturen (hoog en laag) die de batterij heeft doorgemaakt, liefst met een datumindicatie. Beter nog is een overzicht van de batterijtemperatuur per tijdseenheid over de levensduur van de batterij.
- Stroomwaarden tijdens het laden en rijden: in ieder geval de extreem hoge waarden die de batterij heeft doorgemaakt, liefst met een datumindicatie.
- Spanningswaarden van de cellen: in ieder geval de extreme waarden (hoog en laag) die de cellen hebben doorgemaakt, liefst met een datumindicatie.

<sup>1</sup> Einde levensduur van de batterij in het EV is doorgaans gedefinieerd als een SoH van 70% of lager.

<sup>2</sup> De SoH als percentage is belangrijk, omdat een batterij met een SoH van ongeveer 50%-60% aan het eind van zijn technische levensduur is en daarna niet meer bruikbaar is. Het percentage (en het tijdsverloop van de SoH) geeft dus een indicatie van de restlevensduur van de batterij.

<sup>3</sup> Een logbestand met vermogen en SoC per tijdseenheid over de levensduur van de batterij is hiervoor geschikt.

- Mechanische schok en trillingen: of en wanneer er overmatige schokken en trillingen op de batterij zijn opgetreden.
- Een overzicht (logbestand) van alle foutcodes uit het BMS en uitslagen van een zelfdiagnostische tests van het BMS.

De genoemde informatie draagt bij aan een zo goed mogelijke inschatting van de restlevensduur van de batterij. Zaken als extreme temperaturen, elektrische stromen en mechanische schokken zijn ook belangrijk om een goede inschatting te maken van de veiligheidsrisico's van de batterij. Brandveiligheid is hierbij het grootste risico qua kans en impact, waarbij brand kan ontstaan op verschillende manieren zoals oververhitting, overladen en interne kortsluiting.

### 3.2.2 Beschikbare informatie

De hierboven genoemde informatie is grotendeels of volledig beschikbaar in het BMS van de batterij. Toegang tot deze gegevens is normaliter beperkt tot de autofabrikant, om de historie van een batterij te kunnen analyseren, met name voor onderzoeksdoeleinden en om de batterij verder te verbeteren. Voor de consument zijn alleen de actieradius van het voertuig en de huidige laadtoestand (SoC) op het dashboard beschikbaar. Deze informatie is nodig om actueel te kunnen inschatten of een te maken reis haalbaar is, of dat er spoedig geladen moet worden. Van deze parameters is alleen de SoC interessant voor een second-life toepassing.

Voor de autobedrijven is veelal iets meer informatie beschikbaar, met name de SoH. Maar ook de SoH is niet bij alle automerken beschikbaar (zie het rapport batterijcheck van TNO en DNV /4/). De overige parameters die genoemd zijn, zijn ook voor autobedrijven niet beschikbaar zonder tussenkomst van de betreffende autofabrikant.

Op dit moment zijn EV-batterijpakketten en hun BMS-en niet universeel. Elke fabrikant heeft zijn eigen variant en al deze varianten zijn niet openbaar uitleesbaar. Huidige second-life toepassingen moeten daarom ofwel in samenwerking met de autofabrikant gebeuren die dan de BMS-data beschikbaar maakt, ofwel het BMS moet losgekoppeld worden en vervangen door een ander BMS (wat een omslachtige oplossing is). Beide situaties zijn niet ideaal voor grootschalig hergebruik van batterijen uit EV's. De oplossing zou in regelgeving gezocht kunnen worden, die de beschikbaarstelling van bepaalde BMS-data voorschrijft, waarbij alleen de SoH niet voldoende lijkt.

### 3.3 Algemene eisen aan second-life batterijen

Alle eisen en normen die voor nieuwe batterijen en hun toepassingen gelden, zijn ook van toepassing op second-life batterijen in een nieuw product of systeem. Het is niet duidelijk aan welke regels een bestaand (en eerder gekeurd) systeem moet voldoen dat geheel of gedeeltelijk wordt aangepast met second-life batterijen.

Het risico dat er iets misgaat met de batterij door een interne oorzaak neemt toe naarmate de batterij verouderd. Dit risico hangt mede af van externe omstandigheden tijdens het gebruik, zoals de temperatuur van de cellen, trillingen en schokken, maar ook van het gebruik zelf, zoals hoge celspanningen en hoge laad- en ontladstromen. Het veiligheidsrisico van een gebruikte batterij, in het bijzonder de kans op het ontstaan van brand, is iets hoger dan dat van een nieuwe batterij. Om de veiligheidsrisico's te reduceren, zouden bij een second-life systeem aanvullende eisen gesteld kunnen worden met name op het gebied van brandveiligheid, zoals:

- Striktere eisen met betrekking tot branddetectie, brandalarm en brandblussystemen. Bij een systeem met nieuwe batterijen is een brandblussysteem bijvoorbeeld niet altijd vereist, wat voor second-life systemen bijvoorbeeld verplicht gesteld zou kunnen worden.
- Extra afstand van het batterijsysteem tot andere objecten.
- Extra eisen voor systemen in gebouwen ten opzichte van vrijstaande systemen.

Gezien het verhoogde veiligheidsrisico zou het wenselijk zijn om een veiligheidscheck uit te voeren. Afhankelijk van de historie van de gebruikte batterij kan deze check meer of minder uitgebreid zijn. De check kan een combinatie zijn van visuele inspectie, analyse van historische data en een testprogramma. In internationale batterijnormen worden weliswaar aandachtspunten en aanbevolen test- en evaluatieprocedures genoemd, maar er worden (nog) geen

expliciete aanvullende eisen gesteld aan second-life batterijen ten opzichte van nieuwe batterijen. De twee leidende normen hiervoor zijn IEC 63338/63330 /1/ en UL 1974 /2/.

Het is mogelijk dat tijdens de levensduur van de batterij de regelgeving veranderd is. Als een gebruikte batterij opnieuw op de markt wordt gebracht in een second life product, dan is dat 'nieuwe' product gebonden aan de huidige veiligheidseisen. Het kan dus zijn dat een 10 jaar oude batterij in zijn eerste toepassing aan minder strenge veiligheidsregelgeving hoeft te voldoen dan een 10 jaar oude second-life batterij die recentelijk opnieuw op de markt wordt gebracht.<sup>4</sup> Wel is het zo dat een acceptabel risicoprofiel van een batterijsysteem niet of nauwelijks af kan hangen van de herkomst van de batterij. Met andere woorden, vanuit het oogpunt van de eindgebruiker geldt dat een systeem naar moderne inzichten veilig moet zijn, of het nu een second-life systeem is of een systeem met nieuwe batterijen.

Een volgend aandachtspunt is de zogenaamde typetest, een soort test waarbij één exemplaar van een nieuw systeem uitvoerig wordt getest en waarbij een succesvolle uitkomst geldt voor alle exemplaren van hetzelfde type. Deze werkwijze is wenselijk bij certificering om het aantal testen beperkt te houden en om destructieve testen (bv. een valtest of kortsluittest) te kunnen gebruiken. Verschillende exemplaren van hetzelfde type systeem met second-life batterijen bestaan vaak uit batterijen met uiteenlopende eigenschappen (ander type, andere leeftijd, andere geschiedenis). Er is dan geen sprake van één type systeem en een typetest kan dus moeilijk of onmogelijk geldig worden verklaard voor alle exemplaren van hetzelfde type. Certificering van zulke systemen van telkens wisselende samenstelling is nog een geheel onontgonnen terrein.

### 3.4 Selectie van second-life toepassingen

Om de meest interessante second-life toepassingen (zie Appendix C voor een overzicht) te kunnen selecteren zijn eerst selectiecriteria opgesteld. De criteria bestrijken uiteenlopende aspecten van een toepassing waarbij de prestaties, functionaliteit of veiligheid van second-life batterijen verschillen van die van nieuwe batterijen. In feite kan hierdoor een totaalbeeld worden gevormd over hoe veeleisend de toepassing is met betrekking tot second-life batterijen; hoe minder veeleisend, hoe geschikter.

- Benodigde energiedichtheid van het systeem.  
Als de energiec capaciteit (SoH) van de batterij is afgenomen, is ook de energiedichtheid (energie-inhoud per volume-eenheid) van de batterij afgenomen. Voor de nieuwe toepassing is dan ten opzichte van nieuwe batterijen meer ruimte nodig voor dezelfde hoeveelheid energie (kilowatturen), of omgekeerd kan minder energie geplaatst worden in een bepaalde ruimte.
- Aantal laad-ontlaadcycli per dag.  
De snelheid van de capaciteitsafname hangt af van het aantal laad-ontlaadcycli: minder cycli per dag betekent een langzamere capaciteitsafname en dus een langere levensduur. De capaciteitsafname per cyclus is groter bij een batterij die reeds een SoH van 80% of lager heeft.
- Ontladingdiepte (depth of discharge – DoD).  
Cycli met een diepe ontlading zorgen voor een snellere capaciteitsafname. Minder diepe onlaadcycli bij een gemiddelde SoC rond 60% zorgen voor een optimale levensduur.
- Veiligheidsrisico.  
Het risico dat er iets mis gaat met de batterij door een interne oorzaak (zoals kortsluiting) neemt toe naar mate de batterij ouder wordt. Externe factoren zoals de temperatuur, trillingen en schokken waar cellen aan zijn blootgesteld over hun levensduur beïnvloeden het veiligheidsrisico, wat daardoor hoger is voor een gebruikte batterij dan voor een nieuwe batterij.

<sup>4</sup> In de (NEN-)JEN 50614 standaard met betrekking tot hergebruik van elektrische apparaten wordt aangegeven dat wet- en regelgeving van toepassing is welke van kracht was ten tijde van het op de markt komen van het oorspronkelijke product. Deze standaard is echter niet expliciet van toepassing voor batterijen. In het voorstel voor de Europese Batterijenverordening, juist specifiek gericht op batterijen, staat een soortgelijke passage. /3/



- **Schaalgrootte van de toepassing.**  
Het is eenvoudiger om een aantal kleine systemen met gebruikte batterijen (bijvoorbeeld 2 EV-batterijen) te realiseren dan een groot systeem (bijvoorbeeld 10 batterijcontainers van 20 voet). Voor een groot second-life systeem is meer afstemming tussen typen van cellen en meer controle voor celbalancerings nodig. Het is veel uitdagender om een grotere verzameling cellen met vergelijkbare SoH te verzamelen (en testen), en/of om een grotere hoeveelheid cellen met uiteenlopende eigenschappen op elkaar af te stemmen.
- **Complexiteit van de aansturing en regeling van de batterij.**  
De aansturing en regeling van nieuwe batterijen wordt speciaal voor de toepassing geleverd. Bij hergebruikte EV-batterijen zijn deze dus gebouwd en ingesteld op toepassing in de auto. Aanpassing voor de second-life toepassing is niet eenvoudig. Naarmate de toepassing een complexere regeling vereist, zijn waarschijnlijk meer gegevens van de batterij benodigd en moet meer aandacht besteed worden aan de interface tussen de batterij en de toepassing (duurdere integratie).

In Tabel 1 hieronder zijn toepassingen van second-life batterijen met elkaar vergeleken op basis van de genoemde criteria. Een plus, nul of minteken in de tabel betekent dat het betreffende aspect van de toepassing gunstig is voor second-life batterijen, respectievelijk neutraal, respectievelijk ongunstig. Hoe hoger de totaalscore<sup>5</sup>, hoe geschikter deze toepassing is voor second-life batterijen. Hierbij is aangenomen dat het om stationaire toepassingen gaat, dus niet om bijvoorbeeld e-bikes of elektrische schepen of treinen. Er zijn nog meer toepassingen denkbaar, maar deze zijn onderdeel van een van de genoemde toepassingen of een variant erop.

Ook is het denkbaar en mogelijk financieel interessanter dat één systeem ingezet wordt voor meerdere toepassingen, tegelijkertijd of afwisselend. Zulke gestapelde toepassingen stellen zwaardere eisen aan de batterij en kunnen daardoor minder geschikt zijn voor second-life batterijen dan de afzonderlijke samenstellende toepassingen.

Bij het berekenen van de totaalscore in onderstaande tabel is aangenomen dat elk criterium even zwaar weegt. In werkelijkheid zal weging per toepassing, per situatie, per belanghebbende (second-life partij, investeerder, ...) etc. verschillen waardoor een kwantitatieve vergelijking moeilijk algemeen te geven is. Toch geeft de hier gebruikte benadering een goede indicatie van interessante toepassingen en redenen daarvoor.

Ten slotte dient opgemerkt te worden dat onderstaande tabel geen informatie bevat over de waarde van elke toepassing (financieel of anderszins). Voor te hergebruiken EV-batterijen lijkt een toepassing waarbij batterijen waardevoller zijn interessanter, maar in de praktijk worden vanuit het perspectief van een toepassing batterijen geselecteerd en niet andersom. Hogere waarde geldt dan ook voor nieuwe batterijen en is geen onderscheidende factor (zie ook hoofdstuk 4).<sup>6</sup>

**Tabel 1 Selectiematrix voor second-life toepassingen**

Toepassing	Systeem-grootte	Energie-dichtheid	Aantal cycli	DoD	Veiligheids-risico	Schaal	Complexiteit aansturing <sup>7</sup>	Totaalscore
<b>Energiehandel</b>	Groot	+	-	-	+	-	0	<b>-1</b>
<b>Ancillary services</b>	Gedistribueerd	+	+	+	+	-	+	<b>+4</b>
<b>Co-locatie met zon of wind</b>	Groot	+	-	-	0	-	0	<b>-2</b>
<b>Congestie-management</b>	Groot	0	0	-	0	-	0	<b>-2</b>

<sup>5</sup> De som van alle scores voor een toepassing, waarbij een + de waarde 1 heeft en een – de waarde -1.

<sup>6</sup> Aanname hierbij is dat beschikbaarheid van nieuwe batterijen geen beperkende factor is.

<sup>7</sup> De scores bij dit criterium reflecteren niet alleen de inherente complexiteit van de aansturing maar ook de volwassenheid en commerciële beschikbaarheid.

<b>Congestie-management - buurtbatterij</b>	Middel-groot	0	0 <sup>8</sup>	-	0	0	0	<b>-1</b>
<b>Zelfconsumptie - thuisbatterij</b>	Klein	-	0	-	-	+	0	<b>-2</b>
<b>Zelfconsumptie - bedrijfsbatterij</b>	Middel-groot	+	0	-	0	+	0	<b>+1</b>
<b>Noodstroom / UPS</b>	Middel-groot	0	+	0	0	+	+	<b>+3</b>
<b>Mobiele energie</b>	Middel-groot	-	+	-	0	+	+	<b>+1</b>

Uit deze selectie komen 4 toepassingen met een positieve totaalscore, waarvoor hergebruikte batterijen het meest geschikt zijn:

1. Ancillary services (gedistribueerd)
2. Noodstroom / UPS (middelgroot)
3. Mobiele energie (middelgroot)
4. Bedrijfsbatterij (middelgroot)

DNV heeft ook gekeken naar second-life toepassingen die op dit moment voorkomen in de markt, en heeft geluisterd naar de bevindingen van de geïnterviewden. Ook daarbij werden vooral Ancillary services en Noodstroom / UPS gevonden, en in mindere mate Mobiele energie en Bedrijfsbatterij.

### 3.5 Geselecteerde second-life toepassingen en hun specifieke eisen

In deze paragraaf worden de hierboven geselecteerde second-life toepassingen nader toegelicht.

#### 3.5.1 Ancillary services (FCR)

Voor systeemdiensten is een groot opslagsysteem nodig, wat nadelig voor second-life batterijen (zie hierboven). Echter, omdat een systeem ook uit meerdere kleinere eenheden kan bestaan die niet per se op dezelfde plaats staan, is deze toepassing toch interessant voor second-life batterijen. Het systeem zal meerdere keren per dag geactiveerd worden, maar meestal slechts voor een klein aantal minuten met daarna een pauze. De energie die steeds geladen en ontladen wordt is dan ook relatief laag, dus de ontlaaddiepte (*depth of discharge* - DoD) is laag. Hoewel het aantal deelcycli groot is, is het equivalente aantal volledige cycli erg laag, wat gunstig is met betrekking tot de capaciteitsafname en restlevensduur van second-life batterijen.

De aansturing van de FCR-toepassing is relatief eenvoudig: op basis van een frequentiemeting moet de batterij geladen of ontladen worden. Als de frequentie weer hersteld is, kan dit stoppen.

Het externe veiligheidsrisico van deze toepassing wordt laag ingeschat, omdat de locatie voor deze toepassing vrij te kiezen is. Er kan dus een veilige plek gekozen worden, ver (>100 meter) van bebouwing of bedrijvigheid.

#### 3.5.2 Noodstroom / UPS

In de noodstroomtoepassing staat de batterij voornamelijk *standby* in nagenoeg volgeladen toestand. Het systeem zal ongeveer eenmaal per jaar in actie moeten komen, waarbij het gedeeltelijk ontladen zal worden. Het aantal laad-ontlaadcycli is dus zeer laag, wat gunstig is voor een second-life batterij. De DoD is bij zo weinig cycli niet van belang. Een typische grootte voor een bedrijfsnoodstroomstelsel ligt in de orde van 1 tot 10 MWh, wat goed past voor second-life systemen. De energiedichtheid is meestal niet kritisch voor een noodstroomstelsel en de aansturing is redelijk

<sup>8</sup> Deze score is afhankelijk van hoe vaak en in welke mate congestie voorkomt. Bij frequente, zware congestie past een '-', als congestie zeldzaam is een '+' (maar wellicht is in dat laatste geval de business case van een batterij niet positief).

eenvoudig. Het veiligheidsrisico is gemiddeld: een noodstroomstelsel kan op afstand van de bedrijfsgebouwen met werkplekken geplaatst worden. Noodstroom/UPS is daarom een goed haalbare toepassing voor een second-life batterij.

### 3.5.3 Mobiele energievoorziening

Voor een opslagsysteem voor mobiele energievoorziening is een laag gewicht een pre, aangezien het systeem vaak getransporteerd wordt. Een grote energiedichtheid is dus wenselijk, wat second-life batterijen juist minder hebben. De ontladdiepte (DoD) is waarschijnlijk groot, wat ook een nadeel is voor second-life batterijen. Echter, een laad-ontlaadcyclus zal slechts ongeveer één à twee keer per week optreden, omdat een systeem mogelijk voor meerdere dagen energie kan leveren en omdat het op dagen van transport waarschijnlijk niet wordt gebruikt. Het lage aantal cycli is dus gunstig voor second-life batterijen. De schaalgrootte is gemiddeld (één zeecontainer) en de aansturing is vrij eenvoudig, wat ook gunstig is voor second-life batterijen.

Bij mobiele energievoorziening staat een systeem over het algemeen achter de schermen bij een evenement. Daardoor is de externe veiligheid goed te controleren. Wanneer een eindgebruiker de batterij een meer prominente plaats geeft, bijvoorbeeld om te laten zien dat het evenement groene energie gebruikt, moet een specifieke risicoanalyse gemaakt worden.

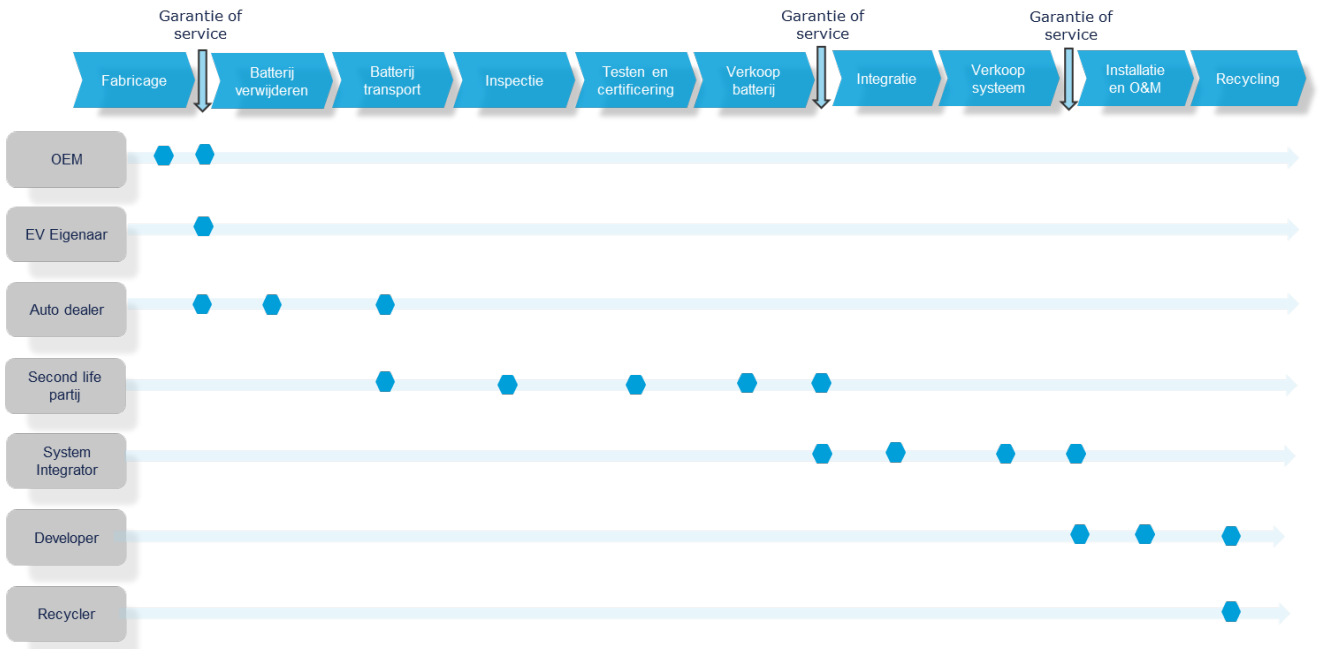
### 3.5.4 Energieopslag achter de meter (bedrijfsbatterij)

Met een bedrijfsbatterij kunnen verschillende toepassingen worden gecombineerd, zoals zelf-consumptie, piekschering (netaansluitkosten besparen), energiehandel en noodstroomvoorziening. Een lage energiedichtheid, dus een groot ruimtebeslag, zal waarschijnlijk geen probleem zijn (afhankelijk van het type bedrijf). Het aantal laad-ontlaadcycli is ingeschat als gemiddeld (gunstig voor second-life batterijen), maar zou ook aan de hoge kant kunnen zijn, als alle genoemde toepassingen parallel uitgevoerd worden. De schaalgrootte past binnen het bereik van second-life batterijen, net als bij de noodstroomtoepassing. Ook het veiligheidsrisico komt overeen met dat van een noodstroomstelsel.

## 3.6 Waardeketen

Figuur 1 geeft een overzicht van de waardeketen van EV-batterijen met daarin de second-life tussenstap /5/. De eerste stap is de vervaardiging van de batterij door de batterij of EV OEM. De batterij gaat over van OEM naar eigenaar. Na eerste gebruik komt deze in de keten weer terug bij de dealer die vervolgens de batterij verwijdert. Op dit punt zal de second-life partij de batterij innemen, inspecteren en testen. Hierna zijn de batterijen klaar voor verdere integratie in een second-life toepassing, doorgaans door een systeem integrator die de batterijen in een stationair systeem zet. Daarna zal het systeem verkocht worden aan bijvoorbeeld een projectontwikkelaar van een stationair batterijproject. Uiteindelijk gaan de batterijen na gebruik in een second-life toepassing richting recycling.

Het kan zijn dat een partij in de keten meerdere rollen op zich neemt waardoor er verticaal kan worden geïntegreerd. Een OEM zou bijvoorbeeld via lease de eerste drie rollen op zich kunnen nemen en ervoor kunnen kiezen om zelf als second-life partij op te treden. Als de OEM er dan ook voor zou kiezen om betrokken te zijn als projectontwikkelaar van stationaire systemen of zelf de recycling in handen te nemen, dan zou er sprake kunnen zijn van volledige verticale integratie. Momenteel is de verwachting dat OEM's ten minste ook recycling zullen gaan oppakken, en in sommige gevallen nemen autodealers nu al rol van de second-life partij op zich.



**Figuur 1** Waardeketen voor EV-batterijen inclusief een second-life toepassing /5/.

## 4 WAARDE VAN SECOND-LIFE BATTERIJEN

### 4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de te verwachte restwaarde van een gebruikte batterij als deze wordt ingezet voor een second-life toepassing. Ook komen verdienmodel en haalbaarheid van second-life toepassingen aan bod, alsook het huidige en verwachte aanbod van gebruikte EV-batterijen.

### 4.2 Verdienmodel en haalbaarheid

Met betrekking tot lithium-ion batterijen voor stationaire opslagsystemen zijn de volgende mogelijkheden denkbaar:

- Nieuwe batterijen specifiek ontwikkeld voor stationaire toepassingen
- Nieuwe EV-batterijen
- Gebruikte EV-batterijen.

Op dit moment worden voor stationaire opslag toepassingen hoofdzakelijk nieuwe batterijen ingezet van het type NMC of LFP, ieder met specifieke technische eigenschappen. Sinds 2020 zijn LFP-batterijen steeds vaker ingezet vanwege de lagere prijs. Daarnaast zijn er in verschillende second-life pilots nieuwe EV-batterijen toegepast. De prijsontwikkeling van batterijen voor de stationaire markt gaat gelijk op met de prijsontwikkeling van EV-batterijen.

De toepassingen voor second-life batterijen kunnen één op één worden gerealiseerd door toepassing van nieuwe batterijen. De bepaling van de restwaarde van een gebruikt batterijpakket, en of deze gerealiseerd kan worden, is daarom voornamelijk afhankelijk van de nieuwprijs van een batterijpakket op het moment dat de gebruikte batterij op de markt komt. In de bepaling van de restwaarde van een second-life batterij kan worden aangenomen dat het verdienmodel voor bijvoorbeeld ancillary services (FCR), thuisopslag en noodstroom/UPS gelijk is aan dat van nieuwe batterijen.

Een belangrijke vraag is of ontwikkelaars van stationaire opslagsystemen en projecten bereid zijn te kiezen voor een tweedehands batterijpakket. De feedback die in meerdere interviews met stakeholders op dit gebied naar voren is gekomen laat zien dat er momenteel weinig tot geen animo is voor de inzet van gebruikte EV-batterijen. Redenen hiervoor zijn met name de significante voordelen van nieuwe batterijen op het gebied van energiedichtheid, performance, veiligheid en levensduur (en bijbehorende garantie). Om deze barrières te overkomen moet er ten minste een sterke financiële prikkel zijn: om een systeemintegrator second-life batterijen te laten overwegen, dan moeten zij significant goedkoper zijn dan nieuwe batterijen. Dwingende regelgeving zou ook een optie kunnen zijn, bijvoorbeeld om bij bepaalde of alle projecten een minimumpercentage aan second life batterijen te vereisen. Zulke regelgeving levert natuurlijk wel hogere kosten op. Bovendien kan het de ontwikkeling van batterijprojecten vertragen of stopzetten, wanneer de beschikbaarheid van second life systemen beperkt is vanwege beperkte stromen gebruikte EV-batterijen (bijvoorbeeld vanwege lange levensduur in de auto en terugname door autofabrikanten).

### 4.3 Nettowaarde van gebruikte batterijen

De nettowaarde van gebruikte batterijen wordt bepaald door het verschil tussen de volgende kosten en opbrengsten:

#### Kosten

- Repurposing  
De kosten die worden gemaakt om het batterijpakket uit een EV om te zetten in een second-life toepassing. Dit zijn onder andere transport, ombouwen en testen.
- Recycling  
Kosten voor het materiele recyclingproces waarbij een gebruikte batterij waarbij zoveel mogelijk van de

bronmaterialen worden teruggewonnen. Dit proces verschilt per type batterij (-chemie) en zal het meest efficiënt zijn voor grote stromen van dezelfde batterijen.

### Opbrengsten

- Technische restwaarde  
Zoals in hoofdstuk 3 beschreven kunnen gebruikte batterijen - afhankelijk van de specifieke business case - een deel van hun resterende capaciteit nog kosteneffectief ingezet worden voor second-life toepassing. Deze waarde kan worden gebaseerd op het verschil in SoH tussen een nieuwe en een second-life batterij. De gebruikelijke aanname is dat een gebruikte EV-batterij pas zal worden ingezet voor een second-life toepassing als een SoH van 70% of lager is bereikt. Van deze restcapaciteit kan, afhankelijk van het batterijtype, nog een deel worden gebruikt voordat de batterij een grenscapaciteit van 55-60% SoH bereikt. Hierna zal uit onder andere veiligheidsoverwegingen de batterij niet meer gebruikt kunnen worden in een second-life toepassing en het recyclingproces in gaan.
- Recycling  
Opbrengsten uit de verkoop van waardevolle bronmaterialen die zijn gewonnen uit het materiele recycling proces, zoals koper, lithium en kobalt.

### Kosten van repurposing

De onderstaande tabel 2 bevat een overzicht van de verwachte kosten van repurposing in EUR/kWh voor een realistisch scenario (1) gebaseerd op de huidige situatie en eerdere kosten inschatting van DNV /6/. Daarnaast is er een kosteninschatting toegevoegd voor een optimistisch scenario (2) waarin wordt uitgegaan van een toekomstige situatie waar nieuwe batterijpakketten al volledig 'second-life ready' worden geproduceerd. Voor second-life ready batterijen wordt in dit geval aangenomen dat er voor een dergelijk batterijpakket geen technische belemmeringen (zie ook 5.2) meer gelden en er geen verdere hardware-aanpassingen (e.g. BMS) nodig zijn voor gebruik in een second-life toepassing.

**Tabel 2 Overzicht van repurposing kosten /6/.**

Item	Kosten Scenario 1 - realistisch (EUR/kWh <sup>9</sup> )	Kosten Scenario 2 - optimistisch (EUR/kWh)	Opmerking
BMS	15	-	Benodigd voor de retrofit in second-life toepassing. Een second-life ready batterijpakket heeft geen extra hardware-aanpassing nodig.
Switchgear en bekabeling	15	-	Benodigd voor de retrofit in second-life toepassing. Een second-life ready batterijpakket heeft geen extra hardware-aanpassing nodig.
Veiligheid en prestatie	8	8	Testen op capaciteit en veiligheid. Deze kosten kunnen eventueel toenemen met striktere regelgeving vanuit de EU, zoals extra gedetailleerde veiligheidstesten, uitlezen batterijdata en behandeling batterijpaspoort. Aanname dat dit evenredig geldt voor second-life ready batterijpakket.
Transport en behandeling	5	5	Packs ontmantelen en gereed maken voor hergebruik. Afhankelijk van regelgeving. Aanname dat dit evenredig geldt voor second-life ready batterijpakket.

<sup>9</sup> Gebaseerd op de restcapaciteit van de batterij.

Uren	15	10	Eventuele kostenefficiëntie afhankelijk van grootte second-life markt. Makkelijkere integratie van een second-life ready batterijpakket kan hier voor kostendaling zorgen.
Garantie, verzekeringen, onderhoud	3	3	Extra kosten in vergelijking met een nieuwe batterij.
<b>Totaal</b>	61	26	

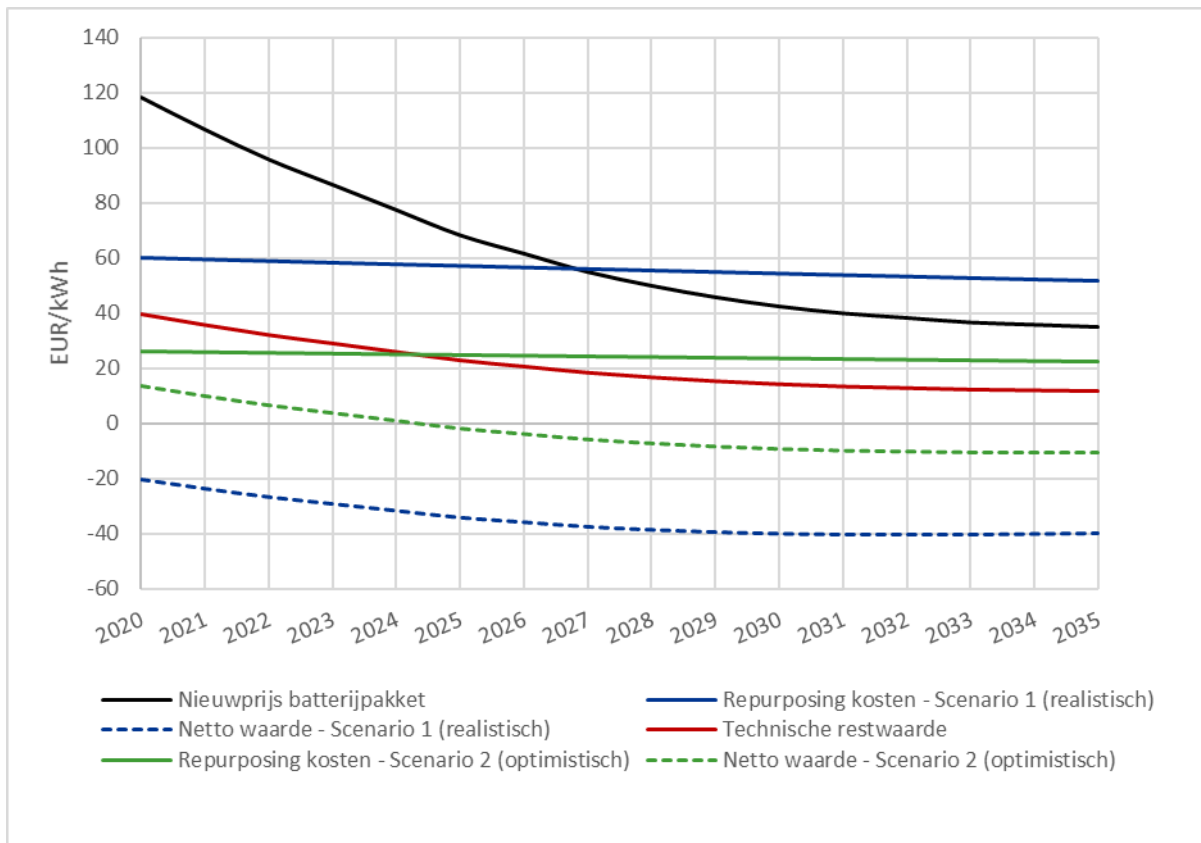
Figuur 2 laat een voorspelling zien van de verwachte nettowaarde van second-life batterijen gebaseerd op de volgende aspecten:

- De nieuwprijs van een batterijpakket. De curve voor de nieuwprijs van een batterijpakket is de gemiddelde EV-batterijpakket prijs wereldwijd gebaseerd op verschillende bronnen en DNV's eigen inzicht. Er is te zien dat rond 2025, het moment waarop naar verwachting het aanbod van gebruikte batterijen significant wordt (zie 5.5), de prijs van een nieuw batterijpakket rond de 68 EUR/kWh zal liggen.
- De repurposing kosten. Zoals weergegeven in tabel 2 voor beide scenario's (1 – realistisch, 2 – optimistisch). De repurposing kosten zijn geprojecteerd met een 1% daling per jaar waarbij is aangenomen dat het proces efficiënter kan worden ingericht.
- De technische restwaarde van de batterij. De technische restwaarde van de batterij is gebaseerd op een resterende bruikbare capaciteit van 15% SoH (het verschil tussen 70% en 55%), waarmee de waarde ongeveer 1/3 is van de prijs van een nieuwe batterij op dat moment (bruikbare capaciteit tussen 100% en 55%).

In de analyse zijn eventuele aankoopkosten die een systeem integrator zal betalen voor een gebruikte batterij op 0 EUR/kWh gesteld, wat een optimistische aanname is. Daarnaast is er geen rekening gehouden met de resterende leeftijd van een energieopslagsysteem. Second-life batterijen zullen namelijk eerder moeten worden vervangen vanwege de lagere energie-inhoud, wat bijvoorbeeld voor grootschalige stationaire batterijprojecten zorgt voor extra operationele kosten.

De grafiek in Figuur 2 laat zien dat de nettowaarde in het huidige scenario 1 direct negatief is (-19 EUR/kWh voor 2021), veroorzaakt door de relatief hoge repurposing kosten in vergelijking met de sterk dalende kostprijs van nieuwe batterijen (en daarmee de restwaarde van een second-life batterij). Ook in het optimistische scenario waarin wordt uitgegaan van ongeveer 1/3 van de huidige repurposing kosten zal de nettowaarde negatief worden richting 2025 (-2 EUR/kWh).

Gebaseerd op bovenstaande aannames en algemene prijsprojecties kan er worden geconcludeerd dat voor de gehele markt de nettowaarde van een second-life batterijpakket op dit moment negatief of dichtbij nul is en deze verder zal afnemen. Deze lage of negatieve waarde sluit niet uit dat er in een specifieke nichemarkt of toepassing alsnog een positieve businesscase resultaat kan bestaan. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat een second-life bedrijf zich financieel haalbaar richt op systemen voor één toepassing op basis van één merk en type EV-batterijen uit één bijzondere stroom (batterijen met dezelfde historie, standaardontwerp, standaardtesten en specialistische kennisopbouw mogelijk, etc.).



**Figuur 2 Nettowaarde second-life batterijen.**

### Kosten en baten van alternatieve opties voor gebruikte batterijen – materiaalrecycling

Een second-life toepassing voor batterijen is een tussenstap tussen eerste gebruik en recycling. Ook batterijen die ingezet worden voor een second-life toepassing zullen uiteindelijk gerecycled worden. DNV gaat er daarom vanuit dat recycling een steeds belangrijkere rol zal gaan spelen, onder andere gestuurd door Europese wetgeving omtrent batterijen.

Op het moment liggen de recyclingkosten van EV-batterijen in Europa tussen de 2.5 en 3.5 EUR/kg /8/. Tijdens het recyclingproces kunnen grondstoffen deels worden teruggewonnen. Het zijn voornamelijk de zeldzame grondstoffen zoals kobalt die zorgen voor een opbrengst. DNV verwacht geen significante verandering in de netto-opbrengsten en kosten van EV-batterijrecycling gezien de volgende trends:

- De verwachting is dat het recyclingproces efficiënter zal worden en de kosten van batterijrecycling dalen. Door de verschillen in chemie per batterij cel is het niet eenvoudig om een algemeen recyclingproces in te richten voor een reeks aan verschillende typen batterijpakketten. Het is vooralsnog een uitdaging om dit proces kostendekkend te maken.
- Er is vanuit batterijproducenten een sterke trend om minder zeldzame grondstoffen te gebruiken. Dit zal de waarde van de gerecyclede inhoud van de batterij omlaag brengen en daarmee de opbrengsten van batterij recycling. Dit is momenteel zichtbaar in het verschil tussen NMC- en LFP-batterijen, waarbij LFP weinig tot geen restwaarde heeft als het gaat om grondstoffen.



## 4.4 Aanbod van gebruikte EV-batterijen

Voor het aanbod van gebruikte EV-batterijen die voor een second-life toepassing gebruikt worden, zijn de volgende stromen te definiëren:

- Batterijen uit EV's waarbij de SoH niet meer voldoet aan de eisen voor mobiliteit binnen de levensduur van de EV. We nemen hier het uitgangspunt van diverse autofabrikanten /4/ dat een batterij pas economisch afgeschreven is voor mobiliteit als de SoH de grens van 70% heeft bereikt ten opzichte van de SoH op het moment van eerste ingebruikname.
- Batterijen uit EV's waar de EV zelf het einde van de levensduur heeft bereikt maar de SoH van de batterij nog 70% of hoger is.
- Defecte en teruggeroepen batterijen, oftewel batterijen uit EV's die verwijderd zijn na een defect of op laste van een *callback* van de OEM.
- Defecte batterijen uit de productie van nieuwe EV's

In het geval van Nederland verwachten we een netto export van tweedehands EV's, vanwege het relatief hoge penetratie van EV's (en EV-laadinfrastructuur) in Nederland ten opzichte van andere landen in Europa en wereldwijd.<sup>10</sup> Daarbij zal de batterij uiteindelijk niet in Nederland beschikbaar zal zijn voor second use, wat de eerste drie bovengenoemde stromen verkleint.

Uit interviews met verschillende partijen is duidelijk dat op dit moment *callbacks* en defecte batterijen de voornaamste bron zijn van het aanbod van gebruikte batterijen. DNV verwacht niet dat deze stromen in de toekomst significant groot genoeg zijn om invulling te geven aan de vraag voor second-life. Het uitgangspunt voor dit rapport is daarom de aanname dat de bulk van het aanbod van batterijen voor second-life zal worden ingevuld door gebruikte EV-batterijen uit EV's die het einde van hun levensduur hebben bereikt, maar waarbij de SoH van de batterij nog 70% of hoger is.

Eerste inzichten laten zien dat EV-batterijen vooralsnog een langere levensduur halen dan wat initieel werd aangenomen. In een data-analyse van 6000 EV's<sup>11</sup> komt naar voren dat de SoH na 7 jaar nog gemiddeld 90% is. Degradatie van de capaciteit verschilt sterk tussen de verschillende automerken en kan worden toegeschreven aan bijvoorbeeld de manier van koeling van de batterij.

Daarnaast spelen de huidige ontwikkelingen in batterijtechnologie hier een belangrijke rol. Een voorbeeld is de *million mile* batterij waar door verschillende partijen zoals Tesla en CATL aan wordt gewerkt en die klaar voor productie is of mogelijk al geproduceerd wordt. Een dergelijke ontwikkeling zou ervoor zorgen dat de batterij in een EV minstens zo lang meegaat als de auto zelf en daarna nog (ruim) voldoende SoH over heeft voor inzet in een second-life toepassing. Een langere levensduur voor de autobatterij loopt in pas met een groeiende trend van de gemiddelde levensduur van een auto. Zo stelt de ARN vast dat de gemiddelde levensduur van een auto in Nederland, wanneer deze naar de sloop wordt gebracht (tweedehands onverkoopt), in 2018 18,4 jaar is. Er is geen reden om aan te nemen dat EV's een minder lange levensduur zouden kunnen halen, de batterij buiten beschouwing gelaten. Die gemiddelde levensduur is bijna het dubbele van de huidige garantie voor EV's op de markt. Deze garantie is namelijk gemiddeld 8 jaar of 150000 km<sup>12</sup> afhankelijk van welke limiet als eerste wordt bereikt.

DNV heeft voor de periode 2020-2035 een voorspelling gemaakt van het totale aanbod in Nederland aan gebruikte batterijen die beschikbaar zijn voor de second use markt. Deze voorspelling is bedoeld om een inschatting te geven in de orde van grootte van de beschikbare batterijcapaciteit. De initiële cijfers voor EV-aantallen zijn gebaseerd op een

<sup>10</sup> Zie bijvoorbeeld <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers>, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>, <https://www.ev-volumes.com/> en <https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV-EU-Factbook-2020.pdf>.

<sup>11</sup> <https://www.geotab.com/blog/ev-battery-health/>

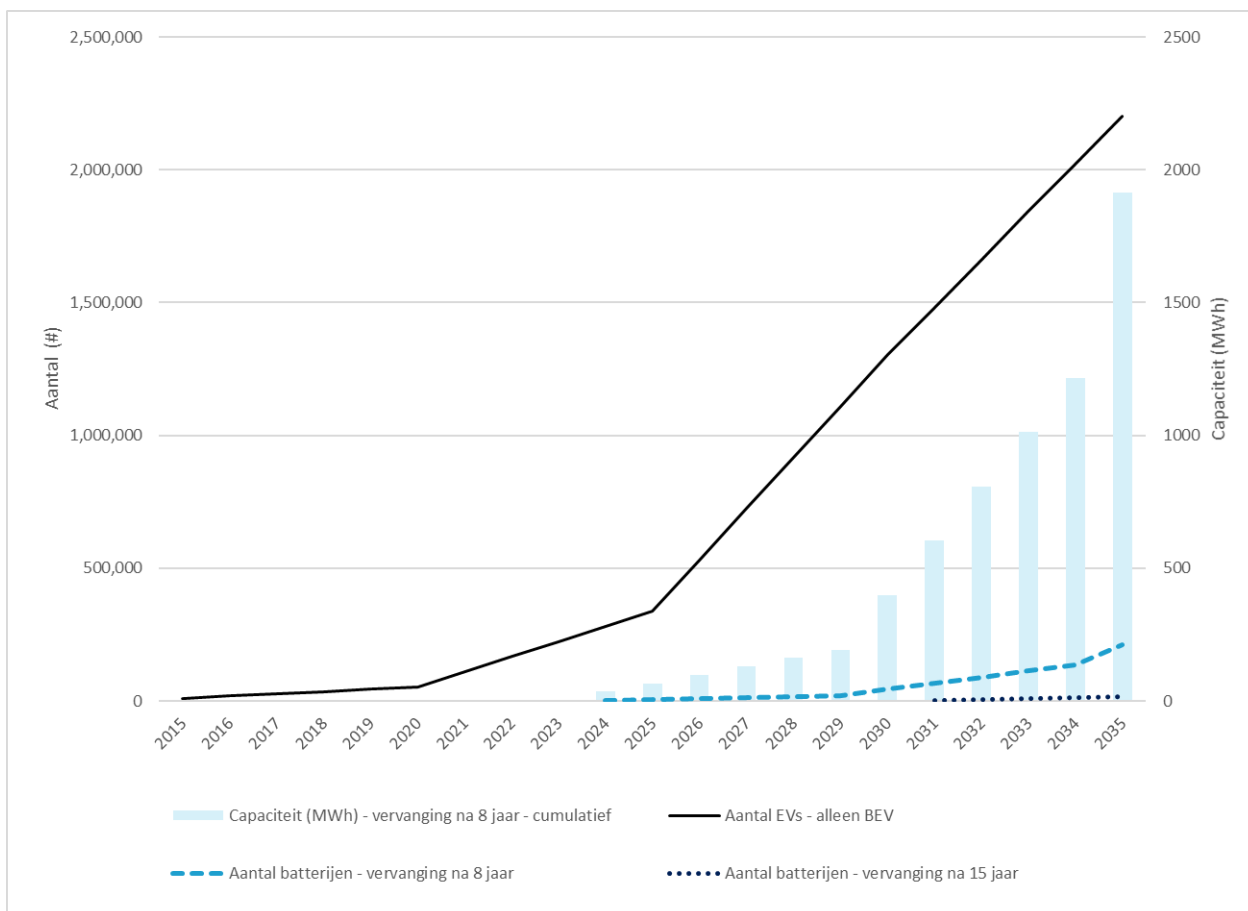
<sup>12</sup> <https://insideevs.com/news/342221/which-electric-cars-offer-the-best-warranties/>

EV-groei scenario (scenario 2 – versnelde energietransitie) uit /7/ en voor de voorspelling aangevuld met de volgende aannames:

- Niet elke OEM zal haar gebruikte batterijen beschikbaar stellen voor een second-life toepassing. De aanname is dat maximaal 50% van de OEMs hun EV-batterijen op de markt zal toelaten of zelf op de markt zal brengen in samenwerking met een derde partij. Dit is het meest gunstige scenario, in werkelijkheid zou dit percentage ook beduidend lager kunnen uitvallen afhankelijk van regelgeving en de strategie van autofabrikanten.
- Gebruikte batterijen zullen met een vertraging op de markt komen. Dit is sterk afhankelijk van het type auto en gebruik. Er zijn projecties gegeven voor 8 of 15 jaar, waarbij 8 jaar de minimale tijd is dat een batterij in een EV blijft en 15 jaar de verwachting is.
- Er wordt rekening gehouden met een netto export van EV's uit NL, zoals hiervoor al aangegeven. De precieze grootte hiervan op elk moment is afhankelijk van onder andere regelgeving en markten in andere landen, en moeilijk te voorspellen. Voor deze studie wordt een beperkte aanname van 10% gedaan waaronder bijvoorbeeld tweedehands EV's vallen die worden verkocht aan het buitenland.
- Voor de berekening van de totale capaciteit in MWh gaan we uit van een gemiddeld batterijpakket van 60.6 kWh<sup>13</sup> en 70% aan restcapaciteit per batterijpakket. De *end-of-life* capaciteit van een batterijpakket is gesteld op 55%.
- PHEV's worden niet meegenomen in de voorspelling aangezien het batterijpakket te klein wordt geacht (minder dan 20-30 kWh) voor inzet in stationaire storage. PHEV-aantallen zijn vooral in de jaren 2015 tot 2025 een relevant onderdeel van het totale aantal.

---

<sup>13</sup> <https://ev-database.org/cheatsheet/useable-battery-capacity-electric-car>



**Figuur 3 Verwacht aanbod aan second-life batterijen in Nederland.**

De voorspelling (zie Figuur 3) laat zien dat er rond 2030 een totale capaciteit van circa 500 MWh aan gebruikte batterijcapaciteit beschikbaar komt die logischerwijze meestijgt met het sterk groeiende aantal nieuwe EV's op de markt. Qua orde van grootte is dit gelijk aan tientallen grotere stationaire batterijprojecten. Om de second-life markt mee te laten groeien zal overigens een omschakeling nodig zijn van de huidige voornamelijk kleine schaal (MKB) activiteiten naar grotere partijen.

Het moet worden opgemerkt dat de realisatie van het aanbod voor second-life sterk afhangt van technische, financiële en juridische ontwikkelingen en barrières zoals verder behandeld in dit rapport.

## 5 RANDVOORWAARDEN VOOR GEBRUIK EN OPSLAG VAN GEBRUIKTE EV-BATTERIJEN

### 5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk focust op de belangrijkste belemmeringen voor hergebruik (en opslag) van gebruikte EV-batterijen. Financiële aspecten, wet- en regelgevingsaspecten en veiligheidsaspecten komen aan bod. Ook wordt gekeken naar regelgeving voor het op de markt brengen van nieuwe producten en ook voor ongecontroleerde batterijen op de vrije markt.

### 5.2 Technische en kwaliteitsaspecten

#### 5.2.1 Belemmeringen en aandachtspunten

EV-batterijen zijn specifiek voor toepassing in de auto ontworpen. Daarom zijn er ontwerpkeuzes gemaakt die voor second-life toepassingen op zijn minst niet optimaal zijn, of erger. Het BMS moet in een stationair systeem bijvoorbeeld continu de cellen balanceren, terwijl dit in een auto bij stilstand gebeurt. Verder werken EV-batterijen doorgaans op een voltage van 300-400 Volt, terwijl voor stationaire systemen meer en meer 600-800 Volt wordt gebruikt; dit betekent dat technische aanpassingen nodig zijn (bijvoorbeeld grote stromen of converters, serieschakeling, isolatie aanpassen etc.), Terwijl nieuwe batterijen met bijvoorbeeld 15-24 strings parallel op een DC bus aangesloten kunnen worden, kan dat met second-life batterijen niet vanwege ongelijke SoH, tenzij (duurdere) omvormers per batterij worden gebruikt. Ten slotte kan aanpassing van de koeling nodig zijn. Qua prestaties is een uitdaging dat een gebruikte autobatterij en lagere energie- en vermogensdichtheid heeft. Dat betekent dat voor een toepassing met een gegeven capaciteit en vermogen een groter volume en gewicht nodig is in vergelijking met nieuwe batterijen.

Om bovenstaande belemmeringen aan te pakken zou gedacht kunnen worden aan het afdwingen, wellicht via (inter-)nationale wet- en regelgeving, van aanpassingen aan EV-batterijen die ze meer geschikt maken voor hergebruik. Standaardisatie helpt omdat het verwerking eenvoudiger, veiliger en op grotere schaal mogelijk maakt. Toegankelijk maken van (idealerweise alle) BMS-gegevens biedt veel technische en veiligheidsvoordelen. Algemeen gezegd zouden EV-batterijen *second-life ready* kunnen worden ontworpen, dat wil zeggen op een zodanige manier dat minder en eenvoudiger acties nodig zijn voor veilig hergebruik (denk aan demontage, BMS-flexibiliteit, etc.).

Een andersoortige uitdaging is dat er in de markt nog weinig specifieke ervaring is met second-life batterijen. Daarnaast zijn experts van nu gemiddeld hoger opgeleid en duurder dan voor een volwassen markt (financieel) haalbaar is. Voor opschaling van second-life activiteiten lijkt aandacht voor bijvoorbeeld MBO-opleidingen of specialisaties nodig. Door de specifieke risico's, mitigaties en andere veiligheidsaspecten van second-life systemen mee te nemen in het onderwijs kan tegelijk het veiligheidsniveau worden verhoogd.

### 5.3 Veiligheidsaspecten

#### 5.3.1 Belemmeringen en aandachtspunten

Doordat zeer beperkte toegang bestaat tot het BMS, is er vrijwel geen informatie over gebruiksgeschiedenis van de batterij, waaronder laad- en ontlaadcycli, extreme waarden van temperatuur, stroom, spanning en mechanische schok (zie ook paragraaf 3.2). Hierdoor kunnen mogelijke beschadigingen en andere veiligheidsrisico's nauwelijks worden geïdentificeerd. Certificering is voor nieuwe producten een manier om onder andere veiligheidsrisico's te beperken, maar voor second-life systemen is dit praktisch niet mogelijk. Certificering van de EV-batterijen zijn in principe niet geldig voor de nieuwe toepassing. Typecertificering van een second-life systemen is niet mogelijk omdat ze geen constante samenstelling hebben (zie paragraaf 5.7).

Vanwege de relatief lage prijs van nieuwe batterijen is concurrentie een indirect veiligheidsprobleem. Er is namelijk weinig financiële ruimte om veiligheidsrisico's van een bepaald second-life systeem te identificeren en te mitigeren, waardoor hier mogelijk (bewust of onbewust) te weinig aandacht aan wordt gegeven. Het kan voorkomen dat de kennis en ervaring met identificatie, impact en mitigatie beperkend zijn. Ook kleinschaligheid is een veiligheidsfactor, omdat grotere bedrijven doorgaans beter in staat zijn veiligheidsrisico's kostenefficiënt te bepalen en adequaat aan te pakken, en ook minder voorkomende risico's met grotere impact zullen meenemen.

Om de genoemde punten te ondervangen kan gedacht worden aan een verplichte veiligheidscheck c.q. het testen van second-life systemen, afhankelijk van de toepassing en de locatie daarvan. Voor een second-life systeem in een weiland is bijvoorbeeld een ander risicoprofiel acceptabel dan voor een thuisbatterij op een zolder. Een dergelijke veiligheidscheck kan een samenstelling zijn van visuele inspectie, analyse van historische data en een testprogramma. Andere suggesties voor ondervanging zijn de genoemde schaalvergroting, en alle in paragraaf 5.2 genoemde suggesties voor verbetering hebben direct of indirect ook een gunstig effect op de veiligheid van second-life systemen.

### 5.3.2 Ontwikkelingen

In internationale batterijnormen wordt aandacht besteed aan second-life batterijen in de vorm van aandachtspunten en aanbevolen test- en evaluatieprocedures, maar er worden (nog) geen expliciete aanvullende eisen (over kwaliteit en veiligheid) aan second-life batterijen ten opzichte van nieuwe batterijen gesteld. De leidende normen hiervoor zijn:

- UL 1974 (2018) "Standard for Safety Evaluation for Repurposing Batteries"
- IEC 63330 (gepland voor 2023) "Requirements for reuse of secondary batteries"
- IEC 63338 (gepland voor 2023) "General guidance for reuse of secondary cells and batteries".

## 5.4 Financiële aspecten

### 5.4.1 Belemmeringen en aandachtspunten

Zoals eerder aangegeven is de verwachting dat de stroom gebruikte batterijen hoofdzakelijk zal bestaan uit batterijen die niet meer bruikbaar zijn in EV's, maar wel nog een restcapaciteit hebben die kan worden ingezet voor stationaire opslag.

Het financiële aspect van second use batterijen draait om de repurposing kosten - extra kosten die zullen moeten worden gemaakt om te komen van een gebruikt EV-batterijpakket tot integratie van dit batterijpakket in een stationair opslagsysteem. Daarbij moet worden gelet op de volgende punten:

- Compatibiliteit

Een batterijpakket van een EV is ontworpen en geconfigureerd voor een mobiliteitstoepassing en niet voor stationaire energieopslag. Om deze compatibiliteit te bewerkstelligen zijn aanpassingen nodig aan zowel de hardware als software van het batterijpakket. Momenteel kent de markt nog geen kant-en-klare oplossingen voor de één-op-één EV-batterij toepassing. Hierdoor zal tijd en geld geïnvesteerd moeten worden om deze koppeling zo efficiënt mogelijk te maken.

- Veiligheid en prestatie

Veiligheid en prestatie zijn belangrijke aspecten bij het hergebruiken van EV-batterijen. Het samenvoegen van meerdere EV-batterijpakketten is niet in alle gevallen veilig en komt in sommige gevallen niet ten goede aan de prestaties. Batterijpakketten met een verschillende SoH samenvoegen resulteert in een totaalsysteem waarbij het zwakste batterijpakket de zwakste schakel is in het gehele systeem. Het testen op capaciteit, interne weerstand en prestatie bij een gewenste belasting is voor een second life toepassing uitermate belangrijk.

- Repurposing, material handling en transport

Inzet van gebruikte batterijen voor second-life zorgt voor additionele verwerkingsactiviteiten en transport met bijbehorende kosten (en milieu-impact). Een inschatting van de repurposing kosten laat zien dat deze momenteel te hoog zijn om de eventuele restwaarde van een batterij te realiseren. De prijs van nieuwe batterijen daalt nog steeds sterk en doet daarmee indirect afbreuk aan de restwaarde van een gebruikte batterij.

Een goede second-life markt (voor EV-batterijen en andere grote Li-ion batterijen) is overigens van belang voor de markt voor grote stationaire systemen zoals bij zonneparken. Er ontstaat dan namelijk ook een restwaarde aan het einde van de levensduur van deze nieuwe systemen (en dus een lager financieel risico). Ook kunnen de projecten als duurzamer worden beschouwd.

## 5.4.2 Ontwikkelingen

De kostendaling van nieuwe Li-ion batterijen is een belangrijke ontwikkeling die direct impact heeft op de business case voor second-life systemen, zie 4.2 en 4.3.

Als EV-batterijen zo worden ontworpen dat ze één op één kunnen worden geïntegreerd in een second-life stationaire toepassing, dan zou dit kunnen zorgen voor een efficiënter verwerkingsproces met daaropvolgend lagere repurposing kosten. Naast door regelgeving zou een dergelijke situatie kunnen voorkomen door een directe samenwerking tussen een OEM en energiebedrijf die stationaire systemen installeert. Verder zou om de kosten te drukken het repurposing proces waar mogelijk gestandaardiseerd moeten worden, waarbij alle partijen zich daaraan zouden moeten houden. Het gaat hierbij voornamelijk om het ontmantelen en testen en certificeren.

## 5.5 Wet- en regelgevingsaspecten

### 5.5.1 Belemmeringen en aandachtspunten

Afvalwetgeving vereist dat second-life bedrijven als afvalverwerkers worden beschouwd. Registratie kost veel tijd en ook geld. Ook maakt wetgeving het verplaatsen van gebruikte EV-batterijen relatief duur en ingewikkeld, zeker omdat de aanvoerstroom (nog) relatief klein zijn en veelal wisselen qua merk, type en samenstelling. Voor elk geval worden dan weer nieuwe formaliteiten vereist. Verder willen autofabrikanten geen juridische aansprakelijkheid hebben voor wat er gebeurt met second-life batterijen en hebben daarom een zeer voorzichtige houding met betrekking tot het mogelijk maken van second-life gebruik.

### 5.5.2 Ontwikkelingen

Hergebruik van EV-batterijen valt momenteel onder verschillende EU-regels (afval, voertuigen, elektronica) met niet afgestemde definities en eisen. Rond 2022 zal (mits goedgekeurd in het Europees parlement) de EU Batterijenverordening<sup>14</sup> ingevoerd worden, waarin extra aandacht besteed wordt aan second-life batterijen:

- Duidelijke regelgeving specifiek voor second-life batterijen, waaronder kwaliteit en veiligheid
- Second-life batterijen gelden als nieuw product, moeten voldoen aan huidige regels; bepaalde uitzonderingen gelden als regelgeving bij eerste productie nog niet bestond
- Fabrikanten moeten "informatie ten behoeve van hergebruik" beschikbaar maken aan derden, zoals SoH en een logfile met foutcodes

<sup>14</sup> [https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators\\_en](https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators_en)

- Vanaf 2026: database met informatie over alle batterijen >2 kWh
- Vanaf 2026: batterijpaspoort verplicht voor alle batterijen >2 kWh, met unieke informatie
- Vanaf 2030: een aantal materialen moet verplicht gerecycled worden, dus dat is een incentive voor fabrikanten voor terugname (geen second-life). Ook geldt een >65% recycling efficiëntie vanaf 2025.

Volgens planning zal in 2022 de PGS 37<sup>15</sup> regelgeving van kracht worden, met richtlijnen over bedrijfsmatige opslag van Li-ion batterijen en op energieopslagsystemen. Deze richtlijnen zullen naar verwachting dezelfde impact hebben op nieuwe batterijen als op second-life batterijen.

## 5.6 Overige aspecten

### 5.6.1 Belemmeringen en aandachtspunten

#### 5.6.1.1 Eigenaarschap

In de huidige situatie wordt de consument bij aanschaf van een auto eigenaar van het gehele voertuig, inclusief de batterij. Dat betekent dat de consument in principe kan doen en laten wat hij wil met de batterij, waaronder deze zelf (al dan niet onveilig) in een second-life systeem gebruiken of verkopen aan een derde partij. Deze situatie is geen directe belemmering maar wel indirect omdat autofabrikanten, second-life partijen en overheden minder of geen invloed kunnen uitoefenen op wat er met EV-batterijen gebeurt. Een leasemodel en regelgeving kunnen een remedie zijn (bijvoorbeeld borg, of bij verandering van eigenaar of uit de auto halen een boete bij niet inleveren bij een erkende second-life partij of afvalverwerker).

#### 5.6.1.2 Afbreukrisico

Autofabrikanten willen in principe niet geassocieerd worden met second-life batterijen en toepassing daarvan. Dit standpunt heeft een juridische kant (zie paragraaf 5.5.1) maar ook een PR kant. Ongeacht welke juridische maatregelen worden getroffen met betrekking tot aansprakelijkheid, blijft het PR risico bestaan van slechte systemen en incidenten die worden geassocieerd met de autofabrikant, terecht of onterecht. In theorie zouden, met strikte afspraken en samenwerking tussen autofabrikanten en second-life partijen, 'geanonimiseerde' second life systemen op de markt gebracht kunnen worden. Hierbij komen de eindgebruiker en de buitenwereld de herkomst van de batterijen in principe niet te weten, onder andere door achterwege laten van namen en andere identificatiekenmerken (zie ook paragraaf 5.8). De herkomst is echter mogelijk alsnog af te leiden op basis van fysieke en technische kenmerken, zeker wanneer het Europese batterijpaspoort zal zijn ingevoerd /3/. Ook is het dan mogelijk dat batterijen hergebruikt worden door andere partijen zoals de consument of via deze een derde partij (bijvoorbeeld een autosloper; zie ook vorige paragraaf). De kans op incidenten is dan hoger en de batterijen zijn wel herleidbaar zijn naar de autofabrikant. Deze overwegingen maken autofabrikanten sceptisch ten opzichte van second-life toepassingen, mede doordat (met de huidige markt en regelgeving) tegenover deze duidelijke nadelen geen grote voordelen staan.

#### 5.6.1.3 Schaalgrootte

Omdat er momenteel geen grote stromen van gebruikte EV-batterijen bestaan, is het moeilijk om constante kwaliteit en aantallen second-life systemen te leveren. Meerdere stromen combineren is technisch lastiger en ook duurder. Deze onzekerheid en technisch-economische complicaties zijn een commercieel risico van second-life toepassingen en een reden voor partijen om daar niet aan te beginnen c.q. geen gebruikte batterijen voor hun batterijprojecten te gebruiken. Totdat gebruikte EV-batterijen in grote aantallen beschikbaar zullen zijn (zie paragraaf 4.4), kunnen second-life bedrijven ervoor kiezen om indien nodig ook systemen met nieuwe batterijen te leveren (bijvoorbeeld in tijden van schaarste van geschikte second-life batterijen). Zo wordt het risico van afhankelijkheid van gebruikte EV-batterijen verminderd en kan mogelijk geprofiteerd worden van schaalvoordelen.

<sup>15</sup> Hiervan is nog geen openbare conceptversie beschikbaar. Zie ook <https://publicatiereeksgevaarlijkkestoffen.nl/publicaties/PGS37.html>

#### 5.6.1.4 Startups

Het is technisch uitdagend (zie ook paragraaf 5.2) om goede en veilige second-life systemen op een financieel haalbare manier in elkaar te zetten en te gebruiken. Dit punt in combinatie met het feit dat personeel met de juiste opleiding en ervaring schaars is, betekent dat het niet eenvoudig is om second-life bedrijf op te starten en (technisch en financieel) veilig te laten opereren.

### 5.6.2 Ontwikkelingen

#### 5.6.2.1 Technologische ontwikkelingen

De snelle technologische ontwikkelingen in de batterijsector vormen een complicerende factor bij hergebruik van EV-batterijen. Door grote autofabrikanten en batterijfabrikanten worden miljarden geïnvesteerd in doorontwikkeling van het huidige type EV-batterijen (lithium ion NMC), in hevige concurrentie met elkaar. Dit leidt tot de situatie van de afgelopen jaren (en waarschijnlijk de komende paar jaar) waarbij een grote verscheidenheid aan subtypes van batterijen elkaar in hoog tempo opvolgen in de markt, wat het technisch en economisch moeilijk maakt om second-life systemen aan te bieden. Ook de batterijlevensduur wordt doorgaans steeds beter. Hierdoor komen batterijen later, of in sommige gevallen mogelijk in het geheel niet, beschikbaar voor de second-life markt. Het is overigens niet uitgesloten dat ook het verloop van de veroudering van de batterij anders wordt, bijvoorbeeld dat er een meer geleidelijke slijtage plaatsvindt waardoor hergebruik tot een lagere SoH mogelijk is. De vraag tot wanneer batterijen die momenteel in gebruik zijn precies meegaan in de auto en wat de restlevensduur daarna is, is moeilijk te beantwoorden vanwege de diverse subtypes batterijen en relatief korte relevante praktijkervaring.

Op korte termijn te nemen maatregelen ter stimulering van hergebruik van EV-batterijen zouden vanwege alle technologische onzekerheid bij voorkeur niet te kostenintensief en langlopend moeten zijn en ook de technologische en marktontwikkelingen goed moeten volgen. Opties zijn bijvoorbeeld het inzetten op standaardisering van EV-batterijen en second-life-ready ontwerpen daarvan, inzetten op toegankelijkheid van de BMS-gegevens, verbeterde risicobelegging voor second-life systemen (bijvoorbeeld door een leasemodel en/of een garantiefonds) en pre-competitieve kennisdeling met betrekking tot (onder andere) veiligheidsaspecten van second-life batterijen.

Als het huidige voorstel voor de Europese Batterijenverordening /3/ wordt goedgekeurd en ingevoerd, zullen er met name vanaf 2025/2026 een aantal belangrijke veranderingen optreden in de (auto-)batterijsector, bijvoorbeeld met betrekking tot toegankelijkheid van batterijgegevens die nodig zijn voor bepaling van de SoH en resterende levensduur. Deze ontwikkeling maakt second-life toepassingen makkelijker en het zal voor second-life partijen dus belangrijk zijn om tijdig voorbereidingen te treffen hiervoor.

De auto- en batterij-industrie werken samen hard aan de *solid state* batterij<sup>16</sup>, naar verwachting de opvolger van de huidige autobatterij. Over een jaar of vijf zou deze technologie voldoende ontwikkeld kunnen zijn om tot massaproductie over te gaan, maar kosten per kWh zullen aanvankelijk nog significant hoger zijn dan de huidige generatie batterijen. Als de technische beloftes van *solid state* batterijen inderdaad worden gerealiseerd (tegen concurrerende kosten), dan zullen deze een veel hogere energiedichtheid en vermogen hebben, intrinsiek veiliger zijn en eenvoudiger batterijmanagement nodig hebben. Dit alles biedt grote voordelen voor second-life gebruik, terwijl de verwachte lange levensduur een nadeel vormt daarvoor. Wat het perspectief voor hergebruik van EV-batterijen op lange termijn is, over 10 jaar of langer, is dan ook vrijwel onmogelijk te voorspellen.

#### 5.6.2.2 Duurzaamheid

Hergebruik van EV-batterijen is een meer duurzame oplossing dan recycling. Alle acties om hierboven genoemde belemmeringen te ondervangen dragen bij aan hergebruik van EV-batterijen en zijn dus ook vanuit het oogpunt van duurzaamheid wenselijk. Voor recycling, wanneer second-life niet plaatsvindt of nadat het einde van de levensduur van batterijen in second-life of andere toepassingen is bereikt, geldt dat de locatie waar recycling plaatsvindt van belang is.

<sup>16</sup> Zie ook <https://www.dnv.com/to2030/technology/are-solid-state-batteries-the-holy-grail-for-2030.html> (geraadpleegd op 4-6-2021) en de referenties daarin.



Recycling in Nederland, of enigszins in de buurt in Europa, is duurzamer dan de situatie waarbij autofabrikanten (die niet inzetten op second-life) hun batterijen terugsturen naar fabrieken in bijvoorbeeld Azië. Daarnaast kan inzetten op lokale recycling voordelen bieden met betrekking tot afhankelijkheid van zeldzame grondstoffen. De duurzaamheid van hergebruik van EV-batterijen buiten Europa is niet beschouwd voor dit onderzoek.

## 5.7 Toepassing bestaande regelgeving bij marktintroductie second-life batterijen

Europese richtlijnen en bijbehorende geharmoniseerde normen betreffende productveiligheid maken geen onderscheid tussen producten met nieuwe en gebruikte batterijen. Het is nu dus aan de bedrijven om voldoende aandacht te geven aan het second-life aspect. Daarbij kunnen ze – voornamelijk op vrijwillige basis – gebruik maken van de eerder genoemde normen voor evaluatie van second-life batterijen. Op basis van de interviews in deze studie alsook andere ervaringen van de auteurs, kan gesteld worden dat productveiligheid zeker aandacht krijgt bij verwerking van de te hergebruiken EV-batterijen en bij het ontwerp van daaruit opgebouwde second-life systeem. Een second-life systeem is echter een compromis tussen kwaliteit en veiligheid enerzijds en kosten anderzijds, waarbij het vanwege de complexiteit van veiligheid voor de eindgebruiker (of soms voor second-life bedrijven zelf) niet altijd duidelijk is waar de risico's zitten en hoe veilig het systeem is. Certificering (bijvoorbeeld volgens NEN/IEC standaarden) en/of CE-markering kan worden gebruikt als bewijs van productveiligheid, maar is niet verplicht. Daarnaast is het praktisch lastig om second-life producten te certificeren omdat de aanvoerstromen van EV-batterijen veel variëren qua merk, type en/of chemische samenstelling, wat naar verwachting zal blijven plaatsvinden de komende jaren. De daaruit samengestelde second-life systemen worden doorgaans bij elke verandering als nieuw systeem beschouwd waardoor de certificering ook geüpdatet of vernieuwd zou moeten worden. Dit leidt tot hoge kosten, die niet of nauwelijks haalbaar zijn voor de huidige op relatief kleine schaal opererende second-life bedrijven. Daarom zal het inzetten op certificering op systeemniveau waarschijnlijk een negatief effect hebben op de second-life markt, tenzij certificering kan worden ontwikkeld (wat niet waarschijnlijk wordt geacht) op basis van eenvoudige en goedkope testen die op elk systeem ongeacht de samenstelling ervan kunnen worden toegepast en voldoende zekerheid bieden over prestaties, functionaliteit en veiligheid. Hier is mogelijk vervolgonderzoek nodig.

Gezien de samenstelling van Li-ion batterijen is ROHS<sup>17</sup>-regelgeving niet van toepassing. Voor second-life systemen is REACH<sup>18</sup> niet anders van toepassing dan bij nieuwe Li-ion batterijen (bijvoorbeeld met betrekking tot cobalt, of EGDME als electrolytadditief). Kanttekening hierbij is dat regelmatig nieuwe subtypes batterijen op de markt komen met veranderde chemische samenstelling, waardoor wel verschillen kunnen ontstaan in toepasselijkheid.

## 5.8 Hergebruikte batterijen op de vrije markt

Wanneer een batterij uit een auto gehaald moet worden, bijvoorbeeld bij onderhoud, of bij *recalls* (terugroepen van de batterij door de fabrikant, om welke reden dan ook), dan gebeurt dit in principe bij een dealer of ten minste een garage. Er kan in principe gezorgd worden dat deze partijen de batterijen niet ongecontroleerd op de markt brengen, bijvoorbeeld door middel van regelgeving of goede afspraken met autofabrikanten. In de huidige situatie is de koper van een elektrische auto echter eigenaar van het gehele voertuig, inclusief alle componenten. Het staat de eigenaar (wat op enig moment ook een opkoper of sloopbedrijf kan zijn) dus vrij om de batterij te verkopen, zonder controle of überhaupt tussenkomst van een andere partij. Als zo'n batterij voor een second-life systeem gebruikt wordt, bestaat een verhoogd risico dat een veiligheidsincident optreedt, mogelijk met financiële of letselschade. Wanneer de herkomst van bij incidenten betrokken batterijen publiek bekend wordt, ontstaat waarschijnlijk ook reputatieschade voor de autofabrikant

<sup>17</sup> Europese richtlijn 2011/65/EU, beter bekend als de *Restriction of Hazardous Substances (RoHS)* richtlijn, is een EU-richtlijn met als doel het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen in elektrische en elektronische apparatuur te beperken.

<sup>18</sup> Europese verordening 1907/2006 betreft een systeem voor registratie, evaluatie en toelating van chemische stoffen die in de Europese Unie geproduceerd of geïmporteerd worden. De naam REACH staat voor *Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals*.

– ongeacht of deze technisch of juridisch gezien iets te verwijten valt, wat voor het grote publiek mogelijk niet inzichtelijk is.

Autofabrikanten zijn zich bewust van dit risico en kunnen op verschillende manieren proberen dit risico te beperken. Ontwerpkeuzes, bijvoorbeeld ontoegankelijk maken van de BMS<sup>19</sup> of modules moeilijk demontabel maken, kunnen de batterij onhandig of ongeschikt maken voor second-life toepassingen. Het is zelfs denkbaar dat een batterij automatisch of op afstand onbruikbaar wordt gemaakt doordat het BMS ongewenst gebruik detecteert of hierover een signaal ontvangt. Onherkenbaar maken van de herkomst van de batterij onder andere door weglaten van namen en andere identificatiekenmerken (zie ook paragraaf 5.6.1.2) lijkt moeilijk haalbaar en de batterij kan waarschijnlijk alsnog worden geïdentificeerd (op basis van fysieke en technische kenmerken), zeker wanneer het Europese batterijpaspoort zal zijn ingevoerd /3/. Verder is het niet kunnen identificeren van de batterij onwenselijk omdat het voor alle partijen de mogelijkheid om te leren van incidenten met second-life systemen beperkt.

Een andere categorie van opties is erop gericht om een eigenaar te stimuleren of dwingen de batterij in te leveren bij een officiële en beter reguleerbare partij zoals een dealer. Hierbij zou gedacht kunnen worden aan een vorm van borg (als dit financieel haalbaar is) of een leasemodel, waarbij een officiële partij zoals de autofabrikant of dealer eigenaar is van de batterij en deze op leasebasis ter beschikking stelt aan de auto-eigenaar. Een dergelijk leasemodel voor EV-batterijen bestaat overigens al, om een oplossing te bieden voor terughoudendheid bij consumenten vanwege het risico op snel teruglopende prestaties van hun batterij en voor lange laadtijden tijdens een autorit. In een technisch en logistiek goed opgezet systeem zou een geleasede batterij bij een 'tankstation' kunnen worden omgewisseld met een al eerder opgeladen batterij, waardoor de gebruiker niet hoeft te wachten tot zijn batterij is opgeladen.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> Onder andere om deze reden vereist Europese Batterijenverordening /3/ juist meer toegang tot BMS-gegevens.

<sup>20</sup> Zie bijvoorbeeld <https://www.wired.com/story/the-faster-cheaper-better-way-to-charge-electric-vehicles/> en [https://www.greencarreports.com/news/1131836\\_report-battery-swapping-might-still-boom-for-taxis-or-ride-hailing](https://www.greencarreports.com/news/1131836_report-battery-swapping-might-still-boom-for-taxis-or-ride-hailing).

## 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 6.1 Conclusies

#### 6.1.1 Second-life toepassingen

De volgende criteria aan second-life toepassingen zijn gehanteerd voor het bepalen van de geschiktheid: energiedichtheid, aantal laad-ontlaadcycli per dag, ontladingsdiepte, veiligheidsprofiel, schaalgrootte van de toepassing, complexiteit van de regeling (aansturing en controle van de batterij). Op basis daarvan lijken ancillary services (systeemdiensten voor het elektriciteitsnet), noodstroom/UPS, energieopslag achter de meter voor bedrijven (eventueel in combinatie met duurzame opwek) en mobiele stroomvoorziening de meest geschikte toepassingen. Andere toepassingen zijn minder geschikt, zoals energiehandel, colocatie met duurzame opwekking, congestiemanagement, buurtbatterijen en thuisbatterijen. Eisen aan second-life batterijen in deze toepassingen zijn hetzelfde als aan nieuwe batterijen.

Informatie van de batterij benodigd voor waardering is: nominale technische specificaties, huidige prestaties, restlevensduur en veiligheidsrisico. De gebruiksgeschiedenis waarmee genoemde zaken grotendeels of geheel bepaald kunnen worden is beschikbaar in het BMS, maar dat is meestal niet toegankelijk voor derden<sup>21</sup>. De huidige prestaties kunnen worden gemeten.

De voornaamste nieuwe rol in de waardeketen voor second-life toepassingen, in vergelijking met een algemene keten voor EV of stationaire storage batterijen, is de partij die zich bezighoudt met het ombouwen en testen van de gebruikte batterijen.

#### 6.1.2 Waarde

Ongeacht de toepassing is de waarde die gerealiseerd kan worden door een gebruikte batterij gelijk aan die van een nieuwe batterij. Om de restwaarde te bepalen van de gebruikte batterij kan er daarom het beste gekeken worden naar het verschil tussen gebruikte batterijen en nieuwe batterijen, waarbij de kosten voor repurposing (het geschikt maken voor hergebruik) en de sterke kostendaling van nieuwe batterijen de belangrijkste factoren zijn. Wat het verdienmodel voor elke second-life toepassing is, is dus in feite niet van belang, omdat dit bestaande toepassingen zijn voor nieuwe batterijen waarbij hetzelfde verdienmodel geldt. De restwaarde voor hergebruik is waarschijnlijk voorlopig negatief. Qua beschikbaar aanbod wordt voorzien dat, bij een verwachte batterijlevensduur in de auto van 15 jaar en met een aantal aannames, pas rond 2030 de hoeveelheid batterijen beschikbaar voor hergebruik significant groter wordt (evenredig eerder wanneer de batterijlevensduur bijvoorbeeld gemiddeld 8 jaar blijkt).

#### 6.1.3 Randvoorwaarden

Er bestaan diverse belemmeringen met betrekking tot second-life systemen. Technische belemmeringen zijn met name de noodzaak voor diverse acties (o.a. BMS-data beschikbaar stellen) en aanpassingen (beter demontabel maken) aan de EV-batterijen voor gebruik in second-life systemen. Veiligheid is een andere uitdaging vanwege niet beschikbare belangrijke batterij-informatie, complexe kleinschalige werkzaamheden en geen / verouderde certificering, in combinatie met prijsdruk. Genoemde technische en veiligheidspunten leiden tot significante kosten, terwijl de kosten van nieuwe batterijen concurrerend laag zijn en verder dalen. Een andere financiële belemmering is dat second-life systemen verhoogde risico's hebben zonder fabrieksgarantie, wat hogere kosten inhoudt en voor terughoudendheid zorgt bij eindgebruikers. Afvalregelgeving vereist tijds- en kostenintensieve activiteiten. Batterijen zijn voorlopig slechts in beperkte aantallen en uit speciale stromen beschikbaar, wat een beperkende factor is voor de schaalgrootte van second-life activiteiten. Ten slotte is door de hiervoor genoemde uitdagingen het opstarten van second-life activiteiten relatief complex, financieel uitdagend en tijdrovend.

<sup>21</sup> Doorgaans hebben alleen EV- en batterijfabrikant toegang hiertoe.

Naast regulering voor officiële verkopers en garages kan een leasemodel helpen ter voorkoming van ongecontroleerde stromen van gebruikte batterijen op de vrije markt. Batterijontwerpkeuzes van autofabrikanten kunnen dit ook helpen voorkomen maar vormen vaak een belemmering voor correct second-life gebruik.

Vanuit het oogpunt van duurzaamheid verdient het de aanbeveling om in te zetten op eerst (lokaal) hergebruik en daarna pas recycling, zeker als die buiten Europa plaatsvindt.

## 6.2 Aanbevelingen

Mogelijke manieren om de in deze studie geïdentificeerde belemmeringen aan te pakken worden hieronder genoemd (waarbij sommige aanbevelingen meer dan één belemmering adresseren).

- Aanpassingen afdwingen aan EV-batterijen: standaardisering, ontwerp rekening houdend met hergebruik (*second-life-ready*), BMS(-gegevens) toegankelijk maken
- Risico's neerleggen bij de juiste partij, bijvoorbeeld via een leasemodel of bij geschikte gebruikers
- Kennisdeling en training met betrekking tot het aanpakken van technische en veiligheidsuitdagingen
- Veiligheidscheck c.q. testen verplichten voor bepaalde toepassingen of locaties
- Specifieke ondersteuning voor bedrijven met betrekking tot het opstarten en de schaalvergroting van second-life activiteiten
- Europese en/of Nederlandse wetgeving die specifiek is voor second-life systemen
- Second-life bedrijven stimuleren niet alleen gebruikte EV-batterijen toe te passen maar ook nieuwe batterijen (zo lang de beschikbaarheid van eerstgenoemde beperkt is)

De eerste drie punten uit bovenstaande lijst kunnen worden gezien als “*no regret*” maatregelen voor Nederland, dat wil zeggen maatregelen waaraan weinig nadelen kleven.

## 7 REFERENTIES

- /1/ IEC 63338 (planned for 2023): General guidance for reuse of secondary cells and batteries; IEC 63330 (planned for 2023) Requirements for reuse of secondary batteries
- /2/ UL 1974: Standard for Safety Evaluation for Repurposing Batteries
- /3/ “VERORDENING VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD inzake batterijen en afgedankte batterijen, tot intrekking van Richtlijn 2006/66/EG en tot wijziging van Verordening (EU) 2019/1020”, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020PC0798>, laatst geraadpleegd op 7-6-2021.
- /4/ “Haalbaarheid van de bepaling van de restcapaciteit en de restlevensduur van de batterij van een gebruikt elektrisch voertuig”, TNO & DNV rapport (publicatie in voorbereiding), TNO 2021 R10550, 2021.
- /5/ Intern rapport DNV GL, ‘Waardeketen second-life’, 2018.
- /6/ DNV GL; ARN; Timeshift, ‘Haalbaarheidsstudie hergebruik batterijen voor opslag duurzame energie in Gelderland’, 2018.
- /7/ Ecofys TU/e, ‘Eindrapport toekomstverkenning elektrisch vervoer’, 2016.
- /8/ WMG, ‘Automotive battery recycling in the UK’, 2020.
- /9/ RVO, Offerteaanvraag ‘Second-life toepassingen autobatterijen’, 18 november 2020.

## APPENDIX A - AFKORTINGEN

**Tabel 3 Lijst van afkortingen**

BEV	Batterij-Elektrisch Voertuig
BMS	Batterij Management Systeem
DoD	Depth of Discharge (ontlaaddiepte)
EGDME	Ethyleen Glycol DiMethylEther (additief in elektrolyt van Li-ion batterijen)
EV	Electric Vehicle / Elektrisch Voertuig
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
LFP	Lithium Iron Phosphate (lithium ijzerfosfaat; type Li-ion batterijchemie)
Li-ion	Lithium-ion (batterijchemie)
MMS	Motor Management Systeem
NMC	Nickel Manganese Cobalt (nikkel mangaan kobalt; type Li-ion batterijchemie)
OBD	On-Board Diagnostics
OEM	Original Equipment Manufacturer, hier de fabrikant van de auto en/of auto-onderdelen
PHEV	Plug-in Hybride-Elektrisch Voertuig
SoC	State of Charge (= energieniveau = actuele energie-inhoud als percentage van de restcapaciteit)
SoH	State of Health (= restcapaciteit als percentage van de originele capaciteit)
VMS	Voertuig Management Systeem
V2G	Vehicle-to-Grid
UPS	Uninterruptible Power Supply

## APPENDIX B - LITHIUM-ION BATTERIJEN EN HUN EIGENSCHAPPEN

### Lithium-ion batterijen

In EV's worden momenteel lithium-ion (Li-ion) batterijen gebruikt, een algemene benaming voor batterijen met lithiumionen als belangrijkste ladingdragers. De chemische samenstelling van kathode, anode en elektrolyt kan verschillen per fabrikant en type. Ook de fysieke celopbouw kan verschillen: de cel kan cilindrisch, prismatisch of pouch-vormig zijn. Het belangrijkste onderscheid in EV-batterijen is de kathodeopbouw, deze kan bestaan uit een mix van metaaloxiden (bijvoorbeeld type NMC of NCA) of uit lithium ijzerfosfaat (type LFP). Voor al deze verschillen in Li-ion typen geldt dat ze vrijwel niet van invloed zijn op de keuze van de batterij voor een bepaalde second-life toepassing.

De batterij wordt ook wel accu genoemd, of hoogvoltage-accu. De laatste term is bedoeld om de batterij te onderscheiden van de 12V-accu die ook nog in het EV aanwezig is. In dit rapport wordt de term 'batterij' gebruikt.

### State of Health, restlevensduur en einde levensduur

De capaciteit van de batterij is de maximaal beschikbare hoeveelheid energie in de batterij. Dit is dus de beschikbare energie van de volgeladen batterij. De capaciteit is maatgevend voor de actieradius van het EV, dat wil zeggen de afstand die gereden kan worden totdat de volle batterij weer leeg is.

De capaciteit van de batterij neemt af in de loop van de tijd, dit heet ook wel degradatie<sup>22</sup> van de batterij. Daarom wordt de capaciteit in dit rapport meestal 'restcapaciteit' genoemd.<sup>23</sup> De eenheid van de capaciteit is kilowattuur (kWh).

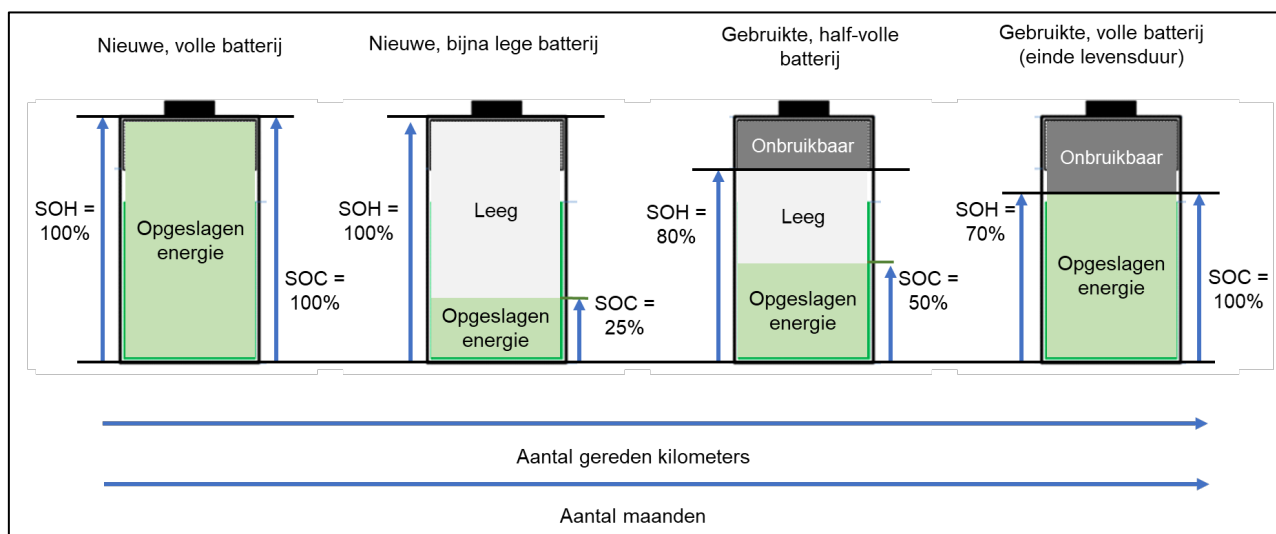
---

<sup>22</sup> Met degradatie of veroudering wordt hier bedoeld het afnemen van de capaciteit van de batterij over de tijd, met daarbij toename van de interne weerstand. Dit is dus geen generieke fysieke verslechtering of slijtage maar een specifiek fenomeen.

<sup>23</sup> Andere synoniemen voor 'capaciteit' zijn 'energiecapaciteit', 'oplaadcapaciteit' en 'batterijcapaciteit'.

De capaciteit wordt meestal weergegeven als een percentage van de initiële capaciteit van de nieuwe batterij. Dit wordt de *state of health* (SoH) genoemd. De SoH is de relatieve capaciteit ten opzichte van de capaciteitswaarde van de batterij toen hij nieuw was. In dit rapport worden de termen SoH en (rest)capaciteit als synoniemen gebruikt<sup>24</sup>. De restcapaciteit neemt door het gebruik in de loop van de tijd af. De fabrieksgarantie van vrijwel alle EV-OEM's garandeert een SoH van meer dan 70% binnen een termijn van 8 jaar of 160.000 km (hetgeen als eerste komt).

De *state of charge* (SoC) is het energieniveau van de batterij, dat is gelijk aan de actuele energie-inhoud als percentage van de restcapaciteit, zie Figuur 4. De SoC neemt af tijdens het rijden. Een volgeladen batterij heeft een SoC gelijk aan 100%, een lege batterij heeft een SoC gelijk aan 0%.



**Figuur 4 Vereenvoudigde weergave van de afname van de restcapaciteit (SoH) en het energieniveau (SoC). De SoH wordt weergegeven als percentage van de capaciteit van een nieuwe batterij. De SoC wordt weergegeven als percentage van de SoH.**

De levensduur of restlevensduur van de batterij hangt samen met de capaciteitsafname van de batterij. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een economische en een technische levensduur.

Met de economische levensduur van de batterij wordt bedoeld de tijd tot aan het moment waarop de restcapaciteit de minimale garantiewaarde bereikt heeft. De meeste EV-OEM's hanteren een SoH van 70%. Er zijn geen problemen met de batterij te verwachten tot aan zijn economische levensduur.

Bij een SoH lager dan 70% is de batterij ook nog bruikbaar, zolang de bestuurder de lagere actieradius nog acceptabel vindt. Dit is de periode na verstrijken van de economische levensduur, maar voordat de technische levensduur bereikt is. Beneden een bepaalde waarde van de capaciteit (meestal 50%-60%) wordt de technische levensduur van de batterij bereikt, waarbij het EV niet meer of nog zeer beperkt te gebruiken is, bijvoorbeeld door vermogensverlies of rendementsverlies van de batterij.

<sup>24</sup> In de wetenschappelijke literatuur over restcapaciteit wordt de term SoH gebruikt voor een combinatie van chemisch-fysische verschijnselen, dus niet alleen de capaciteitsafname.



## APPENDIX C - TOEPASSINGEN VAN ENERGIEOPSLAGSYSTEMEN

In deze Appendix wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste mogelijke toepassingen van energieopslagsystemen. Alle toepassingen kunnen in principe op elke schaalgrootte (van de opslagcapaciteit) worden toegepast, maar bij sommige toepassingen is een bepaalde grootte meer geschikt of wenselijk. Dit wordt nader aangegeven in Tabel 4. Aan de hand van selectiecriteria wordt in paragraaf 3.4 een keuze gemaakt van de meest interessante toepassingen voor second-life batterijen (en de bijpassende schaalgrootte). In paragraaf 3.5 wordt dieper ingegaan op de geselecteerde toepassingen.

### Energiehandel

De basis van energieopslag is het opslaan van elektrische energie gedurende een bepaalde tijd en het weer vrijgeven (terugleveren) van deze energie op een later moment. Het gaat dus om een tijdsverschuiving van de energielevering ('*energy time shift*'). Deze eigenschap is interessant voor energiehandel: de batterij opladen (kopen) als de energieprijs laag is, en weer ontladen (verkopen) als de energieprijs hoger is ('*arbitrage*'). Deze toepassing kan samengaan met energieopwekking met duurzame bronnen zoals zon en wind, omdat de prijs veelal laag is als er veel zon en wind beschikbaar is, en hoog als er weinig zon en wind is.

Energiehandel vraagt om een groot opslagsysteem (veel handelsvolume) dat één tot drie keer per dag zal worden ingezet, dat wil zeggen veel cycli per jaar.

### Systeemdiensten (ancillary services)

Om het elektriciteitssysteem stabiel te houden zijn naast opwekking en transport van elektriciteit ook regelsystemen nodig, met name om de netfrequentie en de spanning constant te houden. Sommige functies van deze regelsystemen kunnen worden uitgevoerd door marktpartijen, zij leveren dan systeemdiensten. Dit kan bijvoorbeeld zijn: balancering, frequentieondersteuning of spanningsregeling. Sommige van deze diensten kunnen verplicht zijn voor partijen die verbonden zijn met het elektriciteitsnet, andere kunnen als verhandelbaar marktproduct ingericht zijn. Omdat deze diensten veelal een tijdsverloop van enkele minuten tot een half uur hebben, zijn opslagsystemen uitermate geschikt hiervoor.

Het bekendste marktproduct in Nederland is 'primaire reservevermogen' of *Frequency Containment Reserves – FCR*. Bij FCR moet een deelnemer vermogen leveren (of het opslagsysteem ontladen) als de frequentie daalt en vermogen opnemen (of het opslagsysteem opladen) als de frequentie stijgt.

Voor systeemdiensten is een groot opslagsysteem nodig. Dit zal meerdere keren per dag geactiveerd worden, maar de energie die steeds geladen en ontladen wordt is relatief laag, dus de onlaaddiepte (DoD) is laag.

### Co-locatie met zon of wind

Een energieopslagsysteem in combinatie met zonne- of windenergie kan verschillende toepassingen hebben. De eenvoudigste is piekschering (*peak shaving*), waarbij boven een bepaalde limiet de energie niet rechtstreeks aan het net wordt geleverd, maar opgeslagen in het opslagsysteem en op een later moment weer afgegeven. De piek wordt gelimiteerd om overproductie of lokale overbelasting van het net te voorkomen. Overproductie treedt vaak op in tijden van een lage elektriciteitsprijs op de markt, dus tegelijk kan ook energiehandel worden toegepast (de wind- of zonne-energie tijdelijk opslaan en later, bij een hogere prijs, verkopen).

In veel gevallen heeft het de voorkeur om een voorspelbaar constant of langzaam variërend uitgangsvermogen van een opwekkingsbron te hebben. Een opslagsysteem kan worden gebruikt om dit mogelijk te maken voor een zonneveld of windpark door te laden wanneer het zon/windvermogen boven een bepaalde waarde ligt en te ontladen wanneer het onder deze waarde ligt. Dit regelgedrag kan op basis van minuten of seconden uitgevoerd worden door een opslagsysteem. Dit wordt aangegeven met de Engelse termen *smoothing*, *firming* en *ramp rate control*.

Het opslagsysteem zal gemiddeld éénmaal per dag worden gebruikt, mogelijk vaker (bijvoorbeeld bij windenergie) en wordt daarbij meestal geheel opgeladen en later weer geheel ontladen. Dit betekent veel laadcycli per jaar. In geval van zonne-energie zal het opslagsysteem in Nederland in de winter veel minder vaak nodig zijn dan in de zomer.

### **Congestiemanagement**

Tijdens momenten van piekproductie (bijvoorbeeld van een zonnepark midden op de dag) kan het voorkomen dat het lokale net wordt overbelast. Een opslagsysteem kan deze overbelasting of congestie verhelpen door tijdelijk de elektriciteit lokaal op te slaan en later op de dag weer te leveren. Dit kan ook optreden doordat meerdere systemen tegelijk energie leveren in een net dat lokaal overbelast raakt, bijvoorbeeld een straat met veel PV-systemen op de huizen. Omgekeerd kan congestie ook optreden als veel verbruikers in een straat tegelijk elektriciteit nodig hebben, bijvoorbeeld elektrische auto's die tegelijk gaan laden. In dat geval moet het opslagsysteem tijdelijk leveren (ontladen) en kan het op een rustig moment weer worden opgeladen. In deze gevallen bedient het opslagsysteem niet zozeer de energieopwekker of de verbruiker, maar de netbeheerder, die lokaal een te zwak net heeft.

In de toekomst zou congestiemanagement een marktproduct kunnen worden voor netbeheerders, zodat zij flexibiliteit kunnen inkopen. Opslagsystemen zouden zeer geschikt zijn om deze flexibiliteit te leveren. Congestiemanagement kan op verschillende niveaus van toepassing zijn, bijvoorbeeld: straat, woonwijk, zonnepark, hoogspanningsnet. Daarvoor zijn dus systemen van verschillende groottes nodig.

Congestiemanagement is nodig als lokaal alle opwekking of alle extra consumptie tegelijk plaatsvindt. Dit zal dus waarschijnlijk slechts enkele uren per week optreden en daarom niet veeleisend zijn voor het opslagsysteem.

### **Buurtbatterij**

Een buurtbatterij is een opslagsysteem in een woonwijk of op een bedrijventerrein voor congestiemanagement (zie hierboven). Als (in een toekomstig scenario) de buurtbatterij eigendom kan zijn van de buurt (de gezamenlijke bewoners), dan zou deze ook gebruikt kunnen worden voor zelf-consumptie: overdag opladen met eigen zonne-energie en 's avonds ontladen voor eigen verbruik. Ook energiehandel behoort dan tot de mogelijkheden. Een buurtbatterij is rechtstreeks aangesloten op het net, dat wil zeggen 'vóór de meter', dus niet in een huis of gebouw achter een netaansluiting ('achter de (elektriciteits)meter').

De buurtbatterij zal voor zelf-consumptie vooral in de zomer worden gebruikt. Voor energiehandel zou hij elke dag worden gebruikt, dus veel laadcycli per jaar.

### **Zelf-consumptie in huis - Thuisopslag (thuisbatterij)**

Thuisopslag is gelijk aan een buurtbatterij, maar dan in een huis in plaats van op wijkniveau. Ook deze kan gebruikt worden voor zelf-consumptie van de eigen zonnestroom (eventueel energiehandel) en voor congestiemanagement, namelijk als de aansluiting van het huis op het net beperkt is. De thuisbatterij zit 'achter de meter'.

Ook de thuisbatterij zal voor zelf-consumptie vooral in de zomer worden gebruikt. Voor energiehandel zou hij elke dag kunnen worden gebruikt, dus veel laadcycli per jaar.

### **Zelf-consumptie voor een bedrijf – Energieopslag voor bedrijfslocatie achter de meter (bedrijfsbatterij)**

Ook voor een bedrijf kan een 'thuisbatterij' (ook 'opslag achter de meter') interessant zijn, bijvoorbeeld voor zelf-consumptie in combinatie met wind- of zonne-energie. Ook kan het opslagsysteem gebruikt worden om de maximale (dagelijkse/ wekelijkse/ maandelijkse) piek in het elektriciteitsverbruik te verlagen (piekschering). Dit kan betekenen dat het bedrijf op de netaansluitkosten kan besparen. Tegelijkertijd kan de bedrijfsbatterij ook dienst doen als noodstroomsysteem: als het net uitvalt, kan de batterij gedurende een bepaalde tijd elektriciteit blijven leveren, zodat het bedrijf kan doorwerken.

Ook de bedrijfsbatterij zal voor zelf-consumptie (met zon) vooral in de zomer worden gebruikt, met windenergie mogelijk het hele jaar door. Voor energiehandel zou hij elke dag kunnen worden gebruikt, dus ook weer veel laadcycli per jaar.

### Noodstroom / UPS

Voor bepaalde bedrijfstakken (bijvoorbeeld datacenters) is noodstroom een belangrijke dienst, waarvoor een opslagsysteem ingezet kan worden. Noodstroom heet ook wel *'uninterruptible power supply'* (UPS). Een afgeleide hiervan is de mogelijkheid om een *'black start'* te leveren: het opslagsysteem kan energie leveren om het net weer op te starten als dat geheel is weggevallen, en ook om energieopwekkers te ondersteunen bij het opstarten.

Deze diensten zullen zeer zelden geleverd moeten worden (in een bedrijf in Nederland minder dan één keer per jaar), dus het systeem zal vooral *stand-by* staan en het aantal laad/ontlaadcycli zal zeer laag zijn.

### Mobiele energie

Een opslagsysteem, vooral een batterij, kan als een mobiel systeem worden uitgevoerd en daarmee op wisselende locaties een tijdelijke energievoorziening leveren die niet aan het openbare net is gekoppeld. Dit kan bijvoorbeeld zijn voor een festival of concert of op een bouwplaats. We spreken dan van een microgrid of eilandbedrijf. Als er geen lokale opwekking is, wordt het opslagsysteem bij de leverancier opgeladen en kan het op locatie energie leveren voor bijvoorbeeld drie dagen, totdat het leeg is. In combinatie met lokale opwekking (bijvoorbeeld uitklapbare zonnepanelen of een mini-windturbine) kan het systeem meerdere dag of weken energie leveren.

Een opslagsysteem voor mobiele energie zal in het algemeen volledig ontladen worden, maar zo'n laad-ontlaadcyclus zal slechts ongeveer één à twee keer per week optreden.

### Schaalgrootte van de batterij

In Tabel 4 worden de toepassingen van een opslagsysteem gekoppeld aan de schaalgrootte, dat wil zeggen de opslagcapaciteit van het systeem. In theorie kunnen alle toepassingen op elke schaalgrootte worden toegepast, maar in de tabel worden de meest logische combinaties weergegeven. De hierboven gebruikte termen bij de toepassingen (bijvoorbeeld thuisbatterij, buurtbatterij) geven ook al een bepaalde logische systeemgrootte aan. Daarnaast is het ook nog mogelijk dat een groot aantal kleine of middelgrote systemen gezamenlijk worden aangestuurd alsof ze één groter systeem zijn voor een bepaalde toepassing. Dit heet gedistribueerde energieopslag en is ook meegenomen in de tabel.

**Tabel 4 Toepassingen van batterij-opslagsystemen en de meest logische schaalgrootte**

	Klein (tot 100 kWh)	Middelgroot (tot 2 MWh)	Groot (> 2 MWh)	Gedistribueerd (> 2 MWh)
Energiehandel		X	X	X
Ancillary services			X	X
Co-locatie met zon of wind		X	X	
Congestiemangement			X	X
Buurtbatterij (congestiemangement) <sup>25</sup>		X		
Zelf-consumptie – Thuisbatterij	X			
Zelf-consumptie – Bedrijfsbatterij		X		
Noodstroom / UPS		X		
Mobiele energie		X		

<sup>25</sup> De primaire toepassing van een buurtbatterij is doorgaans congestiemangement, waarbij één of meerdere additionele toepassingen ook mogelijk zijn.

## APPENDIX D - ANTWOORDEN OP ONDERZOEKSVRAGEN

De opdrachtschrijving voor dit onderzoek /9/ bestaat uit dertien onderzoeksvragen die beantwoord dienen te worden. Deze onderzoeksvragen zijn in deze Appendix genummerd (originele nummering) en omkaderd weergegeven. Op elke vraag volgt een beknopt antwoord, wat een samenvatting is van de in hoofdstuk 3, 4 en 5 beschreven resultaten. Details en achtergronden zijn dus in die voorgaande hoofdstukken te vinden.

### 1.1 Welke second-life toepassingen van gebruikte autobatterijen kunnen worden onderscheiden?

Eigenschappen van second-life toepassingen waarbij prestaties, veiligheid en functionaliteit van gebruikte autobatterijen verschillen ten opzichte van nieuwe batterijen, zijn gehanteerd als selectiecriteria. Hoe meer een toepassing voldoet aan de volgende criteria, hoe geschikter deze is: lage energiedichtheid, beperkt aantal laad-ontlaadcycli per jaar, geringe ontladingsdiepte (DoD), laag veiligheidsrisico, kleine tot gemiddelde schaalgrootte, en geringe complexiteit van de regeling/aansturing. Op basis van het scoren van mogelijke toepassingen op deze criteria, lijken ancillary services (systeemdiensten voor het elektriciteitsnet), noodstroom/UPS, energieopslag achter de meter voor bedrijven en mobiele stroomvoorziening de meest geschikte toepassingen, wat goed overeenkomt met de focus van marktpartijen.

#### 1.1.1. Welke eisen stelt elke nieuwe toepassing aan de batterij (beschikbaarheid van de batterijdata, restcapaciteit, type batterij etc.)?

In beginsel gelden voor een second-life batterij dezelfde eisen als voor een nieuwe batterij. De batterij moet veilig zijn en het BMS (het originele of een nieuwe) moet volledig functioneren. Het BMS moet communiceren met het regelsysteem van de toepassing. Het technische einde van de levensduur van de batterij in second-life toepassingen wordt tussen 50% en 60% restcapaciteit bereikt, wat daarom als minimum kan worden gehanteerd.<sup>26</sup> Er is data van de batterij nodig om de geschiktheid voor een toepassing snel en goed te kunnen beoordelen en om een goede werking mogelijk te maken.

##### 1.1.1.1. Op basis van welke informatie wordt nu bepaald waar welke batterij voor wordt ingezet? Welke informatie over de batterij is nodig en/of wenselijk om de batterij optimaal te kunnen waarderen en te bepalen voor welke toepassing deze geschikt is?

Om te bepalen voor welke second-life toepassing een gebruikte autobatterij kan worden ingezet is de State of Health (SoH) belangrijk; hoe hoger de SoH, hoe minder versleten de batterij en des te belastender en zwaarder de toepassing kan zijn. Voor batterijen aan het eind van hun economische levensduur voor gebruik in de auto, doorgaans gedefinieerd als 70% , is de toepassingskeuze niet zozeer afhankelijk van informatie over de batterijen, maar voornamelijk een commerciële beslissing op basis van een beperkte set criteria (zie vraag 1.1).

Het type batterij is niet van belang voor de keuze voor hergebruik: alle Li-ion EV-batterijen zijn vergelijkbaar en hebben vergelijkbare technische eigenschappen, zoals capaciteitsdegradatie en celspanning.

De hieronder genoemde informatie zou ten behoeve van waardering van de batterij idealiter beschikbaar moeten zijn uit het BMS: basiseigenschappen van de batterij (onder andere merk, celchemie, celafmetingen, samenstelling module/pack; koelingsprincipe), SoH, gebruiksgeschiedenis, opgetreden fouten (foutcodes), uiterste temperaturen, stroomwaarden en mechanische schokken.

De genoemde informatie draagt bij aan een zo goed mogelijke inschatting van de restlevensduur van de batterij. Informatie over extreme temperaturen, stromen en schokken zijn ook belangrijk om een goede inschatting te maken van de veiligheidsrisico's van de batterij. In combinatie met de basiseigenschappen van de batterij maakt dit een inschatting van de geschiktheid en de waarde mogelijk.

<sup>26</sup> Naast de capaciteit verslechteren ook de interne weerstand en het te leveren vermogen van de batterij.

1.1.1.2. Is deze informatie beschikbaar?

De bij het antwoord op vraag 1.1.1.1 genoemde informatie is beschikbaar in het BMS van de batterij, echter alleen voor de autofabrikant en alleen om achteraf de historie van de batterij te analyseren, met name voor onderzoeksdoeleinden en om de batterij verder te verbeteren.

Voor de autobedrijven (dealers, garagebedrijven, reparateurs) is veelal SoH informatie beschikbaar, maar niet bij alle automerken (zie het rapport batterijcheck van TNO en DNV /4/). De overige parameters die genoemd zijn, zijn voor autobedrijven niet beschikbaar zonder tussenkomst van de betreffende autofabrikant.

1.1.2. Hoe ziet de keten voor de second-life toepassingen eruit en welke partijen zijn hierbij betrokken?

De voornaamste nieuwe rol in de waardeketen voor second-life toepassingen, in vergelijking met een algemene keten voor EV of stationaire storage batterijen, is de partij die zich bezighoudt met het ombouwen en testen van de gebruikte batterijen. Er is momenteel een klein aantal partijen die deze rol vervullen.

1.1.3. Hoe is het verdienmodel voor de toepassing opgebouwd en in hoeverre is deze rendabel?

De verdienmodellen voor de beschreven second-life toepassingen zijn gelijk aan die voor nieuwe batterijen en in Nederland vooralsnog sterk afhankelijk van de situatie. In plaats van het verdienmodel per toepassing te bekijken, is het dus van belang om het kostenplaatje van second-life batterijen helder te krijgen, om zo te kunnen vergelijken met nieuwe batterijen. Een succesvol verdienmodel is momenteel de FCR-markt (ancillary services).

1.1.4. Welke waarde hebben gebruikte batterijen in de verschillende toepassingen en wat betekent dat voor de restwaarde van elektrische auto's?

Ongeacht de toepassing is de waarde die gerealiseerd kan worden door een gebruikte batterij gelijk aan die van een nieuwe batterij, per kilowatt en kilowattuur beschouwd (dus voor systemen met gelijke vermogens en capaciteiten). Om de restwaarde te bepalen van de gebruikte batterij kan er daarom het beste gekeken worden naar het verschil tussen gebruikte batterij en nieuwe batterijen, waarbij de kosten voor repurposing en de sterke kostendaling voor nieuwe batterijen de belangrijkste factoren zijn. Die restwaarde is waarschijnlijk voorlopig negatief, met uitzondering van speciale gevallen op kleine schaal.

1.1.5. In hoeverre bestaat (in de toekomst) het risico dat batterijen voor het einde van de levensduur van auto en batterij, uit de auto worden gehaald omdat de waarde van de batterij hoger is in een andere toepassing?

Het verdienmodel voor second-life partijen is in veel gevallen nog niet positief en daarnaast zijn de kosten van repurposing van gebruikte batterijen bijna gelijk aan de kosten van nieuwe batterijen. Het loont zich daarom niet om batterijen uit een EV te halen voor een second-life toepassing (afgezien van speciale gevallen zoals bij terugroepacties en ongelukken), en DNV acht het niet realistisch dat dit scenario zal plaatsvinden. Autofabrikanten hebben er bovendien belang bij de batterij zo lang mogelijk in de auto toe te passen en daarna zelf in te nemen, om het voor hen risicovolle second-life gebruik te voorkomen, en om grondstoffen te kunnen recyclen wat naar verwachting vereist zal worden in nieuwe EU-regelgeving.

1.1.6. Hoeveel autobatterijen komen jaarlijks beschikbaar, en hoe zijn deze verdeeld over de toepassingen? Is er sprake van import en/of export?

Zie Figuur 3 in paragraaf 4.4 voor een voorspelling van het aantal EV-batterijen dat jaarlijks beschikbaar komt voor een second-life toepassing. Zie paragraaf 3.5 voor de meest geschikte toepassingen. Er wordt verwacht dat een deel van de EV-batterijen in de vorm van een tweedehandse auto de Nederlandse markt verlaat. Daarnaast zal, afhankelijk van de ontwikkeling binnen Nederland, mogelijk een deel van de gebruikte batterijen worden geëxporteerd voor recycling buiten Nederland (e.g. Umicore).

2.2.1. Welke belemmeringen (financieel, wet- en regelgeving / juridisch, veiligheid (Arbo technisch/opleidingen) etc.) zijn er voor het hergebruik van autobatterijen, op dit moment of in de toekomst? Hoe zouden deze kunnen worden ondervangen?

In Tabel 5 hieronder worden de belangrijkste punten en bijbehorende mogelijke ondervanging op hoofdlijnen aangegeven. Maatregelen waaraan weinig nadelen kleven voor Nederland ("no regret" maatregelen) zijn inzetten op standaardisering van EV-batterijen en second-life-ready ontwerpen daarvan, inzetten op toegankelijkheid van de BMS-gegevens, verbeterde risicobelegging voor second-life systemen (bijvoorbeeld door een leasemodel en/of een garantiefonds) en pre-competitieve kennisdeling met betrekking tot (onder andere) veiligheidsaspecten van second-life batterijen.

**Tabel 5 Hergebruik van EV-batterijen: belemmeringen en mogelijke ondervangingen**

Categorie	Belemmering	Mogelijke ondervanging
<b>Financieel</b>	Talrijke technische en veiligheidsuitdagingen leiden tot significante kosten (hardware en arbeid), waardoor niet geconcentreerd kan worden met de lage (en verder dalende) kosten van nieuwe batterijen	Aanpassingen EV-batterijen afdwingen: standaardisatie, ontwerp second-life-ready, toegankelijkheid BMS en gegevens daarin. Schaalvoordeel benutten. Kennisdeling en training over aanpak technische en veiligheidsuitdagingen.
<b>Financieel</b>	Second-life systemen hebben verhoogde risico's m.b.t. prestatie, beschikbaarheid en veiligheid, zonder fabrieksgarantie, wat tot hogere kosten leidt (risicobudget) en voor terughoudendheid zorgt bij eindgebruikers	Vermindering van de risico's (zie hieronder bij veiligheid) en risico's neerleggen bij de juiste partij (leasemodel, garantiefonds, geschikte gebruiker en toepassing)
<b>Wet- en regelgeving</b>	Second-life batterijen worden voor de wet beschouwd als afval, wat leidt tot extra administratie (bijvoorbeeld registratie van second-life bedrijf als afvalverwerker), kosten en vertragingen	Nieuwe Europese wetgeving en evt. Nederlandse aanvullingen, met specifieke proviesies voor second-life batterijen. Vereenvoudigen uitvoering huidige wetgeving.
<b>Veiligheid</b>	Risico's door incomplete gebruiksgeschiedenis (mogelijke incidenten/problemen niet geïdentificeerd), kleinschalige complexe werkzaamheden (risico op fouten), technische uitdagingen, geen / verouderde certificering, in combinatie met prijsdruk	Afdwingen toegankelijkheid BMS/gegevens; veiligheidscheck c.q. testen verplichten voor bepaalde toepassingen of locaties. Schaalvergroting maakt veiliger werken mogelijk. Kennisdeling en training over aanpak veiligheidsuitdagingen.
<b>Techniek</b>	Talrijke uitdagingen: diverse technische acties/aanpassingen nodig voor gebruik in andere toepassingen; lagere energiedichtheid; weinig personeel met voldoende en specifieke ervaring	Aanpassingen EV-batterijen afdwingen: standaardisatie, ontwerp second-life-ready, toegankelijkheid BMS en gegevens. Schaalvoordeel benutten. Kennisdeling en training over aanpak technische en veiligheidsuitdagingen.
<b>Overige: schaalgrootte</b>	Beschikbaarheid van EV-batterijen is momenteel beperkt tot relatief kleine aantallen	In afwachting van toekomstige groei, second-life bedrijven stimuleren en in staat stellen ook andere stromen te gebruiken voor hun systemen, zoals

	uit speciale stromen zoals recalls en batterijen uit kapotte auto's.	nieuwe batterijen (opdat ze niet stilzitten bij een tijdelijk gebrek aan second-life batterijen).
<b>Overige: startups</b>	Opstarten second-life activiteiten moeilijk (m.n. voor startup): technisch complex, financieel uitdagend, tijdrovend vanwege afvalvergunningen, etc.	Stimulering second-life activiteiten d.m.v. investeringen, versnelde procedures, kennisdeling en training, etc.

**2.2.2 Welke veiligheidsaspecten en juridische aspecten zijn van belang bij hergebruik en de opslag van EV-batterijen? Welke kwaliteitseisen zijn noodzakelijk?**

Gebruikte batterijen gelden als afval, waarbij afvalwetgeving vereist dat second-life bedrijven zich moeten registreren als afvalverwerkers en dat vervoer de nodige administratie vereist (en dus tijd en geld). Een geheel ander punt is dat autofabrikanten geen juridische aansprakelijkheid willen hebben voor second-life systemen (die een hoger risicoprofiel hebben), wat hen zeer terughoudend maakt met betrekking tot ondersteuning van hergebruik. Een belangrijke ontwikkeling is de Europese Batterijen Verordening<sup>27</sup>, die naar verwachting ingevoerd wordt in 2022 (maar sommige onderdelen worden pas vanaf 2025 of later van kracht). Deze bevat een aantal voor second-life systemen zeer relevante onderdelen, zoals verplichtingen met betrekking tot het beschikbaar stellen van batterijgegevens, specifieke regelgeving over second-life batterijen en recycling-stimulerende eisen.

Gezien het verhoogde veiligheidsrisico van second-life batterijen zou het wenselijk zijn om, afhankelijk van de historie van de gebruikte batterij, een meer of minder uitgebreide veiligheidscheck uit te voeren. Dit kan een samenstelling zijn van visuele inspectie, analyse van historische data en een testprogramma. In internationale batterijnormen wordt hier wel aandacht aan besteed in de vorm van aandachtspunten en aanbevolen test- en evaluatieprocedures, maar er worden (nog) geen expliciete aanvullende eisen (over kwaliteit en veiligheid) aan second-life batterijen ten opzichte van nieuwe batterijen gesteld. De twee leidende normen hiervoor zijn IEC 63338 / 63330<sup>28</sup> en UL 1974<sup>29</sup>.

**2.2.3. Hoe wordt op dit moment invulling gegeven aan het op de markt brengen van een nieuw product in relatie met regelgeving hieromtrent? (REACH, RoHS, productveiligheid etc.) In hoeverre zijn bedrijven die deze nieuwe producten op de markt brengen van bewust van de regelgeving?**

Productveiligheid krijgt zeker aandacht, maar vanwege kosten en complexiteit is het niet altijd duidelijk of het product daadwerkelijk veilig genoeg is. Er zijn geen verplichte standaarden en daarnaast is certificering praktisch nauwelijks haalbaar. RoHS<sup>30</sup> is niet van toepassing, REACH<sup>31</sup> niet anders dan bij nieuwe batterijen, waarbij dit wel kan veranderen omdat de chemische samenstelling van nieuwe producten vaak aangepast wordt.

**2.2.4. (Hoe) kan worden voorkomen dat ongecontroleerde batterijen op de vrije markt komen en dan een eigen leven gaan leiden (groot afbreukrisico)? (Op welk vlak) is wet- of regelgeving gewenst?**

Voor gebruikte EV-batterijen die bij partijen als dealers en garages terechtkomen, kan regelgeving worden opgezet om second-life gebruik zo veilig mogelijk te maken en tevens te voorkomen dat ongecontroleerde batterijen op de markt komen. Voor consumenten en andere eigenaren van EV-batterijen is dit momenteel echter lastig te voorkomen. Batterijontwerpkeuzes van autofabrikanten kunnen uitkomst bieden. Verder is een leasemodel of toepassing van borg denkbaar om auto-eigenaren te kunnen stimuleren of dwingen de batterij bij gereguleerde partijen in te leveren.

<sup>27</sup> [https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators\\_en](https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators_en)

<sup>28</sup> IEC 63338 (planned for 2023): General guidance for reuse of secondary cells and batteries; IEC 63330 (planned for 2023) Requirements for reuse of secondary batteries

<sup>29</sup> UL 1974: Standard for Safety Evaluation for Repurposing Batteries

<sup>30</sup> Zie voor meer informatie bijvoorbeeld [https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/rohs-directive\\_en](https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/rohs-directive_en)

<sup>31</sup> Zie voor meer informatie bijvoorbeeld <https://echa.europa.eu/nl/regulations/reach/understanding-reach>

## APPENDIX E - INTERVIEWS

### Inleiding en aanpak

Om de onderzoeksvragen van deze studie (zie Appendix B) te beantwoorden is gebruik gemaakt van kennis en ervaring van DNV-experts, openbare informatie, informatie van DNV (bijvoorbeeld uit eerdere onderzoeken, berekeningen en tests) en nieuwe berekeningen en analyses. Er is gekozen voor interviews met diverse belanghebbenden uit de second-life waardeketen voor EV-batterijen, evenals brancheorganisaties, als aanvullende bronnen. Met name met betrekking tot kansen en belemmeringen voegt het waarde toe (bijvoorbeeld aanvullende punten, nuanceringen, details) om input te krijgen van partijen die daar zelf over (moeten) nadenken en daarbij betrokken zijn.

De inhoud van de interviews is in overleg met diverse geïnterviewden niet letterlijk weergegeven in dit openbare rapport. In veel gesprekken is af en toe potentieel gevoelige informatie ter sprake gekomen, zoals concurrentiegevoelige inzichten, plannen en achtergronden die (nog) niet openbaar zijn, of persoonlijke meningen die kunnen afwijken van het officiële standpunt van hun organisatie. Voor letterlijke weergave van al het besprokene hebben de betreffende organisaties geen toestemming gegeven. In plaats daarvan is een uitgebreide analyse gemaakt van alle informatie uit alle interviews, met als uitkomst een uitgebreid overzicht met inzichten en trends, die meegenomen zijn bij beantwoording van de onderzoeksvragen. Dat geen letterlijke citaten gebruikt worden is gezien het doel van de interviews geen probleem voor dit onderzoek.

### Geïnterviewde partijen

Een voorstel van DNV voor te interviewen partijen is door vertegenwoordigers van het Formule E-Team iets aangepast en aangevuld tot een lijst van 13 partijen. Met alle partijen heeft een interview plaatsgevonden, behalve met Nissan Nederland. Deze laatste verwees door naar Nissan Europe, wat geen reactie heeft gegeven op diverse contactpogingen. Om toch meer input vanuit het perspectief van autofabrikanten en -importeurs mee te nemen is ter compensatie een extra interview ingepland met de RAI Vereniging. De uiteindelijke lijst met benaderde en geïnterviewde partijen en personen staat in Tabel 6.



**Tabel 6 Lijst met voor interviews benaderde belanghebbenden**

Organisatie	Contactpersoon	Status
Alfen	Evert Raaijen	Geïnterviewd
EASE	Jacopo Tosoni	Geïnterviewd
EcarAccu	Jasper Baltus	Geïnterviewd
Energy Storage NL	Stefan Olsthoorn	Geïnterviewd
Eucobat	Peter Binnemans	Geïnterviewd
Nissan	John Ratsma	Doorverwezen, daarna geen reactie
Pampus	Tom van Nouhuys	Geïnterviewd
Pon	Eric Pullens	Geïnterviewd
RAI Vereniging	Wout Benning	Geïnterviewd
Spiers New Technology	Robert Storm	Geïnterviewd
Tesla	Koen Schröder	Geïnterviewd
Time Shift Energy Storage	Casper Scheltinga	Geïnterviewd
Triodos	Remco de Bie	Geïnterviewd
Vattenfall / Nuon	Nienke Hosman	Geïnterviewd

## Inzichten en observaties

Hieronder zijn de belangrijke inzichten en observaties weergegeven die zijn voortgekomen uit grondige en gedetailleerde analyse van alle interviews. Het is belangrijk om te benadrukken dat het in deze paragraaf beschrevene gebaseerd is op de input van de geïnterviewden en geen meningen of conclusies van de auteurs van dit rapport bevat. De antwoorden op de onderzoeksvragen van deze studie worden gegeven in hoofdstuk 3, 4 en 5, waarin naast andere bronnen ook de interviewresultaten zijn meegenomen.

Een belangrijk en door veel organisaties gedeeld inzicht is dat het technisch goed mogelijk is om EV-batterijen te hergebruiken in een andere toepassing (*second-life*). Op dit gebied zijn een aantal partijen in Nederland<sup>32</sup> actief. Er bestaan wel een aantal technische uitdagingen, waaronder: BMS-toegang (vanwege alle waardevolle/essentiële gegevens daarin), bepaling en aanpak veiligheidsrisico's, bepaling resterende prestaties, systeemvoltage, elektrische isolatie, koeling, kosten van de-/remontabiliteit, en omgang met vele en snel veranderende typen batterijen.

Gebruik makend van beperkte stromen batterijen (zoals uit terugroepacties door fabrikanten en kapotte auto's) bestaat er momenteel een kleine afzetmarkt voor *second-life* systemen. Vanwege o.a. bovengenoemde technische complexiteit en kosten daarvan, van toepassing zijnde strenge afvalwetgeving, en concurrentie door lage en verder dalende prijzen van nieuwe batterijen, is momenteel een slimme kleinschalige aanpak nodig. Zelfs als het aanbod groter wordt in de nabije toekomst lijkt schaalvergroting niet eenvoudig, onder andere door inhomogeniteit in het batterijenaanbod (typen en gebruiksgeschiedenis), en is de *second-life* markt sterk afhankelijk van autofabrikanten en regelgeving.

De verwachte Europese Batterijenverordening zal meer duidelijkheid bieden met betrekking tot *second-life* batterijen en ook technische randvoorwaarden scheppen, maar tegelijk vanwege recycling-eisen terugname door autofabrikanten stimuleren in plaats van *second-life* gebruik.

Er is nog maar een beperkt aantal grote projecten met *second-life* batterijen en de voornaamste redenen lijken vaak PR, leerdoelen of duurzaamheidsredenen. Naast batterijkosten zijn belemmeringen in zulke gevallen (financiële) onzekerheden, opschalingsuitdagingen, ontbrekende certificering en wisselende kwaliteit.

Diverse autofabrikanten ondersteunen hergebruik niet voor derde partijen vanwege aansprakelijkheid, PR-risico bij een incident en vanwege eigen recyclingdoelen. Deze batterijen geschikt maken voor *second-life* (bijvoorbeeld BMS openstellen) is daarom niet iets waar zij op willen inzetten.

---

<sup>32</sup> Modules van meerdere autobatterijen kunnen ook gecombineerd worden en als een nieuwe autobatterij hergebruikt worden; dit heet *refurbishment*.



## **About DNV**

DNV is the independent expert in risk management and assurance, operating in more than 100 countries. Through its broad experience and deep expertise DNV advances safety and sustainable performance, sets industry benchmarks, and inspires and invents solutions.

Whether assessing a new ship design, optimizing the performance of a wind farm, analyzing sensor data from a gas pipeline or certifying a food company's supply chain, DNV enables its customers and their stakeholders to make critical decisions with confidence.

Driven by its purpose, to safeguard life, property, and the environment, DNV helps tackle the challenges and global transformations facing its customers and the world today and is a trusted voice for many of the world's most successful and forward-thinking companies.