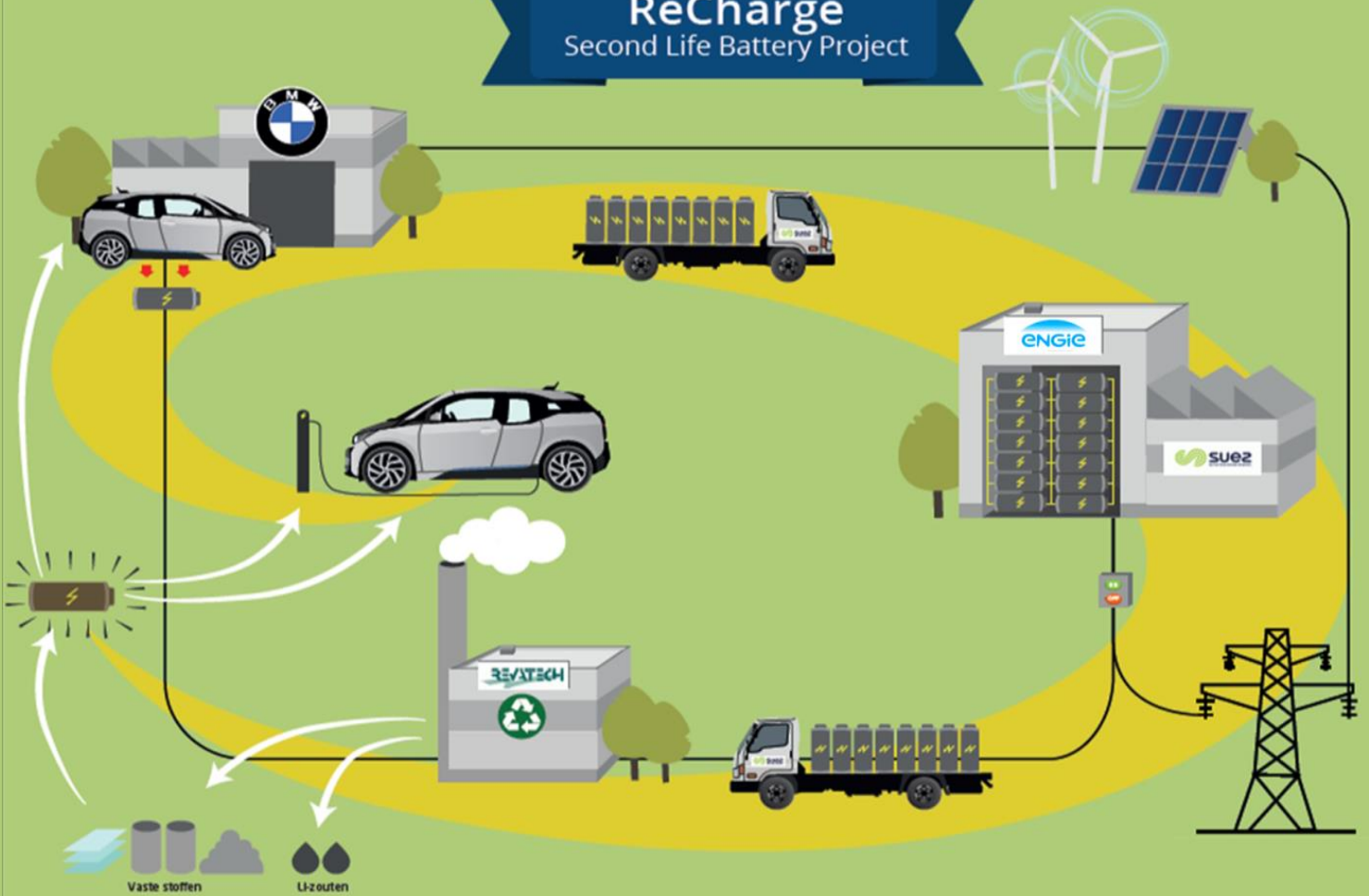


ReCharge Second Life Battery Project



Haalbaarheidsonderzoek

ReCharge (openbaar)

versie 2.0 (definitief)



Gegevens project

Projectnummer	TESIS15012
Projecttitel	ReCharge, second life batteries
Penvoerder	SUEZ (voorheen: SITA Nederland)
Medeaanvragers	ENGIE (voorheen: Cofely Nederland)
Projectperiode	september 2015 – maart 2017
Oplevering rapport	10 februari 2017, versienummer 2.0 (definitief)

Leeswijzer

Deze eindrapportage wordt geleverd in twee versies; een openbare versie en een vertrouwelijke versie. In het openbare deel zijn passage en/of bijlages verwijderd die als vertrouwelijk zijn aangemerkt. De inhoud van de hoofdstukken en paragrafen zijn verwijderd, de titel van het hoofdstuk of paragraaf blijft echter wel zichtbaar.

Het rapport houdt de volgorde aan van de flow van het project. Aan het einde van het rapport zijn afkortingen opgenomen, literatuurverwijzingen en relevante bijlages. Daar waar het openbaar te raadplegen documenten (bijvoorbeeld wetgeving) of figuren betreft is hier geen separate bijlage van opgenomen.

Het rapport geeft antwoord op organisatorische, juridische, economische en technische vraagstukken. Voor de leesbaarheid zijn deze hoofdstukken deels in elkaar verweven. Zo zijn de juridische aspecten van sec de technologie opgenomen in de hoofdstukken over techniek (H5 en H6).

Daar waar in het rapport wordt gesproken over ENGIE wordt bedoeld ENGIE Services, tenzij anders vermeld.

Dankwoord

Op deze plek een woord van dank aan alle partijen die hebben meegewerkt aan het verkrijgen van de juiste informatie nodig om dit rapport te kunnen opstellen en om de aanzet te kunnen maken voor de eerste pilot. De rol van ARN (o.a. dhr. Hector Timmers) hierbij in het bijzonder.

Subsidie

Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
1. Inleiding.....	7
2. Onderzoekopzet.....	9
2.1. Hoofdvraag en onderzoeksvragen.....	9
2.2. Aanpak.....	10
2.3. Fasering	10
2.4. Projectorganisatie.....	10
2.5. Partners	11
3. Achtergrond.....	12
3.1. Huidige situatie / markt ontwikkeling / context.....	12
3.2. Huidig juridisch kader	14
3.3. Toekomst scenario's.....	17
4. Aanvoer van accusystemen	18
4.1. Eerste batch batterijen ReCharge.....	18
4.2. Transport	19
5. Inpassing van de PowerTower.....	20
5.1. Onderzoeksvragen.....	20
5.2. Uitwerking theoretische vragen	21
5.3. Ontwerp keuze	26
6. Toepassing van de PowerTower (vertrouwelijk).....	27
7. Afvoer & Recycling.....	28
7.1. Recycling van Lithium ion batterijen	28
7.2. Recycling van lood-zuur batterijen.....	30
8. Onderzoeksresultaten	32
8.1. Resultaten.....	32
8.2. Vervolg.....	32
9. Conclusie.....	33
10. Aanbeveling	34
11. Uitvoering van het project (t.b.v. RVO)	35
11.1. Opgetreden problemen	35
11.2. Eisenverificatie.....	36
11.3. Wijzigingen ten opzichte van het projectplan.....	36
11.4. Verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten	36
11.5. Kennisverspreiding	37
11.6. PR project en verdere PR-mogelijkheden.....	37

12. Woordenlijst en afkortingen	38
13. Literatuur	39
Bijlage A: Recharge infographics (openbaar)	40
Bijlage B: Beschrijving van de keten activiteiten (openbaar)	43
Bijlage C Battery (pack) specificaties (vertrouwelijk)	47
Bijlage D: Concept ontwerp lood-zuur storage (vertrouwelijk)	48
Bijlage E: Concept ontwerp Li-ion storage (vertrouwelijk).....	49
Bijlage F: Business cases (vertrouwelijk)	50
Bijlage G: Poster presentatie TKI Energie-Systeemintegratie event (openbaar)	51
Bijlage H: Persbericht (openbaar).....	53
Bijlage I: Verificatiematrix (openbaar).....	56

Samenvatting

Dit onderzoek richt zich op de vraag of het integreren van de afvalketen van gebruikte (automotive) batterijen in de energieketen een zinvolle is. Vanuit hun beider specialismes is deze vraag bij voormalig zusterbedrijven SUEZ en ENGIE naar boven gekomen en verder onderzocht. Om hierop antwoord te kunnen geven zijn vier aspecten verder uitgewerkt: juridisch kader, logistieke organisatie, economische haalbaarheid en technische invulling. Hoewel het project is gestart vanuit de behoefte een goede oplossing te vinden voor de Lithium ion batterijen van Elektrisch Voertuigen (EV's) is gedurende het onderzoek ook nader gekeken naar de traditionele lood-zuurbatterij uit o.a. de automotive sector. Belangrijkste reden van deze gedeeltelijke verschuiving was de onverwachte conclusie dat Li+ batterijen van EV's nog niet in voldoende mate op de markt beschikbaar zijn. Lood-zuuraccu's daarentegen in ruime mate. Om te komen tot een uitsluitsel of de noodzakelijke eigenschappen van beide batterijen in de second life toepassing voldoende zijn, is gestart om te komen tot een Minimum Viable Product (MVP). Hiermee wensen de partners snelheid te houden in het verkrijgen van meer inzicht in de geschiktheid van een opslageenheid opgebouwd uit gebruikte batterijen in het bestaande elektrische grid.

Juridisch

Het juridisch kader stelt strikte eisen aan transport en verpakking van gebruikte batterijen. Met name gebruikte Lithium ion batterijen lijken grotere gevaren met zich mee te brengen dan de huidige lood-zuur batterijen (explosie en brand versus zuur en corrosie). De ontwerptekst van nieuwe LAP 3 geeft de mogelijkheid om batterijen in te zetten als second life oplossing. Een End of Waste (E.o.W.) status aanvragen lijkt hiermee niet meer noodzakelijk. De partij die de ombouw doet zal wel de nieuwe batterijen moeten aanmelden en registreren bij ILT.

Organisatorisch

Batterijen in de automotive, zowel de batterijen voor aandrijving als voor hulpenergie, worden vaak preventief gewisseld. De status van de batterij is dan vaak nog goed (70% of beter). SUEZ heeft een landelijke dekking voor de inzameling en een gespecialiseerde route om bij de automotive industrie batterijen te mogen en kunnen inzamelen. De hoeveelheid batterijen van geschikte kwaliteit lijkt voldoende om jaarlijks ten minste 1 tot 3 MWh in de markt te zetten. ENGIE heeft de kennis en kunde in huis om de batterijen op een veilige wijze te verwerken in een opslag unit (PowerTower). Met zusterbedrijf ENGIE Energy zijn zij bovendien in staat om de inzet op de juiste, meest kritieke plekken te organiseren. De batterijen worden na hun second life afgevoerd naar speciaal daarvoor uitgeruste eindverwerkers. Deze eindverwerking gebeurt niet in Nederland en de verwachting is dat dit ook niet op korte en middellange termijn zal gaan plaatsvinden.

Technisch

ReCharge is begonnen met de ambitie om een oplossing te gaan bieden voor de verwachte toename van gebruikte batterijen van EV's op de (afval)markt. Technisch gezien zijn de Li+ batterijen interessanter dan de lood-zuur varianten. Echter, zolang volume en gewicht nog geen rol spelen in de toepasbaarheid is een variant ReCharge met lood-zuur batterijen zeker zo interessant gebleken om verder uit te werken. De economisch interessante toepassingen en de mogelijkheden van lood-zuur batterijen lijken deze keuze ook te rechtvaardigen. Bovendien is de huidige markt van gebruikte Li+ batterijen erg dun gebleken. De keuze is dan ook geweest om ervaring op te doen met de ruim aanwezige voorraad van gebruikte lood-zuur batterijen zonder de variant Li+ uit het oog te verliezen. In dit onderzoek is de engineering zo ver uitgewerkt dat de partners voldoende vertrouwen hebben om de ReCharge batterij daadwerkelijk als prototype te gaan uitvoeren. Begin 2017 volgen de eerste testen.

Economisch

Het ReCharge initiatief kent twee economische aspecten. Allereerst de aanschaf van gebruikte batterijen. Hiervoor is de inzamelingscapaciteit van de SUEZ Business Unit Inzameling Gevaarlijk Afval bijzonder geschikt. De loodzuur variant laat een positieve business case zien omdat met name lood-zuur batterijen geen ketendeficit kennen. Gesteld kan worden dat bij een redelijk stabiele markt de waarde van de gebruikte batterij bij start van het ReCharge onderdeel niet zal afnemen door en tijdens het gebruik. Dit in tegenstelling tot de lithi-

um batterij die aangekocht zal moeten worden zonder behoud of toename van waarde aan het einde van de levensduur.

De tweede economische conclusie is, dat er vele locaties zijn waar een ReCharge batterij ingepast kan worden in het bestaande energienet. Echter niet op elke plek zal de opbrengst interessant genoeg zijn om de investering te rechtvaardigen. Veranderende wetgeving is hier deels de oorzaak van. Dit rechtvaardigt ook de keuze van de partners om in deze nog volatiele wereld te starten met een economisch aantrekkelijke variant rondom lood-zuur batterijen. Gesteld kan worden dat er interessante mogelijkheden zijn gevonden voor de markt van primair regelvermogen.

ReCharge is echter ook voorbereid om de markt van consumenten te bedienen wanneer stimulerende maatregelen zoals saldering worden aangepast. Hoewel de vormfactor bij consumentenartikelen een rol kan spelen, is daar nu nog geen rekening mee gehouden. Modulariteit en flexibiliteit van diverse varianten krijgen nu de voorkeur boven vorm. *Form follows function*.

Conclusie

De conclusie van het onderzoek is, dat SUEZ en ENGIE voldoende mogelijkheden zien in de markt van gebruikte batterijen om een pilot installatie te bouwen en te gaan testen met droge lood-zuuraccu's. De bouw en het testen zal in enkele stappen worden opgevoerd van een 3,5 kWh installatie tot 100 kWh.

Momenteel wordt gewerkt aan de bouw van de eerste pilotinstallatie die begin 2017 gereed moet zijn.

1. Inleiding

Het idee van ReCharge is ontstaan uit een innovatieplatform rondom groene mobiliteit van de bedrijven Cofely, GDF-SUEZ en SITA, inmiddels respectievelijk ENGIE Services, ENGIE Energy en SUEZ. Tijdens deze sessie kwam naar voren dat twee waardeketens (energie en grondstoffen) die werden benoemd, gekoppeld aan elkaar mogelijk een dubbel interessante propositie zouden kunnen opleveren.

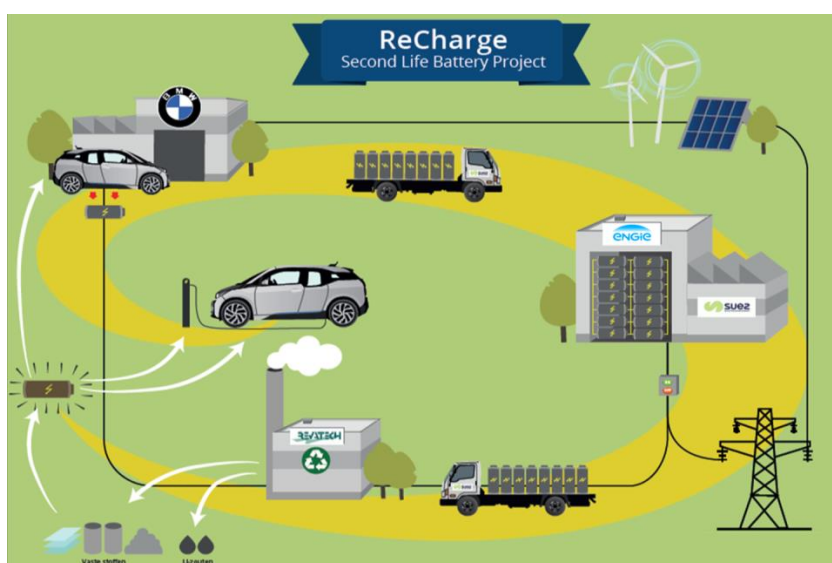
waardeketen energie

ENGIE voorziet vanuit haar rol een toenemende interesse en behoefte aan opslag van (duurzaam opgewekte) elektriciteit. Opslag in nieuwe batterijen is een technisch haalbare oplossing, maar lang niet altijd een rendabele oplossing. Hierdoor wordt veel tijd gestoken in alternatieve manieren om elektriciteit op te slaan, bijvoorbeeld door gebruik te maken van potentiële energie (hoogteverschil), chemische opslag etc. Het experimenteren van Vehicle to Grid (V2G) en Grid to Vehicle (G2V) oplossingen levert ook veel interessante inzichten op om extra opslagruimte voor elektriciteit te creëren. ENGIE neemt hierin een vooraanstaande positie in.

waardeketen grondstoffen

SUEZ zoekt vanuit haar nieuwe strategie naar het opwaarderen van afvalstoffen in nieuwe grondstoffen en producten en het sluiten van grondstofketens. Als grote speler op de markt van inzameling batterijen voorziet SUEZ een sterke toename van gebruikte Lithium ion batterijen uit EV's op de middellange termijn. Hoewel SUEZ een deelname heeft in het high tech verwerkingsbedrijf RevaTech in Luik (B) is er momenteel geen economisch interessante verwerking beschikbaar voor deze typische Li+ EV-batterijen. Er is hier duidelijk sprake van een ketendeficit.

De koppeling van deze twee wensen lijkt zeer logisch en voor de hand liggend. SUEZ is betrokken bij de inzameling en verwerking van batterijen die als afval zijn aangeboden. Met name batterijen uit de automotive kenmerken zich door de nog steeds aanwezige restcapaciteit. Veel batterijen worden preventief vervangen (bij 70% nieuwwaarde) hetzij om te blijven voldoen als startbatterij, hetzij om de gewenste actieradius te behouden bij EV's. ENGIE Services is in staat om van deze batterijen een energieopslag te maken die kan worden ingezet voor diverse doeleinden. ENGIE Energy is continu bezig om met haar assets een voorspelbare en controleerbare energiebalans te bewerkstelligen. Deze drie ketens zijn samengevat in een infographic (figuur 1) die gedurende het gehele project gediend heeft als basis voor het uitwerken van het idee ReCharge (grotere versie in bijlage A).



figuur 1: ReCharge project: gele lijn is de recycle keten, de zwarte lijn de energieketen

De infographic kent inmiddels een aantal varianten, maar in de basis gaat het om het integreren van de gele lijn zijnde de logistieke- en recyclingketen en de zwarte lijn voor de energieketen. De gele lijn beschrijft de

route van de batterij vanaf het moment van vervanging tot recycling. Daarbij wordt de batterij tijdelijk gebruikt in een PowerTower, een opslageenheid voor elektrische energie. In deze PowerTower wordt de gele keten gekoppeld aan de zwarte keten en kan met de PowerTower energie worden opgeslagen of afgegeven. Wanneer de batterij in de PowerTower zijn End of Life (E.o.L.) bereikt vervolgt deze weer de gele keten op weg naar maximale recycling.

2. Onderzoekopzet

2.1. Hoofdvraag en onderzoeksvragen

Op basis van de infographic en de wens om de afvalketen en energieketen te integreren, is een hoofdvraag geformuleerd. Deze luidt:

Hoofdvraag

Is het technisch, juridisch, organisatorisch en economisch mogelijk om de recyclecyclus van second life (car) batteries te optimaliseren door deze te integreren in de energieketen?

Om hierop antwoord te kunnen geven is de probleemstelling verder uitgesplitst in de volgende 6 haalbaarheidsvragen:

1. Welke voordelen (energetisch, financieel/economisch) biedt de integratie van de afvalketen en de energieketen de betrokken stakeholders, met name de automotive industrie, de afvalverwerker, de eigenaar van de P2P opslag en de maatschappij?
2. Hoe ziet de organisatie eruit van het samen laten werken van de bij de verschillende onderdelen betrokken partijen?
3. Hoe kan de recycleketen het beste worden ingericht en wat zijn de veiligheid- en milieurisico's?
4. Hoe ziet het ontwerp van de storage eruit? Waar past deze het beste in de energieketen? Wanneer (in de tijd) is welke business propositie het lucratiefst? (bijvoorbeeld 2016 tot 2018 storage voor primair regelvermogen, vanaf 2019 voor B2C storage vanwege het niet meer kunnen salderen)
5. Welke mogelijkheden en onmogelijkheden biedt de wet- en regelgeving voor het 'ReCharge' project, met name op het gebied van veiligheid en milieu risico's?
6. Wanneer krijgt de batterij de waste status, welk eigenaarschap?

Onderzoeksvragen 1,2 en 4 zijn nog verder opgesplitst in sub vragen. Deze sub vragen zijn in de onderstaande tabel weergegeven waarbij onderscheidt wordt gemaakt tussen de context vragen en de toepassingsvragen.

In hoofdstuk 5 (de inpassing van de PowerTower) zijn de sub vragen uitgewerkt met betrekking tot de context van de PowerTower (het openbare deel) en in hoofdstuk 6 zijn de sub vragen uitgewerkt met betrekking tot de toepassing van de PowerTower (het vertrouwelijke deel).

Domein	Context van de PowerTower (H5) (Theoretische vragen)	Toepassing van de PowerTower (H6) (Praktische vragen)
Techniek	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wat zijn de beste / meest logische locaties voor een PowerTower? 2. Welke flexibiliteit eigenschappen zijn er te benoemen voor de PowerTower? 3. Wat is het verschil tussen Li-ion en Lood-zuur? 4. Welke "functies / diensten" kan de storage vervullen? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wat is de beste locatie? 2. Hoe ziet de PowerTower er uit? (Technisch ontwerp op hoofdlijnen)? 3. Kiezen voor Lood-zuur- of lithium ion accu's? 4. Hoe ziet het ontwerp er uit (besturing en monitoring ontwerp op hoofdlijnen)? 5. Hoe gaan we de kwaliteit bepalen (testen) van de aangeleverde batterij? <ol style="list-style-type: none"> a. Hoeveel laat en ontladcycli kan deze nog aan / wat is de levensduur? b. Hoe geschikt zijn Lood-zuur batterijen voor de FCR markt?
Business	<ol style="list-style-type: none"> 1. Waar zit de waarde in de markt? 2. Welke functies en diensten zorgen voor de meeste inkomsten? 3. Welke markt of doelgroep past daar bij? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hoe ziet de business case er uit? <ol style="list-style-type: none"> a. Waarde / kosten per stap in de keten? b. Wat is de waarde van 2nd life batteries?

Organisatorisch	1. Welke partijen heb je nodig (actor analyse)?	1. Wie zijn logische partners (organisatie model)? 2. Hoe ziet het (sub) proces er uit (procesmodel)? 3. Hoe borgen we de aanlevering van batterijen?
Juridisch	1. Zijn er juridische barrières en zo ja waar zitten die?	1. Wat zijn de juridische barrières gerelateerd aan de gekozen toepassing? 2. Kunnen deze barrières worden verholpen? 3. Welke beïnvloedingsmiddelen hebben we tot onze beschikking?

tabel 1: Onderzoeksvragen hoofdstuk 5 & 6

2.2. Aanpak

Het 'ReCharge' project is uitgewerkt met de processtappen van IDEF als leidraad. Een breakdown hiervan is opgenomen in de bijlage B. Er is rekening gehouden met zowel de technische als de sociaaleconomische risico's die inherent zijn aan een dergelijke complexe ontwikkeling. De aanpak combineert methodieken voor projectmanagement, informatiemanagement, ontwerpmanagement en kwaliteitsmanagement om:

- op een gestructureerde manier de onderzoeksvraag echt goed in beeld te brengen: wensen en eisen, verwachtingen, prioriteiten, de vraag achter de vraag, waarbij het hele speelveld in beeld wordt gebracht
- op een efficiënte manier bij complexe opgaven haalbare oplossingen te ontwikkelen en te realiseren, volgens een integrale, gestructureerde, expliciete werkwijze
- ervoor te zorgen dat de hoofdvraag en de haalbaarheidsvragen worden beantwoord.

2.3. Fasering

Tijdens het onderzoek worden in de werkpakketten verschillende fases doorlopen om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden. Deze fases zijn als volgt geformuleerd:

1. nader detailleren van het concept
2. eisen formuleren waaraan het concept moet voldoen
3. in kaart brengen van de sterke en zwakke punten
4. analyseren van het energetisch en financieel/economisch potentieel
5. toetsen aan de huidige wetgeving v.w.b. gebruik en status
6. toetsen aan de relevante stakeholders
7. daaruit selecteren van de geschikte partners voor het consortium
8. inschatten van de slaagkansen
9. identificeren van de kansen en risico's voor het vervolgproject.

2.4. Projectorganisatie

Projectorganisatie SUEZ:

- Projectleider tevens penvoerder : ir. Raymond De Schrevel
- Senior onderzoeker : drs. Mark Versluis
- Junior onderzoeker : MSc. Judith van Dijken

Projectorganisatie ENGIE:

- Opdrachtgever : ing. Jacco van der Burg
- Projectleider : BSc. Timo Giling
- Senior onderzoekers : MBA, MBE Albert Kramp
- Technisch Specialist : ing. Wim van der Starre

2.5. Partners

Gedurende dit onderzoek is uiteindelijk geen gebruik gemaakt van partnerships, maar is wel nauw samengewerkt met diverse partijen om uiteindelijk antwoorden te krijgen op diverse vragen. ARN is hiervan een gewaardeerd voorbeeld.

Gedurende het onderzoek is gekeken welke aanvullende partners nodig zouden zijn om ReCharge succesvol te kunnen lanceren. Strikt genomen kunnen SUEZ en ENGIE ReCharge op eigen kracht uitvoeren en inzetten zonder hulp van externe partijen. Bij het verkrijgen van Lithium ion batterijen echter kan het interessant zijn en waarschijnlijk zelfs noodzakelijk om ARN en producenten van EV's aan boord te hebben. Afhankelijk van de keuze van deze producent kan het ook noodzakelijk worden om een producent van batterijen op te nemen. Zo zal bijvoorbeeld BMW niet zonder meer de protocollen vrijgeven om het batterij management systeem (BMS) aan te sturen, maar eisen zij deelname van, in dit geval, Samsung.

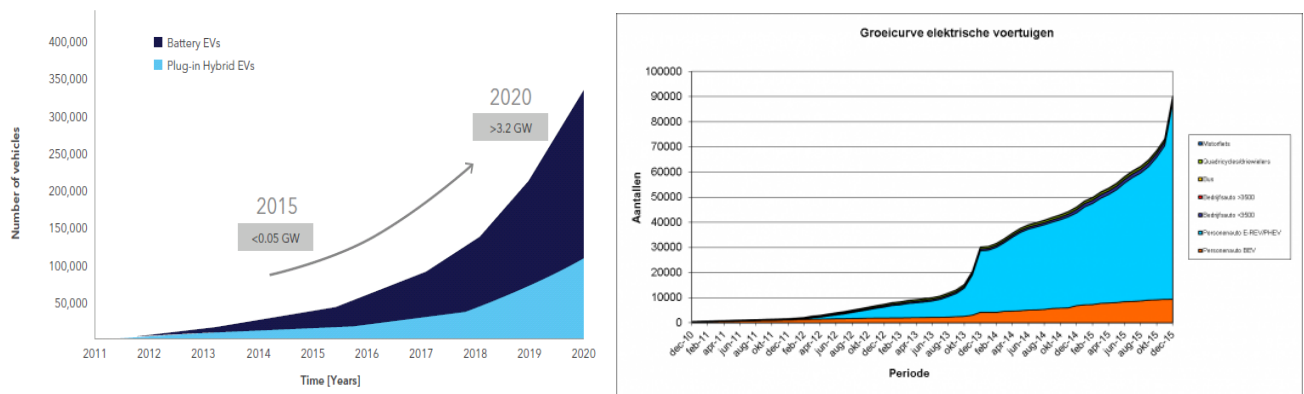
De samenwerking met de automotive sector is stroever gebleken dan aanvankelijk verwacht (o.a. BMW, NISSAN), echter in de variant van lood-zuur accu's is geen partner noodzakelijk om verder te kunnen opschalen. Gedurende de eerste fase van het onderzoek is BMW een potentiële partner geweest om Li+ batterijen aan te leveren. Tegen het einde van het onderzoek is deze samenwerking niet verder geëffectueerd. Omdat het project zal starten met de test van gebruikte lood-zuur batterijen is het onderzoek niet vertraagd of in gevaar gekomen.

3. Achtergrond

3.1. Huidige situatie / markt ontwikkeling / context

Het aantal elektrisch aangedreven voertuigen (zowel volledig als hybride) neemt in ras tempo toe (figuur 2). Vaak gedreven door financiële voordelen en belastingmaatregelen worden de gestelde CO₂ emissie eisen aan ons wagenpark in steeds sneller tempo gerealiseerd. De marktontwikkeling in Nederland voor elektrisch aangedreven voertuigen laat een sterk groeiend beeld zien. De invloed van voorgenomen stimuleringsmaatregelen zijn duidelijk te zien in de laatste maanden van 2015 (tabel 2).

In tegenstelling tot de traditionele ondersteuningsbatterijen vaak op basis van lood-zuur, zijn de lithium ion (Li+) batterijen, die het meest gebruikt worden als aandrijving in EV's, nog niet volledig uitontwikkeld. Maandelijks komen er betere, kleinere en sterkere batterijen op de markt, die leiden tot afstoot van de eerste generaties Li+ batterijen. Het kunnen garanderen van een minimaal of goed voorspelbaar bereik van de FEV is cruciaal. Hierdoor zullen batterijen die niet meer volledig geladen kunnen worden in de garage vervangen worden terwijl er nog een behoorlijke hoeveelheid restcapaciteit aanwezig is.



figuur 2: voorspelling van de groei voor PHEV en FEV op de Duitse (links bron: DNV [1]) en Nederlandse markt (rechts bron RVO [2])

Aantal per type voertuig	31-dec-13	31-dec-14	31-okt-15	30-nov-15	31-dec-15
Personenauto (FEV)	4.161	6.825	9.161	9.340	9.368
Personenauto (E-REV, PHEV)	24.512	36.937	56.735	61.158	78.163
Bedrijfsauto < 3.500	669	1.258	1.472	1.430	1.460
Bedrijfsauto > 3.500	39	46	50	49	50
Bus*	73	80	94	94	94
Quadricycles (vh driewielig)	632	769	855	863	872
Motorfiets	125	196	272	274	268
Totaal op de weg	30.211	46.111	68.639	73.235	90.275
Bromfietsen	3.130	3.441	3.602	3.594	3.610
Snorfietsen	19.772	23.850	27.887	28.104	28.459
Brommobielen	141	172	217	219	219
Totaal inclusief brom/snorfiets/brommobiel	53.254	73.574	100.345	105.152	122.563
* inclusief trolleybussen en een aantal hybride bussen					
# exclusief volledig hybride voertuigen					

tabel 2: totaal aantal elektrische voertuigen op de Nederlandse weg (bron [2])

Daar waar het onderhoud bij traditionele voertuigen vooral zich concentreert op de verbrandingsmotor, heeft een EV een veel lager onderhoudsprofiel en zal die zich ook meer concentreren op de batterijtechnologie. De aandacht hiervoor zal dus alleen maar toenemen, ook omdat leveranciers klanten aan zich willen blijven binden.

Gelijktijdig met de enorme boost van elektrische voertuigen op de weg zien we ook een toenemende inzet van hernieuwbare energiebronnen. Zowel woninggebonden oplossingen (denk aan zon-PV) als grootschalige landelijke inzet door bijvoorbeeld windparken en zonnefarms, veroorzaken een grilliger profiel op het elektriciteitsnet, waarmee de traditionele spelers moeten leren omgaan. Smart grid oplossingen moeten er voor zorgen dat de beschikbare hernieuwbare energie maximaal wordt ingezet ten gunste van de minder schone, vaak fossiele energie. De opslag van energie gaat hierbij een steeds belangrijkere rol spelen.

Het aan de ene kant het hebben van een potentieel aan opslagcapaciteit uit onze mobiliteit en aan de andere kant de behoefte aan decentrale grotere opslag, maken de koppeling van deze twee trends tot een logische stap. Diverse oplossingen gaan uit van EV's die onderdeel zijn van de oplossing, zoals de pilot in de Utrechtse woonwijk Lombok (bron [8]). In de discussie die het projectteam heeft gehad wordt een kanttekening geplaatst bij de wenselijkheid van de bewoner/gebruiker om ongevraagd en (soms) te onpas te spelen met de capaciteit van de batterij en dus actieradius van het vervoermiddel. Vanuit die gedachte denken wij een acceptabelere oplossing ter beschikking te hebben voor integrale oplossingen in de toekomst.

3.2. Huidig juridisch kader

Afvalstatus

Elke afgedankte als afval aangeboden batterij, zowel Li+ als lood-zuur, krijgt de afvalstatus. Dit geldt zowel voor de afzonderlijk aangeboden batterij (bijv. voor een upgrade), als wanneer de batterij nog zit in een voertuig dat als geheel door een RDW erkend demontagebedrijf gederegistreerd wordt. Strikt genomen mag deze batterij dus alleen als afval worden behandeld en moet dus worden vernietigd of gerecycled volgens de voorgeschreven regels. Hierdoor worden een aantal stappen noodzakelijk om uiteindelijk toch de batterijen te kunnen gebruiken in een tweede leven.

Batterijombouwbedrijven

Het aannemen van afval van buiten de eigen inrichting is vergunningplichtig. Hiervoor dient een omgevingsvergunning te worden aangevraagd. Partijen die batterijen gaan ombouwen tot nieuwe of gecombineerde batterijen brengen hiermee feitelijk een nieuwe accu op de markt. Zodra de batterij weer wordt ingezet op de markt (in welke vorm dan ook), moet deze weer geregistreerd worden onder de batterijwetgeving (Regeling besluit beheer Batterijen). Verreweg de gemakkelijkste oplossing om hiervoor de juiste toestemming te verkrijgen is om een zich aan te sluiten bij een collectieve mededeling van STIBAT (Stichting Batterijen) die dit indienen bij de Inspectie Leefomgeving en Transport van het Ministerie I&M.

Regeling besluit beheer Batterijen / STIBAT

Voor batterijen en accu's geldt een producentenverantwoordelijkheid; zie Besluit beheer batterijen en accu's 2008 en Regeling beheer batterijen en accu's 2008. Hieronder vallen uiteraard ook startaccu's en de zogenoemde HV-batterijen uit hybride en volledig elektrische auto's.

STIBAT (Stichting Batterijen) geeft sinds 1995 invulling aan deze producentenverantwoordelijkheid en organiseert als non-profitorganisatie de inzameling en recycling van lege batterijen in Nederland. Deelnemers van STIBAT betalen een beheerbijdrage per batterij of accu. In de tarievenlijst voor 2016 wordt voor categorie VIII en IX (respectievelijk industriële batterijen high voltage t.b.v. de aandrijving van elektrische auto's en autobatterijen of -accu's voor het starten, de verlichting of het ontstekingsvermogen van een voertuig (niet elektrisch)) verwezen naar ARN.

ARN

ARN (voorheen Auto Recycling Nederland) is in 1995 opgericht door de autobranche met als voornaamste doelstelling tenminste 95% recycling en nuttige toepassing van autowrakken. Conform EU-end of Life Directive is deze 95% opgebouwd uit 85% directe materiaalrecycling en 10% energie-valorisatie.

Voor fabrikanten van lood-zuuraccu's bedraagt de beheerbijdrage voor accu's € 0,05 (exclusief btw) per accu i.v.m. administratieve kosten. Er is geen aanvullende beheerbijdrage voor categorie IX accu's. Er is geen keten-deficit doordat de intrinsieke waarde van de materialen groter is dan de inzamel- en verwerkingskosten en er marktwerking (vraag) optreedt.

Voor Li-ion batterijen voor hybride en elektrische auto's worden de beheerbijdragen in 2017 als volgt (bron [4]):

- €10,- per accu (incl. btw) bij een accu gewicht ≤5 kg
- €25,- per accu (incl. btw) bij een accu gewicht >5 kg en ≤25 kg
- €75,- per accu (incl. btw) bij een accu gewicht >25 kg en ≤100 kg
- €150,- per accu (incl. btw) bij een accu gewicht >100 kg en ≤350 kg
- €180,- per accu (incl. btw) bij een accu gewicht >350 kg en ≤600 kg
- €210,- per accu (incl. btw) bij een accu gewicht >600 kg en ≤900 kg

Deze beheerbijdragen voor Li-ion batterijen en accu's komen bovenop de €42,50 recyclingbijdrage

Voor importeurs die ervoor kiezen om Li-ion batterijen (deels) zelf in te zamelen en te verwerken, verzorgt ARN desgewenst een individuele oplossing op maat. Voor de uitvoering van de administratieve verplichtingen in het kader van het Besluit beheer batterijen en accu's, hanteert ARN de hierboven genoemde beheerbijdrage van € 0,05 excl. btw per accu. Uitzondering hierop wordt gevormd door de Li-Ion startaccu's, waarvoor strengere wettelijke regels gelden en daarom uitsluitend de volledige beheerbijdragen van toepassing zijn.

Overzicht mogelijke herkomst afgedankte accu's

Oorspronkelijk is ARN opgericht om autowrakken te recyclen. Echter, Li-ion accu's en/of cellen komen niet alleen vrij wanneer de auto in zijn geheel wordt afgedankt. Bovendien is er ruimte voor producenten om een eigen inzamel-systeem op te zetten. Dit kan collectief, maar ook per auto- of accuproducent. Kortom, er zijn in theorie meerdere mogelijkheden wanneer de Li-ion accu aangeboden wordt (al dan niet als afval, zie paragraaf afvalstatus) en wie verantwoordelijkheid neemt voor de inzameling en verwerking. Hieronder een schematische voorstelling van de mogelijkheden (niet uitputtend?).

Oorzaak	Aanbod	Primair	Secundair	Merk	Einde afval status	Vergunning
Vervangen kapotte cel	Milieustraat	Zorgplicht gemeente	Producenten Verantwoordelijkheid Stibat --> ARN	Gemeente		
	Onderdelenshop	Producenten Verantwoordelijkheid Stibat	Producent accu / verwerker	Samsung		
	Garage	Producenten Verantwoordelijkheid Stibat --> ARN	Producent accu / verwerker	Bovag		
	Dealer	Producenten Verantwoordelijkheid Stibat --> ARN	Producent auto / accu / verwerker	BMW		
	Producent accu	Producent accu	Producent accu / verwerker	Samsung		
	Producent auto	Producent auto	Producent auto / accu / verwerker	Tesla		
Vervangen battery-pack upgrade	2e hands aanbieden (marktplaats)	Particulier		Particulier		
	Garage	Producenten Verantwoordelijkheid Stibat --> ARN	Producent accu / verwerker	Bovag		
	Dealer	Producenten Verantwoordelijkheid Stibat --> ARN	Producent auto / accu / verwerker	BMW		
	Producent auto	Producent/ARN	Producent auto / accu / verwerker	Tesla		
Vervangen battery-pack ongeluk	Garage	Producenten Verantwoordelijkheid Stibat --> ARN	Verwerker	Bovag		
	Schadeherstelbedrijf	Producenten Verantwoordelijkheid Stibat --> ARN	Verwerker	Bovag		
	Dealer	Producenten Verantwoordelijkheid Stibat --> ARN	Verwerker	BMW		
	Producent auto	Producent/ARN	Verwerker	Tesla		
Total loss ongeluk	Sleepbedrijf	ARN	Verwerker	ARN		

tabel 3: mogelijke herkomst van gebruikte batterijen (bron SUEZ)

Transport autobatterijen (afval)

Traditionele afgedankte autobatterijen worden opgehaald bij garagebedrijven. De restwaarde van deze batterijen wordt meestal afgerekend per kilo. Grote smelterijen herwinnen het lood uit deze accu's.

Het ADR is het verdrag voor het internationale vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg. ADR is de afkorting van 'Accord européen relatif au transport international de marchandises Dangereuses par Route'. Volgens het ADR moeten stoffen en producten worden ingedeeld op basis van hun gevaareigenschappen. Voor lood-zuur accu's geldt de gevarenklasse 8 (bijtende stoffen). Niet iedereen mag dus zomaar accu's transporteren. De uitzonderingen op deze regel zullen hier niet worden behandeld.

Ook Lithium batterijen mogen niet zonder meer vervoerd worden. Ook hier geldt de ADR, maar dan gevarenklasse 9, waarbij nog onderscheid wordt gemaakt tussen nieuwe, gebruikte, beschadigde batterijen en prototypes. Zowel aan de verpakking, de hoeveelheid als aan de conditie van de batterijen worden eisen gesteld. Transport moet dus ook hier gedaan worden door erkende transporteurs.

LAP 3

LAP staat voor Landelijk Afvalbeheer Plan. LAP nummer 3 omschrijft de plannen voor de jaren 2017–2029 (bron [5]). In het LAP wordt een minimum standaard beschreven waaraan de recycling van materialen moet voldoen. Zoals de tekst in punt D.2.2.4.4. aangeeft hoeft verwerking niet persé in Nederland zelf plaats te vinden.

Het is mogelijk om een minimumstandaard op te nemen die gebaseerd is op een verwerkingswijze die (nog) niet in Nederland, maar wel in het buitenland, operationeel is. Dit kan in twee gevallen:

1. Er is een concrete verwachting dat deze verwerkingswijze gedurende de geldingsduur van het LAP in Nederland kan worden gerealiseerd. In dat geval wordt geen of slechts een tijdelijke vergunning verleend om afvalstoffen op een laagwaardigere manier dan de minimumstandaard te beheren. Indien dit aan de orde is, wordt in de sectorplannen expliciet aangegeven hoe in de overgangperiode moet worden gehandeld.

2. Er is geen concrete verwachting dat de verwerkingswijze in Nederland wordt gerealiseerd (bijvoorbeeld uit het oogpunt van schaalgrootte), maar de bestaande situatie is dat de betreffende Nederlandse afvalstoffen reeds naar de buitenlandse installatie worden uitgevoerd. In dat geval bevestigt de minimumstandaard de huidige wijze van afvalverwerking.

Bij het inwerkingtreden van LAP3 is alleen situatie 2 daadwerkelijk aan de orde.

De minimumstandaard voor verwerking wordt verder beschreven in het sectorplan 13 van het LAP (bron [6]). Onderscheid wordt gemaakt in lood-zuurbatterijen, Nickel-Cadmium batterijen en andere batterijen. Voor lood-zuurbatterijen geldt;

Afscheiden van vloeistoffen en zuren gevolgd door recycling (zie bijlage III, deel B bij Richtlijn 2006/66/EG inzake batterijen en accu's).

Deze minimumstandaard betekent voor lood-zuurbatterijen en -accu's:

Scheiding in componenten gevolgd door (opsomming cumulatief):

- *recycling van zuur, lood, en andere recyclebare metalen,*
- *nuttige toepassing van de kunststofcomponenten m.u.v. bakelietafval,*
- *verbranden van bakelietafval, en*
- *storten van niet voor recycling geschikte componenten zoals (niet metalen) bouten, klemmen en dergelijke.*

Voor Lithium ion batterijen geldt de tekst bij "overige batterijen". Duidelijk hierbij dat het LAP al is ingericht om deze batterijen in te zetten voor gebruik bij energieopslag.

Afscheiden van vloeistoffen en zuren gevolgd door recycling (zie bijlage III, deel B bij Richtlijn 2006/66/EG inzake batterijen en accu's).

Deze minimumstandaard betekent voor overige batterijen en accu's (opsomming cumulatief):

- *recycling van ten minste 50% van het gemiddelde gewicht, en*
- *recycling van de aanwezige metalen met uitzondering van kwik. Het kwik moet verwerkt worden volgens sectorplan 82 kwikhoudend afval.*

Ter verduidelijking wordt nog opgemerkt dat bovenstaande minimumstandaard betekent dat het eveneens is toegestaan om lithium-ion batterijen, middels voorbereiding voor hergebruik, geschikt te maken voor gebruik als energieopslag.

Het gebruik van afgedankte lithium-ion accu's uit elektrische auto's voor energieopslag is in onderzoek. De accu's zouden, binnen randvoorwaarden en na bewerking, een functie kunnen vervullen als statische buffercapaciteit in intelligente elektriciteitsnetwerken. Een rechtsoordeel in een casus hierover geeft aan dat voor deze specifieke accu's een einde afvalstatus kan worden bereikt, waardoor hergebruik voor dit doel mogelijk wordt. In de looptijd van het LAP3 zal deze ontwikkeling worden gevolgd. De minimumstandaard voor deze afvalstroom maakt voorbereiden voor hergebruik reeds mogelijk.

3.3. Toekomst scenario's

Onzekerheid over saldering maakt dat er door de partners wordt gekeken naar mogelijkheden voor een B2C oplossing. In elk geval wordt de opzet van de pilot wel zodanig dat B2C niet wordt uitgesloten door de keuzes die worden gemaakt. De markt voor B2C lijkt namelijk erg groot. Steeds meer individuele opwekking met PV panelen wordt toegepast en steeds meer oplossingen komen beschikbaar om vanuit een decentrale soms autarkische gedachte, energie te optimaliseren. In het goed vernetste Nederland is de echte noodzaak voor autarkie beperkt, maar afgelegen locaties (bossen, eilanden, platforms op zee) zijn vaak kostbaar om aan te sluiten. Opslag van energie speelt hierbij een cruciale rol. Decentrale oplossingen zullen ook het centrale grid gaan beïnvloeden. De toepassing die de partners nu in gedachte hebben, zal daarom niet leiden tot een regret keuze.

Batterijen in EV's zullen steeds sterker en kleiner worden en de levensduur zal toenemen. Deze variatie aan nieuwe producten maakt de ontwikkeling van een multi-use PowerTower niet gemakkelijk. Het laten samenwerken van de diverse typen batterijen is een uitdaging die de partners zullen gaan onderzoeken als de eerste ReCharge batterijen van één type zijn getest.

Off-grid toepassingen worden momenteel vaak voorzien van dieselgenerator (DG) installaties, al of niet als back-up van hernieuwbare bronnen. Het hebben van een ReCharge oplossing kan de inzet van deze DG's optimaliseren in de tijd en tijdsduur. Zo wordt op het eiland Pampus momenteel een ReCharge ingezet om de tijden van de DG te optimaliseren en daarmee het publiek de rust van Pampus te laten ervaren.

Vanuit de netbeheerders is interesse getoond in ReCharge oplossingen omdat de elektrificatie van veel processen leidt tot vaak overbelaste transformatoren bij de "poort" van een (her)ontwikkeld industriegebied of bedrijventerrein. Het voorkomen van vervanging of verzwaring spaart grote investeringen uit. Bijkomende mogelijkheid voor de netbeheerders is het afvlakken van pieken. In Duitsland lopen al enkele testen met grootschalige inzet van hergebruikte batterijen door een consortium van BMW, Vattenfall en Bosch.

Kortom, de keuze die het consortium nu maakt om te starten met een medium size batterij op basis van gebruikte lood-zuur batterijen is een keuze die flexibel lijkt voor de toekomst.

4. Aanvoer van accusystemen

Wanneer het gaat om inzameling van defecte of oude batterijen, dan heeft SUEZ hierin in Nederland een 20% aandeel. Transport en verpakken van batterijen is strak gereguleerd en SUEZ heeft alle bevoegdheden om de meest uiteenlopende batterijen te kunnen en mogen vervoeren. In tabel 4 is een extrapolatie gegeven van het aantal batterijen in kilogrammen dat SUEZ in 2016 heeft ingezameld. Duidelijk dat het aandeel Lithium Ion batterijen hier slechts een klein percentage (5%) van uitmaakt. Een zeer klein deel van dit aantal Li+ batterijen is afkomstig uit de automotive. Tijdens de onderzoeksperiode is bijvoorbeeld maar één batterijsysteem van een BMW i3 beschikbaar gekomen. Dit heeft uiteraard de keuze voor een start met lood-zuur bevestigd.

ingezamelde batterijen in kg in 2016 (FY)	
type	[kg]
Lithium ion	3625,2
Lithium ion	183,6
UPS	1957,2
tractie	1267,2
Loodzuur	115,2
Droge batterijen	330300
Lithium ion	10890
Nikkelcadmium	10850,4
Lithium ion	1537,2
totaal	360726
aandeel Li+	5%

tabel 4: aandeel Li+ batterijen t.o.v. totaal ingezamelde batterijen 2016 (geëxtrapoleerd - bron SUEZ)

SUEZ deelt uiteraard de visie dat het beschikbaar komen op de markt van de typische EV-batterijen een kwestie is van tijd zoals figuur 2 al doet vermoeden. Toch is er voor de eerste testen voor ReCharge gekozen om een bekende traditionele batterij te kiezen. Het vinden van een extended life hiervoor zal sneller van de grond komen en het fenomeen Second Life Batteries een boost geven. Dat deze keuze ook een aantal beperkingen met zich mee zal brengen is verderop in dit rapport toegelicht.

4.1. Eerste batch batterijen ReCharge

Om snel te komen tot een Minimal Viable Product (MVP) is gekozen om droge batterijen te selecteren van het merk Exide, type Marathon (figuur 3). Deze ingezamelde gebruikte batterijen zijn van goede kwaliteit, voldoende aanwezig en direct beschikbaar.

De specificaties van deze lood-zuuraccu zijn: Exide, Marathon, 12V, 55 Ah C10 met een gewicht van 20kg.



figuur 3: voorbeeld van de eerste batch ReCharge batterijen bij SUEZ Veendam

Voor de eerste test zijn 200 batterijen apart gehouden, wat ongeveer 1% is van de totale beschikbare hoeveelheid van dit type gedurende komende jaren. Met de eerste 200 stuks zal een pilot worden uitgevoerd die stapsgewijs gaat groeien naar een 100kWh (100kW) testopstelling.

4.2. Transport

SUEZ maakt al enkele jaren gebruik van speciaal uitgevoerde trucks (figuur 4). Deze trucks worden ingezet in de zogenaamde GAST route, Gevaarlijke Afvalstoffen Service Totaal. Dit is een speciale dienst die wordt aangeboden aan de automotive sector.



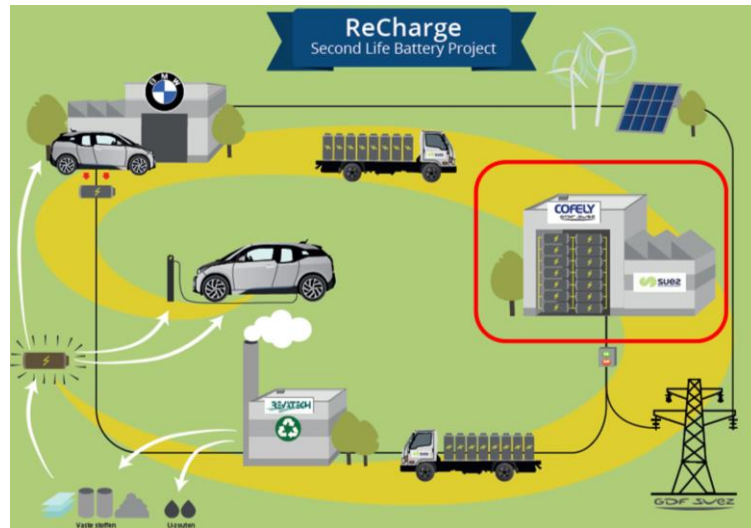
figuur 4: Speciale vrachtwagen voor inzameling van gevaarlijk afval in de automotive sector (bron SUEZ)

De batterijen die op termijn worden ingezet voor ReCharge zijn vooral afkomstig uit deze sector. GAST is uitgerust met een geïntegreerd ledigingsysteem voor rolcontainers van 120 en 240 liter met oliefilters en oliehoudend afval, een geavanceerd pompsysteem voor remvloeistof en koelvloeistof en een aangepast inzamelsysteem voor stukgoederen, zoals loodaccu's, spuitbussen, afvalolie en brandstofresten. Dit veelzijdige voertuig maakt de inzameling van gevaarlijk afval efficiënter waardoor de kosten laag blijven. Alle chauffeurs op de GAST route van SUEZ hebben de hiervoor noodzakelijke opleidingen en cursussen gehad.

Enkele certificeringen waaraan veilig transport en handling moet voldoen zijn: ISO 9001, ISO 14001, VCA*, MVO prestatieladder niveau 3, CO₂ prestatieladder niveau 4.

5. Inpassing van de PowerTower

De PowerTower is de elektrische opslag die wordt samengesteld uit de 2nd life batteries die aangeleverd worden zoals in hoofdstuk 4 wordt beschreven. Deze PowerTower is in het proces de koppeling tussen de afvalketen (de gele lijn in onderstaande figuur) en de energieketen (de zwarte lijn).



figuur 5: De PowerTower – De schakel tussen de afvalketen en energieketen

Voor de inpassing van de PowerTower zijn de onderzoeksvragen gesplitst in twee delen. Hoofdstuk 5 De Inpassing van de PowerTower waarbij gekeken wordt naar de context (het openbare deel) en hoofdstuk 6 de toepassing van de PowerTower (het vertrouwelijke deel). In hoofdstuk 5 wordt daarmee ingegaan op de theoretische vragen en hoofdstuk 6 de praktische vragen. Voor beide hoofdstukken zijn de onderzoeksvragen opgesplitst in de technische, financiële, organisatorische en juridische vragen.

5.1. Onderzoeksvragen

In de onderstaande tabel worden de vragen die in de onderzoeksopzet (hoofdstuk 2) benoemd zijn alsnog een keer weergegeven. In de volgende paragraaf worden de vragen uitgewerkt.

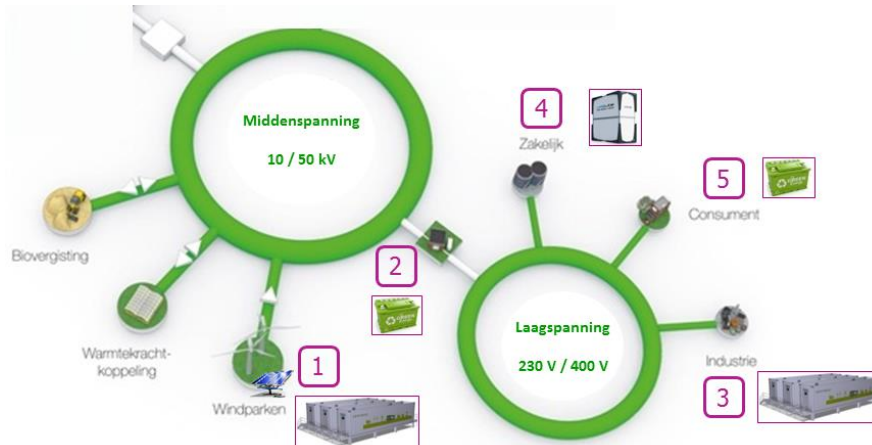
Domein	Context van de PowerTower (H5) (Theoretische vragen)
Techniek	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wat zijn de beste / meest logische locaties voor een PowerTower? 2. Welke flexibiliteit eigenschappen zijn er te benoemen voor de PowerTower? 3. Wat is het verschil tussen Li-ion en Lood-zuur? 4. Welke "functies / diensten" kan de storage vervullen?
Business	<ol style="list-style-type: none"> 1. Waar zit de waarde in de markt? 2. Welke functies en diensten zorgen voor de meeste inkomsten? 3. Welke markt of doelgroep past daar bij?
Organisatorisch	<ol style="list-style-type: none"> 4. Welke partijen heb je nodig (actor analyse)?
Juridisch	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zijn er juridische barrières en zo ja waar zitten die?

tabel 5: Onderzoeksvragen hoofdstuk 5

5.2. Uitwerking theoretische vragen

T1) Wat zijn de beste locaties / meest logische locaties voor de PowerTower?

In de elektriciteitsketen bevinden zich een aantal logische locaties voor opslag. In de onderstaande figuur zijn de meest logische locaties voor opslag weergegeven.



figuur 6: De meest logische locaties om storage in te passen in de energieketen

Locatie 1: Bij duurzame productie installaties met een intermitterend karakter (Wind- en zonne-energie)

Locatie 2: In het lokale net, als buurtstorage of voor ondersteuning van het lokale net

Locatie 3: Bij de afnemer B2B groot zakelijk

Locatie 4: Bij de afnemer B2B klein zakelijk

Locatie 5: Bij de afnemer B2C (de consument / kleinverbruiker)

Op basis van de bovenstaande inventarisatie lijkt de meest logische locatie, de locatie zo dicht mogelijk bij de duurzame opwekker met het intermitterende karakter. Energetisch zou het koppelen van de storage op DC (gelijkspanning) niveau het beste zijn. Ofwel opslaan voordat de energie door de omvormer gaat naar AC (wisselspanning).

T2) Welke flexibiliteit eigenschappen zijn er te benoemen voor de PowerTower?

De belangrijkste flexibiliteit eigenschappen voor de PowerTower zijn:

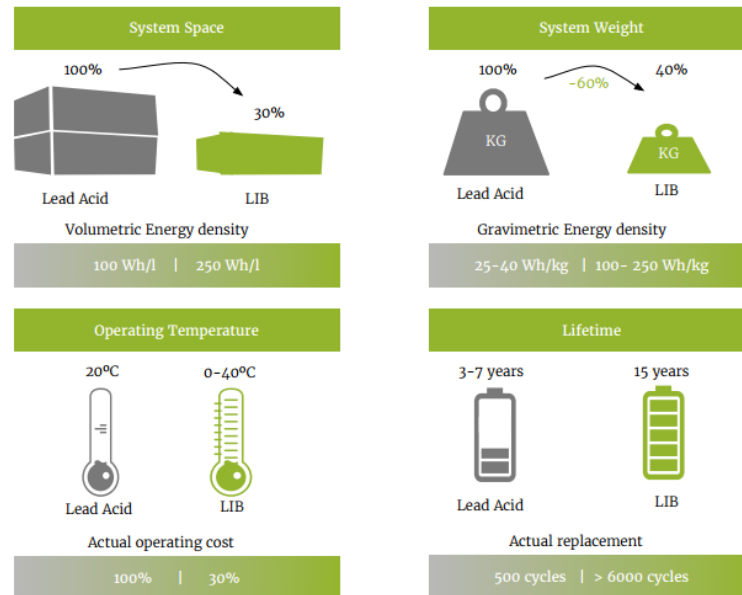
- Schaalbaar; Modulaire opbouw van standaard battery pack units
- Multi user; Deelbaar voor meerdere gebruikers (de buurt storage)
- Multi location; Geschikt om op verschillende locaties in te zetten
- Verplaatsbaar; Makkelijk "op te pakken" en te verplaatsen met een "plug & play" aansluiting
- Multi functie: Geschikt voor de verschillende markten / functies / diensten (zie vraag T4)

T3) Wat is het verschil tussen Li-ion en Lood-zuur?

De belangrijkste verschillen tussen lood-zuur en Li-ion zijn:

- Volume verschillen
- Gewicht verschillen

- Verschillen in gewenste omgevingstemperatuur
- Levensduur
- Laad eigenschappen
- Veiligheidsrisico's



figuur 7: Visualisatie van enkele verschillen tussen lood-zuur en Li-ion accu's (bron [9])

T4) Welke "functies / diensten" kan de storage vervullen?

De functies die storage in de markt kan vervullen zijn in onderstaande tabel weergegeven. De functies zijn onderverdeeld op basis van locatie in de keten (productie, distributie en afname).

Voor een deel zijn er ook nog combinaties te maken. Zo kan storage achter de meter (bij de afnemer) ook invulling geven aan enkele net ondersteunende functies. Indien storage achter de meter in een congestie gebied zit kan de storage een bijdrage leveren aan de reductie van de congestie problemen in het gebied. Daarnaast kan storage achter de meter een bijdrage leveren aan de landelijke balanshandhaving van het net door de storage (deels) beschikbaar te stellen aan TenneT. De landelijke beheerder van het hoogspanningsnet.

Voor storage bij productie installaties geldt hetzelfde als voor opslag bij afnemers, ook deze storage kan een bijdrage leveren aan congestie reducties en balanshandhaving van het landelijke net.

Productie		Distributie		Afname
Conventionele productie	Duurzame productie	Transport	Distributie	Prosumer diensten
<ul style="list-style-type: none"> • Black start • Arbitrage • Support to conventional generation 	<ul style="list-style-type: none"> • DG Flexibility • Capacity firming • Limitation of upstream perturbations • Curtailment minimization • Ramp rate control 	<ul style="list-style-type: none"> • Participation to the primary secondary and tertiary control • Improvement of the frequency stability of weak grids • Investment deferral • Participation to angular stability • Short circuit power (HVDC grids) 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity support • Dynamic, local voltage control • Contingency grid support • Intentional islanding • Reactive power quality • Limitation of upstream perturbations 	<ul style="list-style-type: none"> • Peak shaving • Self consumption • Continuity of energy supply • Time of use energy cost management (tariff arbitrage) • Particular requirement in power quality • Limitation of upstream disturbances • Fast charging

tabel 6: Functies / diensten waar met opslag invulling aan gegeven kan worden in de markt

B1) Waar zit de waarde in de markt?

In de basis kan de waarde in de markt worden ontsloten door invulling te geven aan de functie die bij vraag T4 (tabel 6) zijn weergegeven. Daarnaast kan de waarde ook worden bekeken vanuit het perspectief van de afnemer. De opbouw van de energiefactuur (tabel 7) is dan het meest logische uitgangspunt. In de onderstaande tabel zijn de kostenposten op de energiefactuur weergegeven. Door slim gebruik te maken van opslag is het mogelijk om voor enkele kostenposten de energiefactuur te verlagen. De belangrijkste kostenposten zijn in rood weergegeven.

Markt	Service	Bijkomende kosten	Benaming op de factuur
Transport	Aansluitdienst	Initieel	eenmalige aansluitvergoeding (€)
		periodiek	periodieke aansluitvergoeding (€)
	Transport	transport afhankelijk	kWh normaal tarief (€/kwh)
			kW max per maand (€/kw)
		kW gecontracteerd (€/kw)	
	Meetdienst	transport onafhankelijk	Vastrecht (€)
bemetering		jaarlijkse meetdienst (€)	
Energie	Levering	leveringsafhankelijk	levering (€/kwh)
		leveringsonafhankelijk	vaste kosten levering (€)
Balancering	Systeem	transmissie	systeemdientstarief (€/kwh)

tabel 7: Kostenopbouw energiefactuur energieverbruiker

Er zijn situaties denkbaar waarbij de aansluitdienst kosten initieel en periodiek gereduceerd kunnen worden indien een storage de verzwaaring van de netaansluiting uit kan sparen.

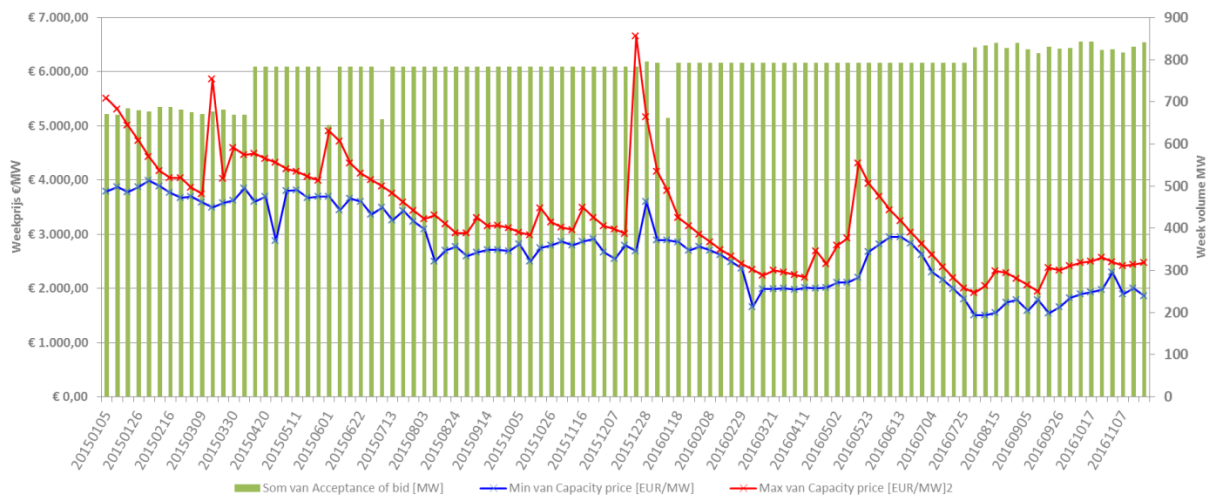
B2) Welke functies en diensten zorgen voor de meeste inkomsten

In de onderstaande tabel zijn de diensten (benoemd bij vraag T4) waar de meeste waarde mee te creëren is, in groen weergegeven. Voor de functies in rood zien we op de korte termijn en midden lange geen kansen. Zwarte en oranje functies moeten te zijner tijd opnieuw geëvalueerd worden. De waarde is gebaseerd op de waarde die gecreëerd kan worden door de kosten op de energiefactuur te verlagen (zie tabel 7) zoals de kW maand, kW gecontracteerd, de besparing op de energiebelasting door de zelfconsumptie te verhogen of door aanvullend diensten aan te bieden waar de markt om vraagt. Bijvoorbeeld de levering van primair regelvermogen.

Productie		Distributie		Afname
Conventionele productie	Duurzame productie	Transport	Distributie	Prosumer diensten
<ul style="list-style-type: none"> • Black start • Arbitrage • Support to conventional generation 	<ul style="list-style-type: none"> • DG Flexibility • Capacity firming • Limitation of upstream perturbations • Curtailment minimization • Ramp rate control 	<ul style="list-style-type: none"> • Participation to the primary secondary and tertiary control • Improvement of the frequency stability of weak grids • Investment deferral • Participation to angular stability • Short circuit power (HVDC grids) 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity support • Dynamic, local voltage control • Contingency grid support • Intentional islanding • Reactive power quality • Limitation of upstream perturbations 	<ul style="list-style-type: none"> • Peak shaving • Self consumption • Continuity of energy supply • Time of use energy cost management (tariff arbitrage) • Particular requirement in power quality • Limitation of upstream disturbances • Fast charging

tabel 8: Meest lucratieve storage functies en diensten (in groen weergegeven)

De markt die momenteel de meeste waarde genereert is de "primary control" markt (korte termijn onbalans markt). De waarde van opslag in deze markt ligt in 2016 tussen de € 2.000 en € 3.000 per MW per week. In 2015 lagen de prijzen in deze markt gemiddeld tussen de € 3.000 en € 4.000 per MW per week. De prijzen in deze markt lijken behoorlijk onder druk te staan.



figuur 8: De prijsontwikkeling (met dalende trend) van de primary control markt in Duitsland (bron: [18])

De waarde voor de overige functies (tabel 8) zijn vandaag de dag in bijna alle situaties een stuk lager. De verwachting voor de toekomst is dat de waarde (prijs per MW) in deze markt zal dalen en dat het steeds interessanter wordt om duurzaam opgewekte energie achter de meter op te slaan. Huidige wet en regelgeving stimuleert dit echter vandaag de dag nog niet. Huidige wet en regelgeving werkt het zelf tegen omdat salderen is toegestaan. Ten tijde van de uitwerking van de huidige wet en regelgeving was opslag van elektrische energie nog niet aan de orde en was er ook nog geen zicht op, dat het er aan zat te komen. De verwachting is dat de komende jaren de opslag ontwikkelingen opgenomen worden in de huidige wet en regelgeving en dat het salderen van 2020 langzaam afgebouwd wordt.

B3) Welke markt of doelgroep past daar bij?

Op basis van het antwoord op vraag B2 is nu de aanvullende vraag "Voor welke markt of doelgroep kan met een storage de meeste waarde gecreëerd worden?"

De doelgroepen waar de meeste waarde gecreëerd kan worden:

- Afnemers die autark willen / moeten zijn; bijvoorbeeld eilanden (groot / klein) met een energievoorziening waarbij een dieselgenerator de belangrijkste / betrouwbaarste opwekker is .

- Afnemers B2B met eigen duurzame opwek en / of grote kortstondige piekvraag
- Afnemers B2C met zonnepanelen en / of een elektrische auto die snel opgeladen moet worden

Autarke situaties kunnen al heel snel rendabel zijn indien er met de aansluiting op het net hoge kosten gemoeid zijn, voor bijvoorbeeld afgelegen locaties. Voor de afnemers B2B en B2C kan de meeste waarde gecreëerd worden op de primary reserve markt, indien deze ontsloten kan worden via een aggregator. Aanvullende waarde kan dan nog gecreëerd worden met aanvullende lokale optimalisaties.

O1) Welke partijen heb je nodig (actor analyse)?

In de ideale situatie heb je voor de inpassing van de PowerTower onderstaande partijen nodig:

- Een toeleverancier van kwalitatief goede 2nd life batteries
- Een OEM'er; met een kant en klare "plug & play" oplossing voor de omvormer.
- Een energieleverancier; met variabele kwartier prijzen en die bereid is extra te betalen voor de beschikbaarheid van flexibiliteit
- Een netbeheerder; met een congestie probleem en een vraag naar grid ondersteunende diensten zoals het verbeteren van de power quality
- Een dienstverlener; die de storage unit installeert, onderhoud en beheert en daarnaast de interface naar het stuurplatform realiseert
- Een "aggregator" die het stuurplatform faciliteert

In hoofdstuk 6, vraag Q1 worden de bovenstaande rollen verder geconcretiseerd.

J1) Zijn er juridische barrières en zo ja waar zitten die?

Energieopslagsystemen hebben een onduidelijke positie in relevante wet - en regelgeving (Elektriciteitswet, Systemcode Elektriciteit, Tarievencode Elektriciteit, Europese Verordening 2016/631 (RfG), STROOM, warmtewet e.d.). Het gevolg is dat dit het gelijk speelveld met andere flexibiliteitsopties verstoort. Dit komt tot uiting in (bron[12]):

- **Dubbele belasting:** bij het opslaan van energie betaalt men twee keer energiebelasting: 1 x over het laden, en 1 x (na ontladen) bij de uiteindelijke afnemer.
- **Asymmetrie in energiebelasting:** het inkopen van elektriciteit is (vanwege de huidige belastingsystematiek) duurder dan het verkopen. Hierdoor wordt beschikbare flexibiliteit niet efficiënt ontsloten.
- **De salderingsregeling** geeft kleinverbruikers met decentrale opwek (zon -PV) geen enkele prikkel om energie op te slaan voor eigen gebruik. De kosten hiervan worden (via socialisering) afgewenteld op de maatschappij.
- **Tariefsystematiek netwerkkosten.** Opslag heeft - net als WKK - last van de huidige systematiek van nettarieven, waarbij een eenmalige (afname)piek in gebruik het nettatarief voor een langere periode bepaalt.
- **Hoog laag tarief;** De kosten voor het hoog en laag tarief ligt vooraf al vast waardoor kleinverbruikers niet worden gestimuleerd om energie af te nemen of te leveren op momenten die het meest gunstig zijn (voor het systeem). Een variabel tarief gedurende de dag zou dit kunnen verhelpen.

Momenteel worden er codewijzigingen voorbereid om de bovenstaande barrières te verhelpen.

5.3. Ontwerp keuze

Op basis van de onderzoeksvragen in dit hoofdstuk is op hoofdlijnen gekozen voor onderstaande ontwikkelrichting.

De meeste waarde zit in de FCR markt figuur 8, waardoor het belangrijk is voor deze markt een oplossing te realiseren. De locatie van de storage maakt voor de FCR markt niet uit. Belangrijk is dat er voldoende capaciteit beschikbaar is zodat aan de contractafspraken met TenneT voldaan kan worden.

De minimale omvang voor het aanbieden aan TenneT is 1 MW. Gezien de ontwikkelingen in de markt zal op de korte termijn, naar verwachting de mogelijkheid ontstaan om deel te nemen aan een pool van FCR vermogen, waardoor ook de kleinere storage voorzieningen in aanmerking komen.

Om ook waarde te kunnen genereren op het momenten dat de storage niet ingezet kan worden voor de FCR markt, is het van belang dat er een keuze gemaakt wordt voor een locatie waar decentrale productie is en bij voorkeur ook afname achter de aansluiting. De waarde die echter gegenereerd kan worden met het opslaan van duurzame energie en peakshaving is (vandaag de dag) veel lager dan de waarde voor storage op de FCR markt.

Voor een eerste pilot met een PowerTower is het logisch om te starten met een relatief kleine storage (100 kW) om de financiële risico's te beperken. Deze 100 kW is gebaseerd op het minimale vermogen dat TenneT eist, voor de FCR pilots die in 2017 gaan starten (bron [19]). De voorkeur voor een pilot krijgt een afnemer die minimaal zelf een paar honderd kW aan duurzame opwek heeft staan.

6. Toepassing van de PowerTower (vertrouwelijk)

7. Afvoer & Recycling

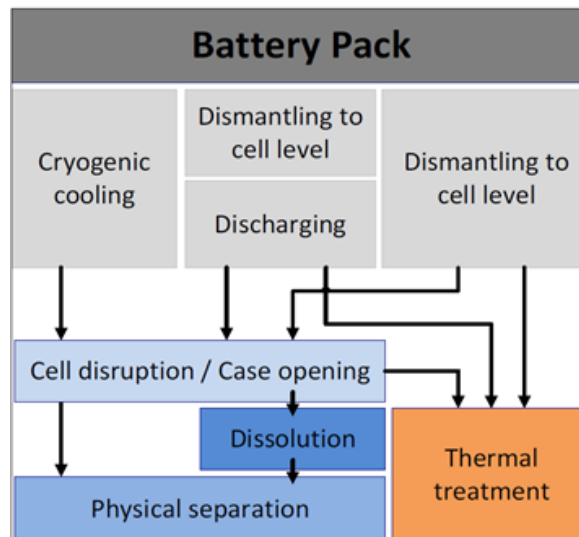
7.1. Recycling van Lithium ion batterijen

Vanaf 2015 schrijft Annex III(B) van de Europese Battery Directive (2006/66/EC) voor dat een recyclinggraad op de materialen van hergebruikte of oplaadbare batterijen ten minste 50% dient te zijn. EV's moeten vanwege de EU's End of Life Vehicle Directive voor tenminste 85% (materiaal) gerecycled worden, wat dus ook van toepassing is op de batterijen. Momenteel zijn de bekende methoden om Li+ batterijen te recyclen energie- en kostenintensief. Bovendien zijn de gerecupereerde grondstoffen beperkt in waarde, waardoor de business case zich lastig laat rond rekenen. Tot voor kort was recuperatie van met name Kobalt de belangrijkste drijfveer voor recycling, maar in de nieuwste generatie batterijen worden andere metalen gebruikt met lagere waarde. Momenteel lopen diverse onderzoeken [3] in Duitsland (o.l.v. Fraunhofer Instituut) en België (Reva-Tech, partner SUEZ), waardoor de technologie van recycling inmiddels wel verder ontwikkeld is, hoewel momenteel nog niet grootschalig en zonder deficit toepasbaar. De terug te winnen materialen en de mate van gemak om te recyclen zijn vermeld in tabel 9.

componenten	materiaal	massa aandeel [%]	mate van recycleerbaarheid
behuizing	aluminium	14-24	++
	staal		
anode film	koper	08-10	+
anode coating	grafiet	16-20	-
kathode film	aluminium	3-4	+
kathode coating	actieve LiMOx	30-35	-
electrolyt	organische oplossing, zouten	10-15	--
scheidingsfolie	polyolifine	06-10	-
	som	100	>50%

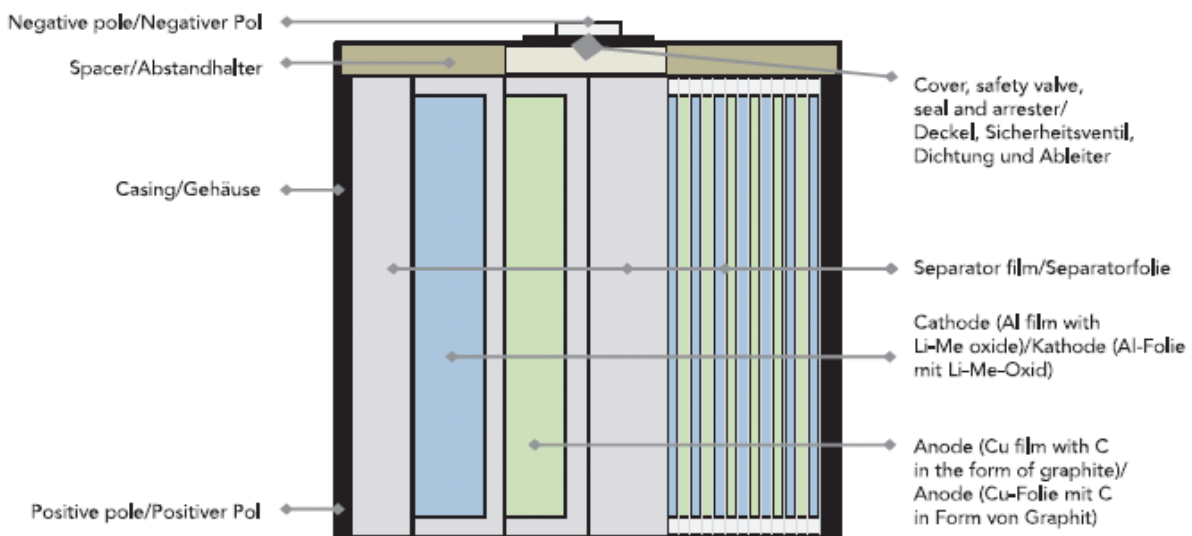
tabel 9: gemiddelde samenstelling van een li+ autobatterij (bron [3])

De uitdaging zit duidelijk in de niet metalen onderdelen. Te bedenken dat een gemiddelde aandrijfbatterij voor een volledig elektrische auto bestaat uit ongeveer 100 van deze cellen (8 blokken à 12 cellen). De voorbereiding om een cel uiteindelijk te kunnen recyclen is intensief en gevaarlijk. figuur 9 laat zien welke stappen er zijn om een batterij te strippen voor verwerking.



figuur 9: voorbereidingsstappen voor de verwerking van Li+ batterijen (bron SUEZ)

Momenteel zijn er twee toegepaste recyclingmethodes voor Li+ bekend, beiden op basis van pyrometallurgie (reductie van oxide tot metaal). XSTRATA (D) middels draaitrommelovens (DTO's) en opmenging met andere afvalstromen en UMICORE (B) door smelten van ontmantelde batterijen in een tunneloven. ACCUREC (D) is ook bezig met de ontwikkeling van een thermisch behandelingsproces, details echter nog niet bekend. Van alle methodes is, naast het hoge energieverbruik, de opname van aluminium en lithium in de bodemslakken een mogelijk bezwaar. De kwaliteit van deze producten degradeert hierdoor substantieel.



figuur 10: Opbouw van een Lithium ion autobatterij, bron [3]

De basis van bijna elk recyclingproces is het afbreken van het oorspronkelijke product in kleinere deeltjes en de sortering daarvan in zuivere en minder zuivere stromen. Hoe hoger deze scheiding, des te groter de kans op een hoge recyclinggraad. Momenteel worden de ondersteunende componenten zoals het BMS, de koeling, behuizing etc. voor de "lastige" recyclingstap van de batterij zelf verwijderd.

Binnen de huidige recycling worden enkele gevaren herkend. De batterijen hebben meestal nog een restpotentiaal, waardoor kortsluiting nog steeds kan voorkomen (bijvoorbeeld ook in omgeving met hoge luchtvochtigheid). Door de chemische samenstelling kan een verhoogde reactiviteit van Lithium (vaste stof) plaatsvinden en van het elektrolyt. De reacties kunnen gemakkelijk stoffen doen ontvlammen met kans op brand of lichte explosies. Tenslotte kunnen bij deformatie, verbranding of explosie kleine giftige deeltjes vrijkomen van fijne

Lithium oxides. Alles bij elkaar genoeg reden om het recyclingproces van deze batterijen zorgvuldig uit te voeren. Bij de recyclingbedrijven en onderzoekers (o.a. RevaTech) wordt echter een slag om de arm gehouden, omdat men niet overtuigd is dat alle gevaren nu al zijn geclassificeerd.

In Nederland zijn er geen verwerkers van Li+ batterijen. Vanuit de wetgeving wordt toegestaan dat verwerking van batterijen via export is toegestaan wanneer de schaalgrootte dit vereist. SUEZ R&R Nederland overweegt geen eigen verwerking. Ter vergelijking: Umicore verwerkt 7.000 ton Li+ batterijen per jaar (vooral uit kleine elektronica). Dit is in gewicht equivalent aan 150.000 EV batterijen of 250.000.000 mobiele telefoons en de capaciteit is hiermee nog niet verzadigd. De verwerkingscapaciteit geëxtrapoleerd naar de medeconcurrenten lijkt hiermee verzadigd. Een tweede reden om niet te denken aan een eigen verwerkingsunit is de relatief snel veranderende kwaliteit van de batterij. Elke verwerkingseenheid zal flexibel moeten zijn om elke nieuwe generatie batterijen te kunnen verwerken. Een zelfde conclusie is getrokken in [7].

Country	Company	Process
Belgium	Umicore	Pyrometallurgy
Switzerland	Batrec	Pyrometallurgy
Germany	Accurec	Pyrometallurgy
	DK Recycling	Pyrometallurgy
	Redux	Pyrometallurgy
Spain	Pilagest	
France	Recupyl	Hydrometallurgy
	SNAM	Pyrometallurgy
	Euro Dieuze	Hydrometallurgy
	AFE Group (Valdi)	Pyrometallurgy

tabel 10: Verwerkers van Li+ batterijen in Europa. In groen de bedrijven die ook grote batterijen accepteren (data SUEZ)

Een belangrijk obstakel bij de recycling is de variëteit aan huidige batterijen maar ook de ontwikkeling van alsmear sterker worden nieuwe batterijen. Behuizingen kunnen bestaan uit verschillende materialen, maar ook verschillende films en folies. Het zout kan opgebouwd zijn uit verschillende producten. Het ontwikkelen van één recycleroute of -proces wordt hierdoor sterk beïnvloed. De meeste onderzoeken recyclen de elektrolyten en polyolefinen via de thermische route (verbranden dus). Het terugwinnen van de hoogwaardige metalen zoals Nikkel, Mangaan of Kobalt, is met pyrometallurgie goed mogelijk bij de meeste methodes, maar de waarde van de herwonnen grondstoffen is dermate laag dat er nog geen sprake is van een economisch proces.

7.2. Recycling van lood-zuur batterijen

De meeste lood-zuuraccu's worden ingezameld met daarvoor geschikt transport (o.a. SUEZ vrachtwagens van de GAST route) en opgeboukt bij inzamelaars. Vervolgens worden ze naar verwerkers gebracht en gestort in speciale bunkers. In deze bunkers wordt de accu gebroken en loopt het zuur weg. Dit zuur wordt opgevangen en opgewerkt tot een bruikbaar materiaal. Meestal is dit een zuur dat wordt gebruikt bij de herwinning van zink. De rest van de accu's kan op twee verschillende manieren worden verwerkt:

1. Vermalen en ontdaan van diverse vreemde materialen zoals papier, kunststof en andere metalen (denk aan aluminium, staal). Kunststof wordt als hard plastic vermalen tot granulaat en geschikt gemaakt voor de recyclingmarkt. Het overgebleven lood wordt gezuiverd en kan weer dienst doen als nieuw materiaal voor batterijen.
2. Vermengen met bijvoorbeeld ijzer, kalk of direct in een smeltoven. De aanwezige kunststoffen en papier dienen vaak als brandstof bij het smeltproces. Het vloeibare lood wordt ontdaan van onzuiverheden. De slak vind vaak afzet in de wegenbouw (ondergrond asfalt). Het lood kan weer worden toegepast in nieuwe accu's.

Veel van de in tabel 10 genoemde verwerkers zijn ook de verwerkers van lood-zuurbatterijen. Voor de business case is dit een goed gegeven.

8. Onderzoeksresultaten

8.1. Resultaten

De resultaten van deze studie zijn opgenomen in de hoofdstukken 3 t/m 7. De business case, is op hoofdlijnen ontwikkeld en toegevoegd in bijlage F en er is in maart 2016 een samenwerking getekend door de directies van SUEZ en ENGIE. De toevoeging van de beoogde autoleverancier is niet gelukt. Helaas is dit pas laat in het traject duidelijk geworden. Dit heeft tot gevolg gehad dat de concretisering van het Li-ion concept minder ver doorontwikkeld is als de lood-zuur storage.

De verwachting van de lood-zuurstorage is dat deze geschikt gemaakt kan worden voor zowel het opslaan van duurzame energie als het deelnemen aan de onbalansmarkt van TenneT waar vandaag de dag de meeste waarde te genereren is. Om deze verwachting te kunnen valideren zijn op het moment van schrijven de materialen voor de testopstelling bijlage D Fase 1 besteld. De verwachting is dat de testopstelling voor het einde van het jaar gereed is zodat er begin 2017 gestart kan worden met de testen.

Daarnaast hebben we in 2016 vanuit het onderzoek een bijdrage kunnen leveren aan het tot stand komen van een FCR pool, waarbij kleinschalige decentrale (2nd life) opslag, op de korte termijn ingezet kan gaan worden op de FCR markt. De 100 kW concepten (zie bijlage D) van de lood-zuur en Li-ion storage zijn daarvoor ontwikkeld. Afhankelijk van de testresultaten van Fase 1 gaan we kijken of we in 2017 een 100kW lood-zuurstorage pilot kunnen ontwikkelen die mede geschikt is voor de FCR markt.

In oktober 2016 is het Nationaal Actieplan Energieopslag uitgebracht. Door de aansluiting van ENGIE bij dit platform hebben we invloed uit kunnen oefenen op de inhoud van het Actieplan.

Naast de bovenstaande concrete en tastbare resultaten zijn er ook minder tastbare resultaten geboekt. Zo is er door dit onderzoek binnen ENGIE, veel draagvlak gecreëerd voor 2nd life storage oplossingen. Het project “ReCharge” en de oplossing de “PowerTower” zijn al bij een relatief groot publiek intern bekend. Daarnaast is er kennis opgebouwd vanuit verschillende disciplines waarmee we invulling kunnen geven aan de “eerste” vragen die uit de markt komen.

8.2. Vervolg

Om de lopende tussenresultaten van het onderzoek te kunnen valideren zijn we in gesprek gegaan met enkele klanten. De meest concrete lead op dit moment is *klant X*. Voor deze klant gaan we begin 2017 kijken of we de conceptuele inzichten (bijlage D) uit deze studie toe kunnen passen in een pilot. De basis functie van deze storage is om duurzaam opgewekte energie op te slaan.

Indirect is er mede door het haalbaarheidsonderzoek voor ENGIE spin off ontstaan vanuit een nieuwe toeleverstroom. Nissan gaat naar verwachting binnenkort samen met Eaton 2nd life storage leveren aan ENGIE B2C welke direct ingezet kan worden in de energieketen. Deze ontwikkeling is buiten de scope van het onderzoek gehouden. Voor de B2C markt zijn ondertussen (onder voorbehoud van samenwerking) twee 2nd life xStorage units besteld om begin 2017 een interne pilot te kunnen starten met 2nd life home storage.

9. Conclusie

Uit de studie van de partners blijkt dat het toepassen van gebruikte batterijen, zowel Li+ als lood-zuur, in een flexibele opslag een economisch verdienmodel mogelijk maakt. De meest geschikte markt om nu te bedienen met ReCharge lijkt de markt van het primair regelvermogen (FCR). Gesprekken zijn in deze markt gestart en afspraken voor de toekomst gemaakt.

In grote mate kan gebruik gemaakt worden van de bestaande logistieke inzamelmethodes en van de bestaande energie-inpassingen. Het feit dat het hier gaat om een onderzoek met gebruikte batterijen maakt, dat er een economische doorbraak lijkt te zijn in de algemeen als kostbaar beschouwde elektrische opslag in batterijen.

De markt voor gebruikte Li+ batterijen uit EV's is nog beperkt en lijkt pas over enkele jaren echt op gang te komen. De keuze voor lood-zuur batterijen brengt een aantal beperkingen met zich mee (volume en gewicht), maar sluit daarentegen weer goed aan bij bestaande economische modellen die geen hinder hebben van een deficit. De kosten lijken hiermee substantieel lager en rechtvaardigen een start van een pilot in deze richting. De veiligheid rondom lood-zuur batterijen lijkt ook beter beheersbaar en zal gebruik maken van reeds bekende en beproefde procedures.

De wetgeving voor het hergebruik van batterijen lijkt met de komst van het LAP3 voorbereid op hergebruik van nog (deels) goede batterijen. De combinatie van de partners maakt dat aan alle noodzakelijke eisen kan worden voldaan om gebruikte batterijen te mogen aannemen, te transporteren, op te slaan en om te bouwen tot een ReCharge xTower en in te zetten als opslag. De enige stap die gedaan moet worden is aanmelding bij ILT van ENGIE als batterijombouwer.

SUEZ en ENGIE zijn enthousiast en gaan na het afronden van deze studie verder met de ontwikkeling van een professionele PowerTower. Middels dit onderzoek heeft zij inzicht gekregen in de vier facetten die samen moeten gaan bij de ontwikkeling, namelijk de organisatorische, juridische, economische en technische aspecten van ReCharge. De eerste pilot zal begin 2017 plaatsvinden en moeten groeien naar een systeem van 100 kW medio volgend jaar. Parallel daaraan wordt de markt verkend naar directe toepassingen voor de ReCharge PowerTower bij klanten van SUEZ en ENGIE. Momentele lijken er diverse partijen serieus geïnteresseerd om met de partners een installatie te gaan inzetten.

10. Aanbeveling

De partners gaan starten met de testen rondom de eerste PowerTowers. Hierbij worden capaciteits- en vermogenstesten gedaan. Deze testen moeten leiden tot een intern rapport waarop een beslissing genomen kan worden in welke mate opschaalbaarheid opportuun is.

Een samenwerkingsovereenkomst met een autobouwer is interessant, mogelijk zelfs noodzakelijk, voor de bouw van de PowerTower op basis van Lithium batterijen. De ontwikkeling van één batterij management systeem voor de gehele mix van batterijen lijkt kostbaar en kan worden vermeden door te kiezen voor een PowerTower met één type batterij.

11. Uitvoering van het project (t.b.v. RVO)

11.1. Opgetreden problemen

Tijdens de uitvoering van het onderzoek hebben zich weinig serieuze problemen voorgedaan. De partners SUEZ en ENGIE hebben vooraf een duidelijke taakverdeling gemaakt om onderzoek te doen binnen de kennis en competentie van de partners en hebben die kennis op regelmatige bijeenkomsten gedeeld. Het grootste probleem dat zich heeft voorgedaan, is het kunnen zekerstellen van de juiste hoeveelheid en kwaliteit Li+ batterijen. Hiervoor is aanvankelijk toenadering gezocht tot BMW i-mobility. Vanuit de Nederlandse organisatie is hier met veel enthousiasme op gereageerd en zijn constructieve acties op touw gezet. Zo hebben partners een nieuw battery pack gekregen om diverse onderzoeken op te kunnen uitvoeren. In de loop van het onderzoek ontstonden twee hindernissen. Allereerst is in de periode van onderzoek slechts één battery pack van een BMW i3 beschikbaar gekomen. Dit systeem is door ARN aangeboden en via een tussenpersoon en uiteindelijk opgeslagen op een gecertificeerde vestiging van SUEZ. Daarnaast heeft overleg met BMW Duitsland plaats gevonden waarna de keuze is gemaakt om in deze fase van het onderzoek niet meer als partners verder op te trekken.

In onderstaande tabellen is een overzicht weergegeven van de problemen (respectievelijk technisch / inhoudelijk en procesmatig / organisatorisch) die zich tijdens het project hebben voorgedaan en de wijze waarop deze problemen zijn opgelost.

<i>Opgetreden probleem</i>	<i>Effect</i>	<i>Oplossing</i>
Het kunnen zekerstellen van de juiste hoeveelheid en kwaliteit Li+ batterijen.	Zonder de juiste batterijen was het uitvoeren van metingen en het maken van het detailontwerp voor de li-ion variant niet mogelijk	Hiervoor is toenadering gezocht tot BMW i-mobility. Vanuit de Nederlandse BMW organisatie is hier met veel enthousiasme op gereageerd en zijn constructieve acties op touw gezet. Er zou uiteindelijk één nieuw battery pack ter beschikking gesteld om diverse onderzoeken op te kunnen uitvoeren, deze werd echter niet geleverd door BMW.
Onvoldoende beschikbare second-life battery packs	Geen mogelijkheid om een testlocatie in te richten. Samenwerking met BMW stagneert.	In de periode van het onderzoek is slechts één battery pack van een BMW i3 beschikbaar gekomen. Dit systeem is door ARN aangeboden en via een tussenpersoon en uiteindelijk opgeslagen op een gecertificeerde vestiging van SUEZ. Op basis van overleg met BMW Duitsland is de keuze is gemaakt om de focus te verschuiven op loodzuur accu's
Afscherming van het BMS door autofabrikanten	Om een storage te kunnen ontwikkelen op basis van Li-ion is het noodzakelijk om toegang te hebben tot het BMS.	Niet opgelost, de Li-ion BMS techniek wordt als bedrijfsgeheim beschouwd.

Tabel 11: Opgetreden problemen technisch / inhoudelijk

<i>Opgetreden probleem</i>	<i>Effect</i>	<i>Oplossing</i>
Beschikbaar onderzoeksbudget te krap	Door het brede karakter van de problematiek kan niet alles worden onderzocht	Duidelijke scopeafbakening, duidelijke budgetafspraken gemaakt. Uiteindelijk heeft dit niet tot problemen geleid.
Reorganisatie bij ENGIE	Wegvallen benodigde specialisten; herorientatie op soort en inhoud van het onderzoek	Het onderzoek is grotendeels afgerond voordat de effecten van de reorganisatie voelbaar werden. Dit heeft geen problemen opgeleverd.

Tabel 12: Opgetreden problemen organisatorisch / procesmatig

11.2. Eisenverificatie

De subsidieregeling waaronder dit project is uitgevoerd stelt eisen en voorwaarden waaraan voldaan moet worden. In bijlage I is een verificatiematrix opgenomen waarin aangetoond wordt dat aan deze voorwaarden is voldaan.

11.3. Wijzigingen ten opzichte van het projectplan

Bovenstaand heeft geleid tot een lichte aanpassing van het projectplan. Hoewel eerst de ambitie was om een snelle oplossing te realiseren voor de typische EV batterijen, is nu gekozen om te starten met de traditionele lood-zuur batterijen. Voor de toepassing in het smart grid zou dit slechts beperkte invloed moeten hebben, hoewel de lood-zuur batterij zeker enkele nadelen kent t.o.v. de lithium variant. Het uiteindelijk hebben van een tastbaar Minimum Viable Product (MVP) maakt echter dat partners er van overtuigd zijn dat ReCharge ook met de traditionele gebruikte batterijen een succesvolle aanvulling zullen zijn. De stap naar Li+ batterij is daarna nog slechts een kleine aanpassing, die wel volledig is beschreven. Vanuit ecologisch oogpunt zien partners geen verschil in de verlenging van de levensduur van Li+ of lood-zuur batterijen.

11.4. Verschillen tussen de begroting en de werkelijk gemaakte kosten

De kosten voor het prototype welke ontwikkeld zal worden volgend op deze studie zullen uiteindelijk lager gaan uitvallen omdat de lood-zuur batterijen geen deficit kennen en in voldoende mate aanwezig zijn in de markt. Uitgaande van prijsontwikkelingen op de LME verwacht SUEZ geen waardevermindering van de batterijen na de gebruiksperiode. Wat de gebruiksperiode effectief zal zijn, moeten gerichte duurtesten gaan uitwijzen.

Voor de urenbesteding aan dit haalbaarheidsonderzoek heeft de prijsontwikkeling van de pilot geen invloed gehad. De partners zijn continu in gesprek gebleven en hebben deze beweging tijdig onderkend.

	Subsidie aanvraag 2015 (begroting)		Realisatie	
ENGIE	Industrieel onderzoek		Industrieel onderzoek	
uur		850		845
kosten		€ 76.250		€ 50.700
subsidie		€ 25.000		€ 25.000 (gemaximeerd)
SUEZ	Industrieel onderzoek		Industrieel onderzoek	
uur		750		824
kosten		€ 71.450		€ 49.440
subsidie		€ 25.000		€ 24.720
Totaal kosten		€ 147.700		€ 100.140
Totaal subsidie		€ 50.000		€ 49.720

tabel 13: matrix of the spent hours

11.5. Kennisverspreiding

Partijen zullen de resultaten van dit rapport samen met de testen rondom het prototype gaan gebruiken voor kennisdeling. Het publieke rapport zal hierbij breed gedeeld gaan worden, mogelijk als download via haar websites. Voor het vertrouwelijke deel zal een NDA gesloten worden evenals het delen van de resultaten van de veldtesten. Partners wensen graag partijen als ARN op te nemen in het team van specialisten rondom de ReCharge ontwikkeling. Inbreng van kennis en kunde van een netbeheerder wordt ook sterk overwogen. Overige kennis lijken partners (aangevuld met ENGIE Energie) volledig in eigen huis te hebben.

De consortiumpartners hebben verder actief bijgedragen aan de marktontwikkeling en aan het wetenschappelijk debat, in de vorm van actieve deelname aan tientallen seminars en congressen, tientallen interviews met studenten en onderzoekers en publicaties over de bevindingen in het studieproject. Zo heeft men bijvoorbeeld deelgenomen aan het evenement: Lessen en ervaringen uit de Systemintegratie alwaar men een poster presentatie heeft verzorgd en een themadiscussie heeft voorgezeten.

De volgende publicaties zijn opgenomen in Bijlage H: Persbericht (openbaar)

11.6. PR project en verdere PR-mogelijkheden

Na acceptatie door RVO van dit rapport zullen partners een vervolg geven aan hun eerder gepubliceerde Persbericht. Over de verdere PR mogelijkheden wordt momenteel nagedacht. Zo overweegt men de resultaten te verwerken in een whitepaper of korte leaflet.

Het project heeft partners goede PR opgeleverd en heeft er voor gezorgd dat gevraagd en ongevraagd de juiste partijen interesse hebben getoond voor de ontwikkeling van ReCharge, zowel in binnen als in buitenland. Dit heeft geresulteerd in een relatief korte doorlooptijd van dit haalbaarheidsonderzoek. Onderzoek heeft uiteindelijk geleid tot een vertrouwen bij partners om door te pakken met een prototype om zo een verdere bijdragen te kunnen leveren aan een meer circulaire wereld.

12. Woordenlijst en afkortingen

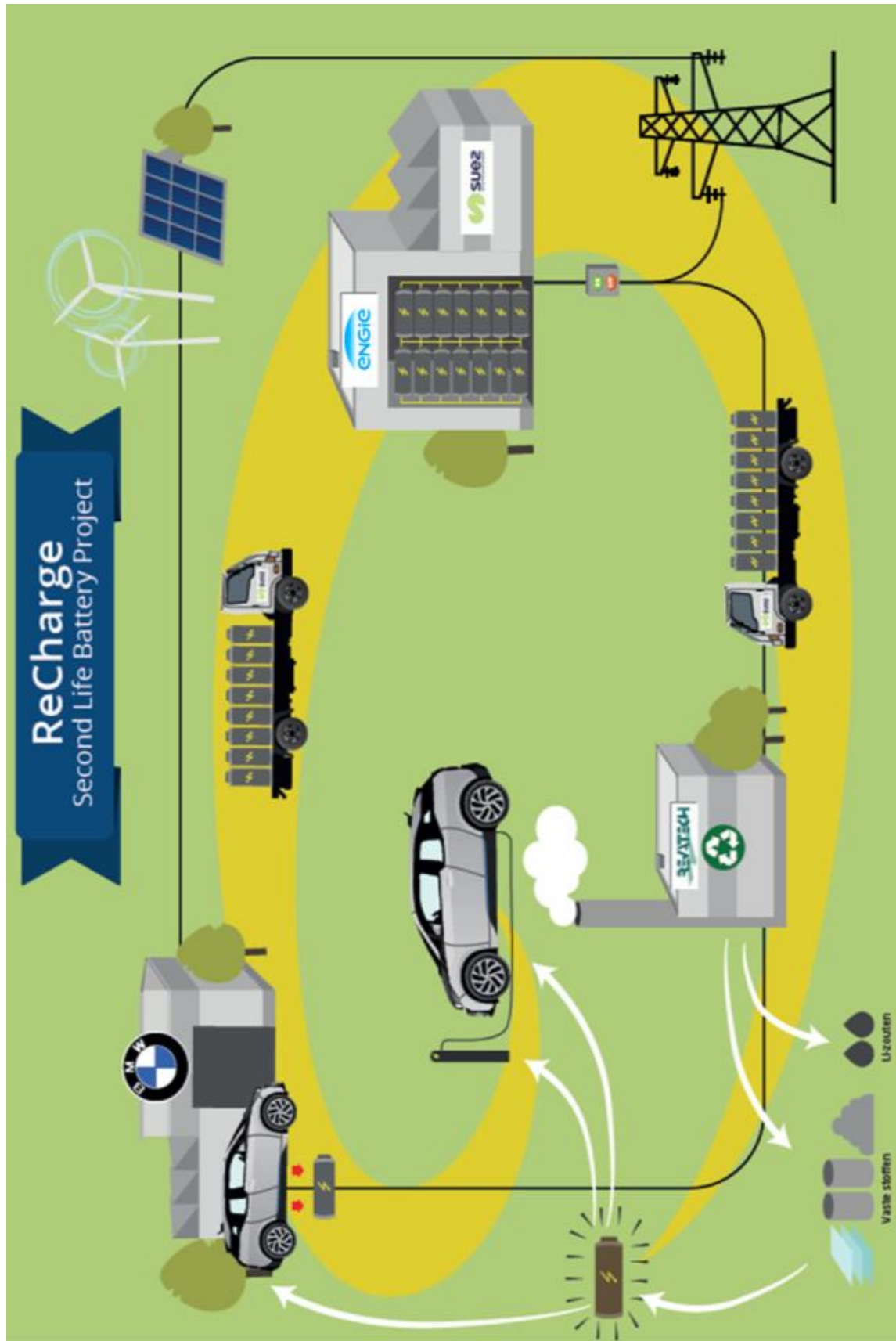
EV	: Elektrisch Voertuig
MVP	: Minimum Viable Product
ILT	: Inspectie Leefomgeving en Transport
BMS	: Batterij Management Systeem
EoW	: End of Waste
EoL	: End of Life
ARN	: voorheen AutoRecycling Nederland, nu zelfstandige naam.
STIBAT	: Stichting Batterijen
ADR	: Accord européen relatif au transport international de marchandises Dangereuses par Route
Li+	: Lithium ion
Li-ion	: Lithium ion
Pb-Ac	: lood-zuur
DG	: dieselgenerator
B2B	: Business to Business
B2C	: Business to Consumers
xTower	: Verzamelnaam voor de mini-, midi en PowerTower
kW	: Kilowatt (aanduiding voor het vermogen)
kWh	: Kilowatt uur (aanduiding voor de energie hoeveelheid)
MW	: Megawatt (aanduiding voor het vermogen)
Ah	: Ampère uur (aanduiding voor de elektrische lading van een batterij)
MWh	: Megawatt uur (aanduiding voor de energie hoeveelheid)
FCR	: Frequency Containment Reserve
IDEF	: Integration DEfinition for Function, methode om een diagram te maken van een bewerkingsproces of bedrijfsproces
Partners:	ENGIE en SUEZ

13. Literatuur

- [1] EFS & DNV GL; de Heer, Allan; position paper; 2015
 - [2] RVO <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers>, geraadpleegd februari 2016
 - [3] ReCovery 4 | 2015; Wüschke, Jäckel et al.; Recycling of Li-ion batteries – a challenge; 2015
 - [4] <http://www.arn.nl/recycling/recycling-van-accus/> geraadpleegd 01 oktober 2016
 - [5] Landelijk Afvalbeheer Plan 3, Ministerie I&M (inspraakversie)
 - [6] Sectorplan 13 batterijen en accu's als onderdeel van LAP 3, ministerie I&M (inspraakversie)
 - [7] ARN & DNV-GL; Timmers, van der Have, in 't Groen, Broess en Tiggelman; Rapport 15-0886; april 2015
 - [8] www.LomboXnet.nl geraadpleegd 01 oktober 2016
 - [9] BEE; [2nd Life-Batteries As Flexible Storage For Renewables Energies](#); april 2016
 - [10] EVhangar; [BMW I3 Battery System](#); 8 oktober 2015
 - [11] Exide.com; [Marathon L/XL specificaties](#); 4 maart 2015
 - [12] EnergyStorageNL; [Nationaal Actieplan Energieopslag](#); oktober 2016
 - [13] KiwiPOWER; [KiwiPower platform](#); September 2016
 - [14] SMA; [SMA Sunny Island 8.0](#); Juni 2016
 - [15] SMA; [Modbus interface](#); juli 2016
 - [16] IDEF 0 methodiek; <https://nl.wikipedia.org/wiki/IDEF0>
 - [17] NREL; [Identifying and Overcoming Critical Barriers to Widespread Second Use of PEV Batteries](#)
 - [18] Regelleistung.net; [Primary control prijzen](#)
 - [19] Energiea.nl; [Tennet ziet ruime belangstelling decentraal reservevermogen](#); 26 maart 2016
 - [20] Nissan / Eaton [xStorage](#); oktober 2016
-

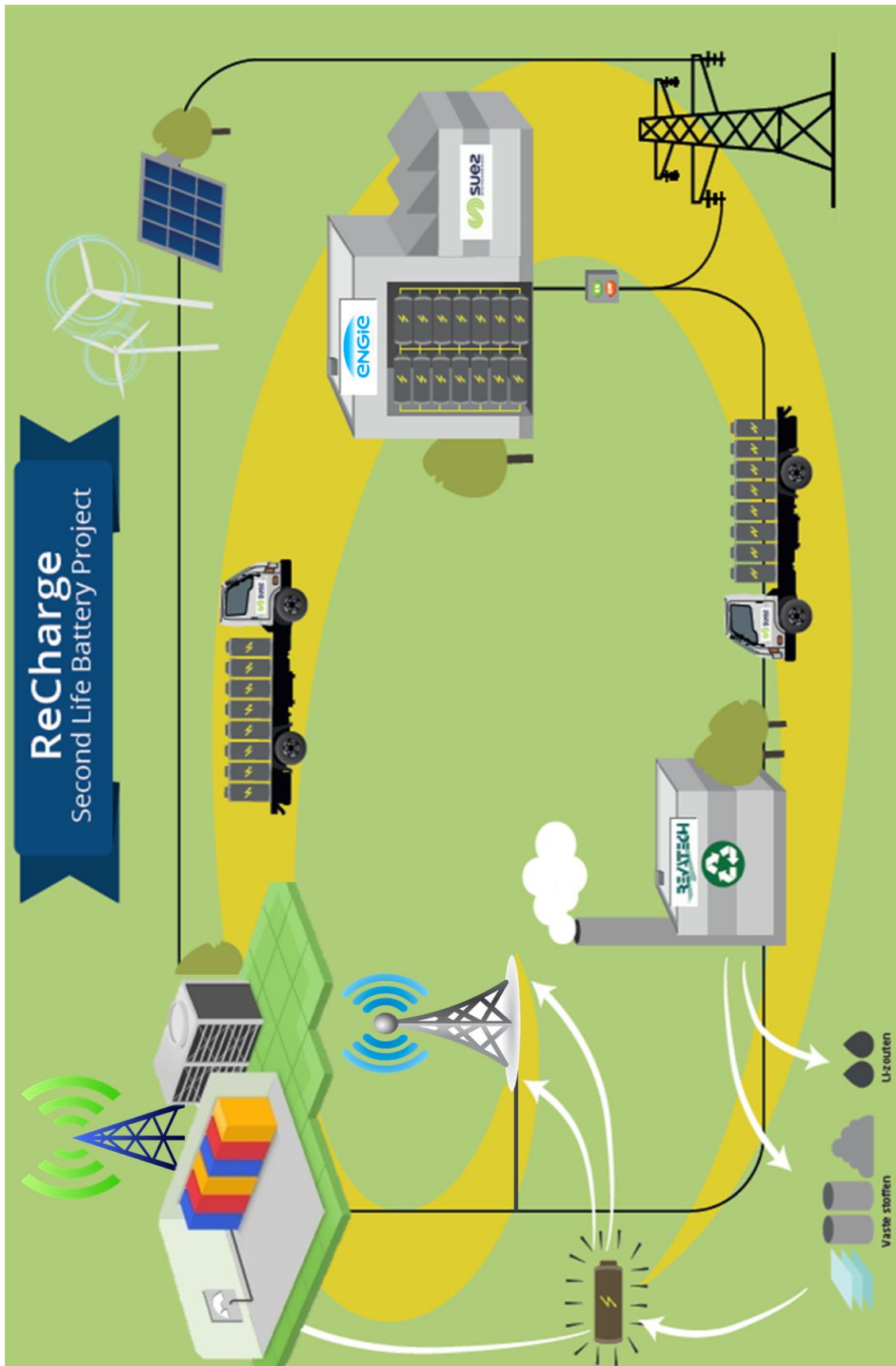
Bijlage A: Recharge infographics (openbaar)

Infographic ReCharge Li-ion



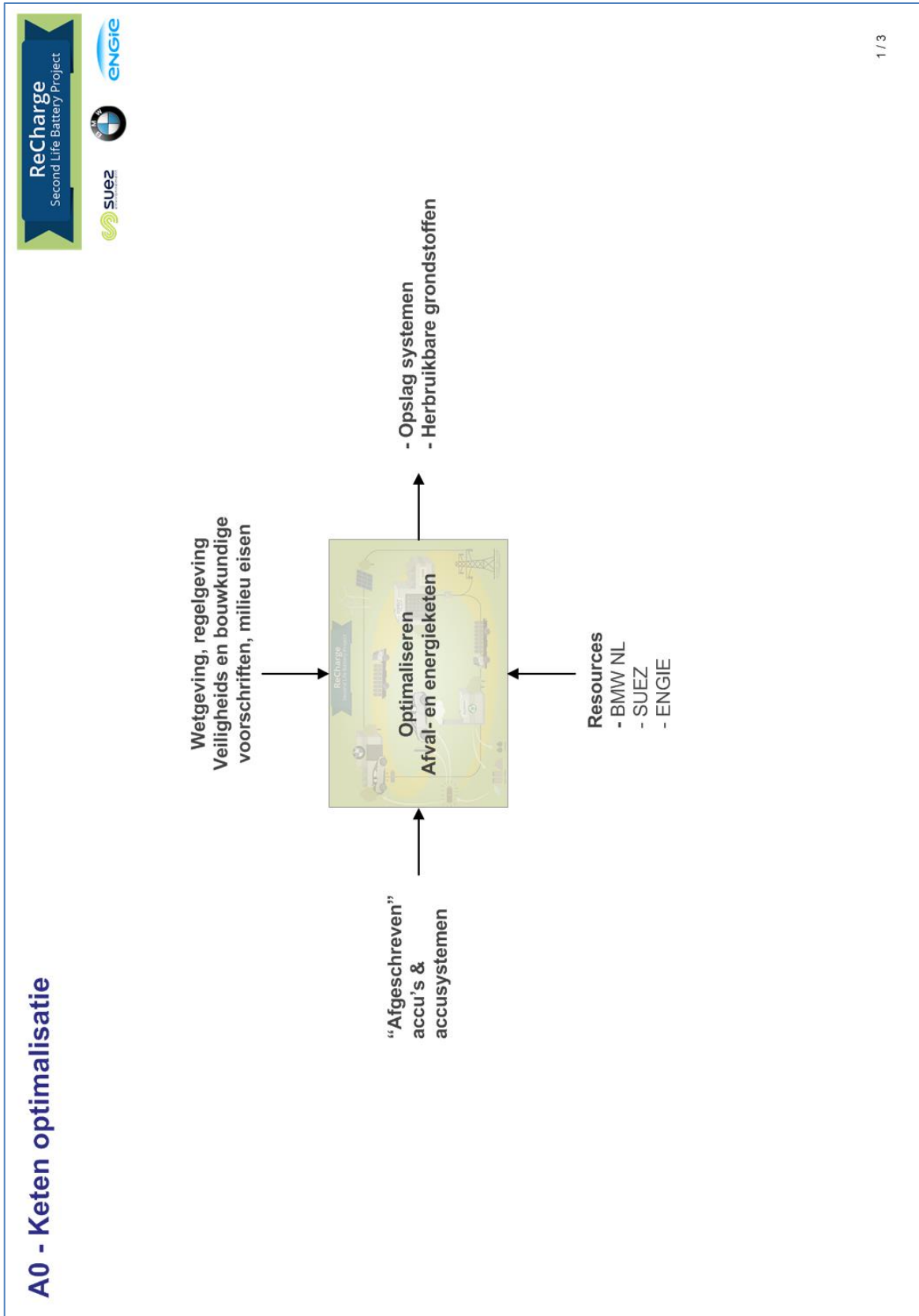
figuur 11: Infographic ReCharge Li-ion

Infographic ReCharge Lood-zuur

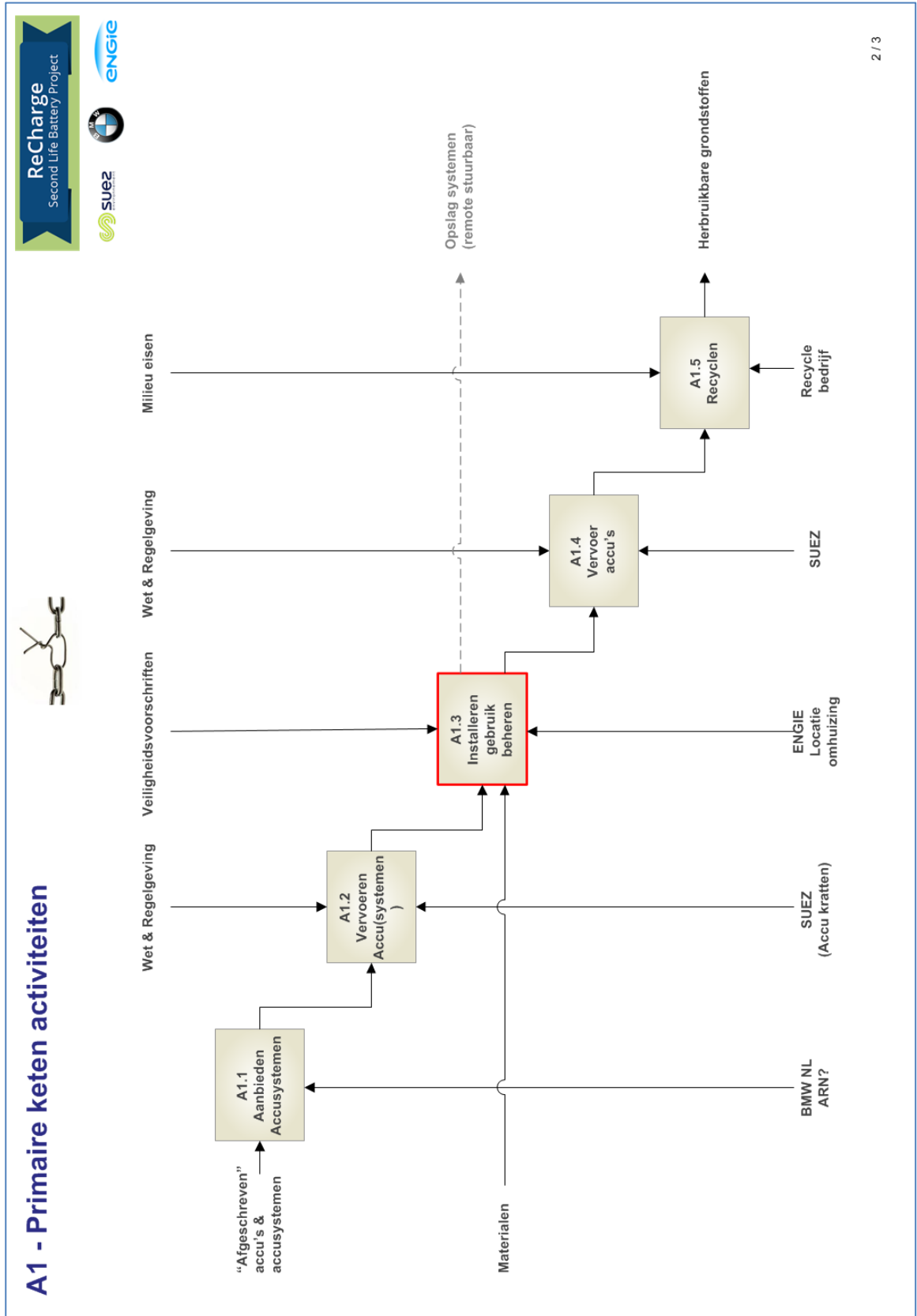


figuur 12: Infographic ReCharge Lood-zuur

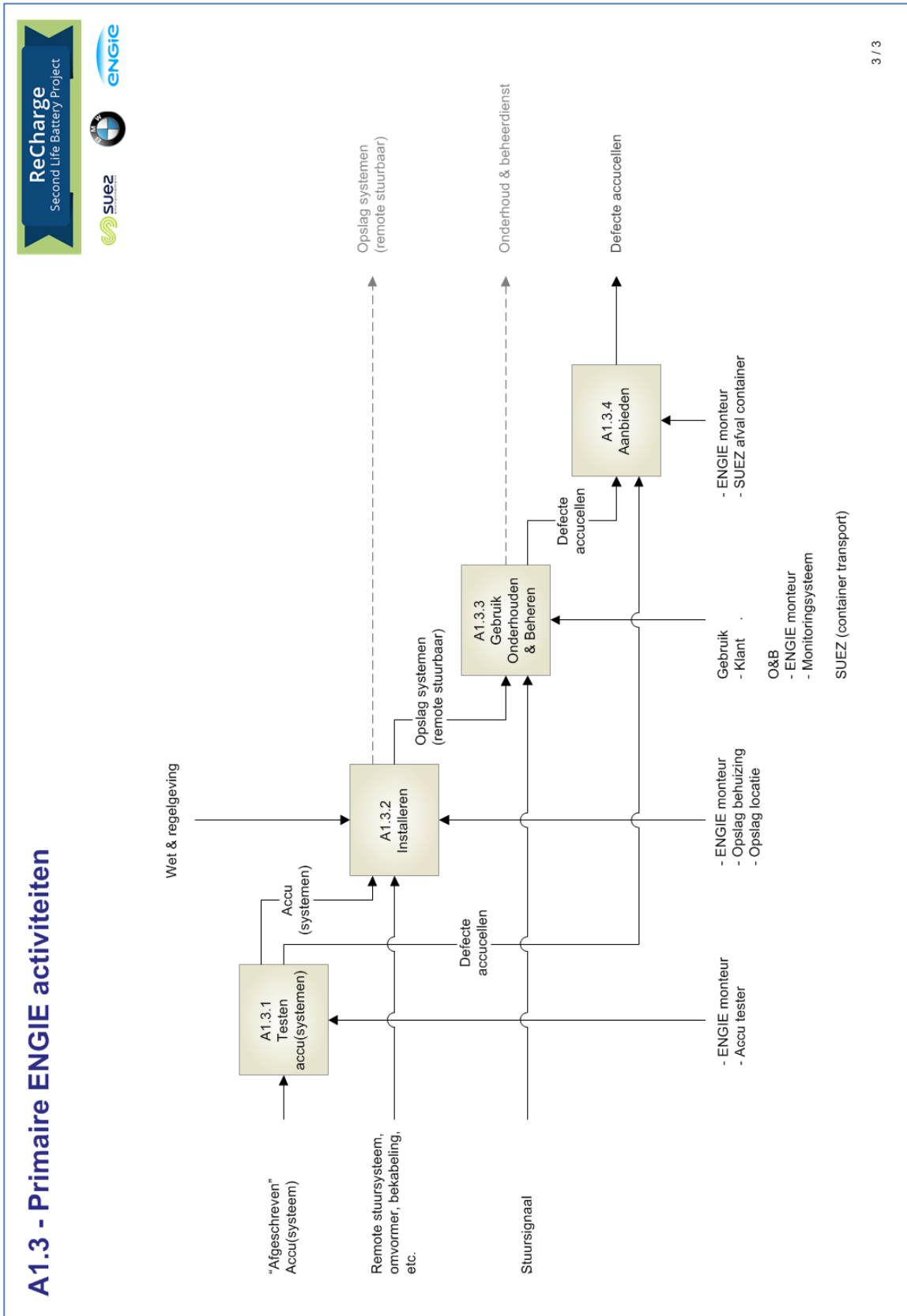
Bijlage B: Beschrijving van de keten activiteiten (openbaar)



figuur 13: Proces beschrijving A0 o.b.v. IDEF methode



figuur 14: Proces beschrijving A0 o.b.v. IDEF methode



figuur 15: Proces beschrijving A1.3 o.b.v. IDEF methode

Bijlage C Battery (pack) specificaties (vertrouwelijk)

Bijlage D: Concept ontwerp lood-zuur storage (vertrouwelijk)

Bijlage E: Concept ontwerp Li-ion storage (vertrouwelijk)

Bijlage F: Business cases (vertrouwelijk)

Bijlage G: Poster presentatie TKI Energie-Systeemintegratie event (openbaar)



ReCharge
Second Life Battery Project

Haalbaarheidsonderzoek
Recharge V0.5



Inhoudsopgave

- I. Markt (energie & 2nd life batterijen)
- II. Business baten
- III. Technische oplossingen
- IV. Organiseren
- V. Business kosten
- VI. Uitdagingen



MidTower (B2M)	PowerTower (B2B)	MiniTower (B2C)
		

Successen:

- De "enabler" functie van de studie
- PowerTower (midi) voor regelvermogen
- PowerTower (mini) voor consumenten
- Politieke discussie End of Waste status in een 2e leven
- Aantrekkelijke, duurzame mogelijkheid voor klanten om energie op te slaan

Uitdagingen:

- Veiligheid
- Kwaliteit van de batterijen
- Engineering van de omvormer / BMS
- Overzicht in de hoeveelheid aan initiatieven in binnen en buitenland
- Juridisch / wettelijk
- Economische recycling van Li+ batterijen (Financiële) risico's

Suggesties:

- Creëer vervolgsubsidie voor ontwikkeling van de technisch reeds haalbare opties voor opslag
- Pak door op de juridische / wettelijke belemmeringen
- Traditionele batterijen (loodzuur) kunnen een gelijkwaardige oplossing zijn, daar waar veiligheid een issue is
- Creëer duidelijkheid over salderen en energiebelasting

REGELLESTUNING MET



Y-axis: € 5.000, € 4.500, € 4.000, € 3.500, € 3.000, € 2.500, € 2.000, € 1.500
X-axis: 150105, 150316, 150527, 150803, 151012, 151221, 151229, 160509

SUEZ

Raymond De Schrevel
Manager Business Development
SUEZ Recycling and Recovery Netherlands

Mob : +31 (0)6 1299 0044
raymond.deschrevel@suez.com

ENGIE

Albert Kramp
Business Developer Smart Grids
ENGIE Smart Grid Solutions

M 06 39 11 55 62
albert.kramp@engie.com

Figuur 1: Gepresenteerde poster tijdens het TKI Energie-Systeemintegratie event 7 juli 2016

Bijlage H: Persbericht (openbaar)

Recycling & Recovery Nederland

persbericht

Dordrecht, 8 februari 2016

Recycling auto-accu's voor grootschalige energieopslag SUEZ en Cofely gaan samenwerking aan

SUEZ - specialist in duurzaam afvalmanagement - en Cofely - technisch dienstverlener - hebben samen het startsein gegeven voor 'ReCharge', een project waarbij onderzoek wordt gedaan naar de mogelijkheden om auto-accu's aan het einde van hun automotieve levensduur te hergebruiken door ze in te zetten in de energieketen. Het unieke aspect hierbij is de integratie tussen twee ketens. Enerzijds de afvalketen - het ophalen en verwerken van de batterij - en anderzijds de energieketen, waarbij gebruikte accu's in een 'power tower' worden geplaatst met als doel om energieoverschotten uit zonne- en windenergie tijdelijk op te slaan of om spanningspieken mee af te vlakken. Het onderzoek heeft een landelijke reikwijdte en brengt voor het eerst in kaart of ook ev-accu's hiervan onderdeel kunnen zijn. Naar verwachting zijn de uitkomsten van de haalbaarheidsstudie aan het einde van het jaar bekend.

Is het technologisch, juridisch, organisatorisch en bovendien economisch haalbaar om de recycle-cyclus van auto-accu's naar een hoger niveau te tillen door deze in de energieketen te integreren? Deze vraag staat aan de basis van het haalbaarheidsonderzoek dat SUEZ - voorheen SITA Nederland - en Cofely gaan verrichten. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland ondersteunt het onderzoek met een subsidie. Bijzonder is dat de studie zich niet alleen richt op accu's uit traditionele auto's, maar vooral op zogenoemde ev-accu's. Hoewel er steeds meer elektrische voertuigen op de weg zijn, is er nog geen sprake van recycling van zulke accu's. Hier is volgens SUEZ en Cofely nog een wereld te winnen. Zo waren er in 2015 ongeveer 90.000 hybride en full electrical voertuigen in Nederland op de weg. Aan vermogen is dit ruim 750 MegaWatt, wat overeenkomt met een grote energiecentrale. De markt voor elektrische voertuigen groeit gestaag door, zeker nu er door gunstige fiscale regelgeving in 2015 veel hybride en elektrische auto's zijn bijgekomen.

Het verbinden van ketens

Bij het recyclen van de accu's worden de afvalketen - de inzameling en verwerking van auto-accu's - en de energieketen met elkaar verbonden. Tussen beide ketens wordt een knooppunt gecreëerd in de vorm van een 'power tower'. Hier kunnen de accu's worden gebruikt om tijdelijke elektriciteitsoverschotten uit hernieuwbare energiebronnen op te slaan die later aan energienetwerken worden teruggegeven, zodra de behoefte aan stroom stijgt. Dit maakt het mogelijk vraag en aanbod naar energie optimaal op elkaar af te stemmen. "ReCharge moet in kaart brengen of auto-accu's met het oog op technische en economische aspecten kunnen worden ingezet voor hergebruik in de energieketen. Zo kunnen accu's als 'reservoir' fungeren waarbij overtollige energie wordt opgeslagen en later weer wordt ingezet zodra de behoefte hieraan toeneemt", vertelt Mascha van Vuuren-Sanders, algemeen directeur Cofely Energy & Infra. "Cofely wil blijven vooroplopen in de ontwikkeling van slimme energieoplossingen. We verwachten dat dit onderzoek waardevolle inzichten zal bieden in mogelijkheden die hieraan een bijdrage kunnen leveren."

“Het is belangrijk op zoek te gaan naar creatieve en concrete oplossingen om ook in de energiebehoefte van de toekomst te kunnen voorzien. In een circulaire economie is afval een grondstof voor nieuwe producten. Op basis van dit gegeven willen we onderzoeken of we twee vliegen in één klap kunnen slaan: het recyclen van auto-accu's tot nieuwe producten die een tweede leven krijgen en accu's inzetten als 'opslagstation' voor hernieuwbare energie. Dit doen we vanuit de overtuiging dat het mogelijk moet zijn om deze twee ketens op een intelligente manier te sluiten”, aldus Freek Bakker, Directeur Operations SUEZ Nederland.

Noot voor de redactie – niet voor publicatie

Over SUEZ (voorheen SITA)

We staan aan de vooravond van de grondstoffenrevolutie. In een wereld die geconfronteerd wordt met bevolkingsgroei, toenemende urbanisatie en schaarste van natuurlijke hulpbronnen, is het veilig stellen, optimaliseren en hernieuwen van hulpbronnen essentieel voor onze toekomst. SUEZ (Paris: SEV, Brussels: SEVB) richt zich op de bescherming van deze natuurlijke hulpbronnen en levert jaarlijks wereldwijd drinkwater aan ruim 92 miljoen mensen, biedt 65 miljoen personen diensten voor de behandeling van afvalwater, zamelt van bijna 50 miljoen mensen het afval in, recyclet 14 miljoen ton afval en produceert 5.138 GWh lokale en hernieuwbare energie. Met 80.990 medewerkers is SUEZ aanwezig op alle vijf de continenten en is daarmee een belangrijke speler in het duurzaam beheer van hulpbronnen. In 2014 genereerde SUEZ op een totale omzet van ruim 14,3 miljard euro. SUEZ is sinds 2009 genoteerd op de Dow Jones Sustainability Index.

In Nederland is SUEZ Recycling & Recovery actief op het gebied van het inzamelen, verwerken, recyclen en hergebruik van afval en biedt op die onderdelen verschillende algemene diensten en specialistische services. SUEZ bedient hiermee circa 530.000 Nederlandse huishoudens en ongeveer 80.000 bedrijven en andere organisaties. Voor meer informatie: www.sita.nl of onze perssite: www.sita.nl/pers.

Over Cofely, onderdeel van ENGIE

Cofely is Europees marktleider op het gebied van duurzame technologische oplossingen voor energie en milieu. Zij ontwerpt en implementeert oplossingen waarmee bedrijven en publieke organisaties de performance van installaties en het energiegebruik in bedrijfsprocessen kunnen optimaliseren en milieueffecten tot een minimum beperken. Cofely biedt een unieke combinatie van expertise op verschillende terreinen. Van het ontwerp, de installatie en het beheer van lokale en hernieuwbare energie-oplossingen tot de operationele levering van geïntegreerde voorzieningen en services.

Cofely is het belangrijkste merk van GDF SUEZ Energy Services - één van de business units van ENGIE - dat 94.700 medewerkers telt en een omzet van 15,7 miljard euro realiseerde in 2014. In 2014 telde Cofely in Nederland circa 6.000 medewerkers en behaalde zij een omzet van bijna 1.2 miljard euro. ENGIE is één van de grootste energieleveranciers ter wereld. Haar dienstverlening omvat de volledige energieketen van elektriciteit en aardgas. De Groep heeft op dit moment wereldwijd ruim 152.900 mensen in dienst en behaalde in 2014 een omzet van 74,7 miljard euro.

Bijlage I: Verificatiematrix (openbaar)
